

Universidad Nacional de Río Negro Sede Alto Valle - Valle Medio Choele Choel, Río Negro Carrera de Medicina Veterinaria



Trabajo Final de Grado para obtener el título de Médico Veterinario

**“UTILIZACIÓN DE FEROMONA APACIGUANTE MATERNA BOVINA EN
PROTOCOLOS DE IATF EN VACAS ANGUS”**

Autor: Moyano, Gerardo Ezequiel

Director: Esp. MV. Carlos Javier Dubiel

Codirector: MV. Jorge Guillermo Cuatrín

Año: 2026

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las emociones que se cruzan al llegar a esta instancia y el sentimiento de agradecimiento es inmenso y difícil de resumir en palabras.

Primeramente a Dios, el estudiar e irte de tu zona de confort hizo que no dependiera de otra más que la Fé en que Dios tuvo, tiene y va a tener el control de los sueños que uno se propone en su vida. Creer en Dios por fuera de la religión, por fuera de un lugar físico, creer desde el corazón, de aquello que habita dentro de uno.

Agradecer a mi familia; abuela, papá, mamá, neli, hermanos, sobrinos y primos.

Mi papá, quien confió en mí más allá de su situación personal, quien atravesó muchas pruebas personales pero que nunca bajó los brazos.

Mi abuela, hoy en día con 85 años, la mujer que asumió el rol de mamá más que el de una abuela. La persona que me crió, que me vio caminar por primera vez, que me llevó al jardín, a la escuela primaria y secundaria y me vio irme hace unos años a la famosa universidad, ese lugar que como familia desconocíamos porque no teníamos la experiencia de lo que era.

Mi mamá, quien quizás siente que no aportó lo necesario para que logre llegar a esta etapa pero que siempre ví en ella la certeza de lo que iba a lograr y eso fue más que suficiente.

Sarita, esa mujer que conocí por medio de Dios, que tuvo esa Fé que muchas veces me faltaba, quien tuvo esas palabras de aliento en cada situación que venía a mi vida a poner en jaque el deseo de recibirme.

Mis amigos, esos amigos de la adolescencia quienes hoy ocupan un lugar muy importante en corazón no solo porque siempre estuvieron por medio de mensajes o que siempre que regresaba a casa sabía que nos íbamos a juntar, fueron esos hermanos que festejaron conmigo cada materia aprobada si no que tambien estuvieron en esos momentos de la vida donde dolió un poco más de lo pensado, dónde vinieron situaciones que necesité de un abrazo, unos mates o una simple mirada que me hacía sentir que ellos estaban.

Los amigos que me dió la universidad, esos amigos de horas largas y mates de estudio, de cenas, de festejo, de compañía cuando nos tocaba estar alguna fecha familiar juntos estudiando y lejos de casa; este agradecimiento es tambien es por ese amigo que me tocó despedir físicamente, Juli. Y por otro lado, y también muy importante cada persona oriunda de Choele que me abrieron las puertas de sus casas y me hacían sentir parte de su familia.

A los profesores, Carlos y Cuatrin quienes fueron quien me orientaron en el desarrollo del trabajo final de grado.

Y por último, quiero felicitar a mi que me fui con muchas inseguridades, miedos e incertidumbre pero con la convicción de que lo iba a lograr, que en esas situaciones complicadas pude entender que era solo ese momento y que después todo de a poco se volvía a acomodar.

Es el fin de una etapa sí, pero el comienzo de otra. Dios sabe cómo sigue esta historia.

Dedicada a mi Abuela, Alicia.

INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	11
DESARROLLO	12
Aspectos fisiológicos de interés	12
Fisiología del estrés:	12
Fisiología reproductiva de los bovinos	27
Dinámica folicular	33
Feromonas en el ganado bovino:	34
Sustancia apaciguadora materna bovina	37
Factores que afectan la secreción de feromonas:	37
Estrés	37
Envejecimiento	38
Enfermedades	38
Condiciones ambientales	38
Factores estresantes en bovinos productores de carne	39
Comportamiento y manejo de animales domésticos:	43
Cuantificación del estrés:	46
Impacto del estrés en el rodeo:	49
Nuevas estrategias para reducir el estrés	52
MATERIALES Y MÉTODOS	57
Localización y duración del ensayo	57
RESULTADOS	61
Comentarios finales	62
CONCLUSIÓN	63

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Componentes del sistema hipotalámico.

Figura 2. Eje hipotálamo-hipófisis-adrenal bovino.

Figura 3. Médula adrenal: corteza y médula en corte histológico.

Figura 4. Esquema de la síntesis de cortisol.

Figura 5. Biosíntesis de glucocorticoides según enzimas implicadas.

Figura 6. Regulación del eje HHA mediante retroalimentación negativa.

Figura 7. División de neuronas preganglionares y postganglionares del sistema nervioso autónomo.

Figura 8. Características de neuronas preganglionares y postganglionares.

Figura 9. Eje simpático-adrenomedular.

Figura 10. Esquema de la respuesta general al estrés.

Figura 11. Biosíntesis de catecolaminas.

Figura 12. Liberación de catecolaminas desde vesículas de células cromafines.

Figura 13. Eje hipotálamo-hipófisis-ovárico.

Figura 14. Hormonas que regulan el ciclo estral en bovinos.

Figura 15. Histología del folículo preovulatorio.

Figura 16. Ondas foliculares.

Figura 17. Sistema vomeronasal bovino.

Figura 18. Diagrama de la zona de fuga.

Figuras 19. Resultados finales del uso de mBAS.

Figuras 20 y 21. Comparación del promedio general de la CC (condición corporal) y ciclicidad del rodeo general.

Figura 22 A y B. Preparación e inicio del protocolo de IATF.

Figuras 23 A, B y C. Preparación del Análogo Sintético para aplicación.

Figura 24. Actividades realizadas para protocolo de IATF.

Figuras 25 y 26. Porcentaje de celo al momento de la IATF.

Figuras 27 y 28. Comparación del % de preñez en ambos rodeos.

Figura 29. Resultados generales del porcentaje de preñez.

Tabla 1: Fases del estrés y sus principales características fisiológicas. Fuente propia, 2026

Tabla 2. Cambios más importantes en cada una de las etapas del ciclo estral

Tabla 3. Desempeño promedio postdestete de terneros tratados con BAS vs control (CON).

Tabla 4. Resultados de la investigación mBAS vs placebo.

Tabla 5. Resultados de la utilización de mBAS en productos cárnicos.

ABREVIATURAS:

Aco: Acetilcolina.

ACTH: Hormona adrenocorticotropa.

AgRP: Péptido relacionado con agouti.

ARC: Núcleo arqueado.

BE: Benzoato de estradiol.

CE: Cipionato de estradiol.

E2: Estradiol.

bcOBP: Proteínas transportadoras de odorantes calostrales (calostrals odorant-binding proteins).

OBP: Proteínas de unión a odorantes (odorant-binding proteins).

BOA: Bulbo olfatorio accesorio.

CRH: Hormona liberadora de corticotropina.

eCG: Gonadotropina coriónica equina.

DAMPS: Patrones moleculares asociados a daño.

PAMPS: Patrones moleculares asociados a patógenos.

DBH: Dopamina β -hidroxilasa.

DDC: DOPA descarboxilasa.

DOPA: Dihidroxifenilalanina.

TH: Tirosina hidroxilasa.

EHH: Eje hipotálamo-hipofisario.

HHA: Eje hipotálamo-hipófisis-adrenal.

HHO: Eje hipotálamo-hipófisis-ovárico.

ERO: Especies reactivas de oxígeno.

NF- κ B: Factor nuclear kappa B.

TNF: Factor de necrosis tumoral.

FSH: Hormona folículo estimulante.

LH: Hormona luteinizante.

GnRH: Hormona liberadora de gonadotropina.

GnIH: Hormona inhibidora de gonadotropina.

GABA: Ácido gamma-aminobutírico.

GLU: Glutamato.

NPY: Neuropeptido Y.

POMC: Proopiomelanocortina.

HDL: Lipoproteínas de alta densidad.

LDL: Lipoproteínas de baja densidad.

PGF2 α : Prostaglandina F2 alfa.

PNMT: Feniletanolamina N-metiltransferasa.

START: Proteínas reguladoras de la esteroidogénesis aguda.

NADPH: Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato reducido.

mBAS: Sustancia apaciguadora materna bovina.

SNC: Sistema nervioso central.

SNA: Sistema nervioso autónomo.

SNS: Sistema nervioso simpático.

SNP: Sistema nervioso parasimpático.

TAU: Taurina.

IATF: Inseminación artificial a tiempo fijo.

TE: Transferencia embrionaria.

DFD: Carne oscura, firme y seca (Dark, Firm, Dry).

RESUMEN

En producción bovina, el estrés, es uno de los factores más importantes, implicado en las pérdidas productivas a nivel mundial, siendo motivo de preocupación y debate a la hora de analizar la eficiencia de los rodeos en producciones cárnicas y lecheras.

En la actualidad se han desarrollado varios estudios científicos por medio de los cuales se logró determinar y clasificar las causas liberadoras de glucocorticoides y catecolaminas que terminan afectando en la ganancia de los productores. Gracias a las conclusiones de dichos estudios es posible poder mejorar aquellos factores más relevantes como es la nutrición, enfermedades infecciosas o parasitarias, estrés por manejo etc., que generan pérdidas económicas y que a su vez van ligadas a la calidad de vida de los rumiantes.

En este trabajo final de grado se busca analizar el impacto del estrés crónico en el ganado bovino y el efecto de la aplicación de un análogo sintético de la sustancia apaciguadora materna bovina (mBAS) que es secretada durante el vínculo establecido entre la madre y su cría, para generar mejores índices productivos.

INTRODUCCIÓN

El bienestar animal es tema de debate desde hace cientos de años atrás. Comenzó siendo parte de los debates de filósofos y más tarde abordado por distintos científicos. Este término representa como un animal experimenta su vida en el entorno en el que vive, cómo se relaciona con su entorno y que capacidades le brinda (Mellor et al., 2020).

A mediados del siglo XX, se comenzó a cuestionar cuál era la manera en la que los animales deberían ser tratados. El filósofo Rene Descartes (1596-1650) postuló que los animales carecían de conciencia, mente y alma, sin tener la capacidad de razonar, sufrir o sentir dolor. Luego, Jeremy Bentham (1748-1832) planteó que la pregunta no debería ser si pueden o no razonar o hablar, sino que si pueden sentir dolor o sufrimiento.

En 1964, Ruth Harrison desarrolló un libro bajo el título “Animal Machines” el cual desató protestas públicas que influyeron de manera positiva hacia lo que después iban a ser denominados los derechos animales. Harrison comenzó a investigar y así informar de los “métodos intensivos de producción de pollos, de engorde, mataderos avícolas, jaulas de batería para gallinas ponedoras, jaulas para producción de terneras blancas, producción de carne vacuna y la cría intensiva de conejos; esta obra fue el punto de partida para el movimiento moderno por el bienestar de los animales. Ya para el año 1965 comenzó a ser un tema de debate para los jueces, por el cual se promulgó el “Comité De Brambell” (por el Gobierno de Inglaterra), encargado de estudiar el trato de los animales en producciones desarrollando las famosas “libertades de los animales”: Libres de hambre y sed, libres de miedo y angustia, libres de dolor, lesión y enfermedad, libres de molestias físicas y térmicas y libres para manifestación de su comportamiento natural.

En la actualidad ya no se debate mucho sobre el término de “5 Libertades” sino que este pasó a denominarse “5 dominios” y se incorporó el término “agencia”. La palabra agencia comenzó a escucharse en el año 2020, y hace referencia a la capacidad por parte de los animales de poder manifestar un comportamiento sin ser obligados a ello. Mientras que el modelo de los 5 dominios es quien busca representar a la agencia, es decir, que en cada uno de los dominios se comience a tener en cuenta el estado mental de los animales, no porque las 5 libertades no lo hacían si no que era de una forma muy limitada (Mellor Et. al., 2020).

El modelo de los 5 dominios es un marco holístico orientado a poder medir las experiencias mentales que se obtienen por medio de la provisión de recursos, para que estos desarrollen experiencias positivas (Mellor et al., 2020).

Todos los avances que hubo en relación con el “bienestar animal” parecen girar en torno al “estrés”, ya que es producto de los maltratos o incomodidades que los animales pueden enfrentar en el ambiente en el que estén.

El estrés crónico afecta la productividad de los establecimientos, al disminuir los rendimientos productivos y reproductivos e indirectamente, alejando a los consumidores quienes en la actualidad están demandando prácticas que aseguren un mayor bienestar y menores factores estresantes por medio de la trazabilidad y la certificación de los productos una vez brindados al mercado (Fernández-Novio et al., 2020).

Las respuestas al estrés involucran sistemas endocrinos, paracrinos y neuronales, y es necesario destacar sus consecuencias crónicas sobre la eficiencia reproductiva, específicamente en bovinos de carne (Mellor et al., 2020).

El estrés está ocasionado por la estimulación en la síntesis y liberación de “Cortisol” y catecolaminas, hormonas sintetizadas en las glándulas adrenales por medio de la coordinación de diferentes sistemas del organismo como son: el sistema endocrino, sistema hipotalámico y el sistema nervioso autónomo.

Las buenas prácticas de manejo, entre otros recursos, se impusieron como herramientas eficaces para reducir el estrés en los sistemas de producción bovina. En establecimientos que aplican servicio estacionado, uno de los momentos más estresantes es los encierres para la realización de diversas prácticas, como las vinculadas al manejo reproductivo.

La relevancia de dicho trabajo final radica en destacar la utilización de feromonas en nuestro país en aquellos manejos desencadenantes de estrés, como lo es la inseminación artificial a tiempo fijo.

OBJETIVOS

- Repasar los aspectos más relevantes sobre la fisiología del estrés y sus causas en producción bovina.
- Analizar información disponible sobre uso de feromonas para el manejo del estrés en bovinos.
- Compartir los resultados obtenidos en un establecimiento con la aplicación de una feromona para disminuir el estrés en protocolos de IATF.

DESARROLLO

Aspectos fisiológicos de interés

Fisiología del estrés:

El estrés, según Selye 1950 es una respuesta no específica del organismo a toda demanda que se le esté ejerciendo. Es decir, es una interacción entre el daño y la defensa que se ponen de manifiesto con la activación del síndrome general de adaptación. El organismo del animal frente a factores estresantes responde por medio de la interacción de dos grandes sistemas que actúan en conjunto, por un lado, el sistema nervioso y por el otro el sistema endocrino (Selye, 1950).

Estrés y relación con el bienestar animal:

El estrés se utiliza como indicador a la hora de medir el bienestar animal. Una de las medidas que se utiliza es poder evaluar cómo un individuo responde ante una situación estresante.

El bienestar animal está vinculado a las situaciones en las que vive el ganado en general. Si bien se sabe que el estrés o la producción de cortisol en el organismo tiene como objetivo que el animal reaccione a una situación que lo está poniendo en riesgo, si la injuria se mantiene en el tiempo comienza a hacerse perjudicial para su salud siendo el estrés una de las causas que hace que el animal no cumpla con el bienestar.

Fases del estrés: este proceso de respuestas presenta 3 fases coordinadas (tabla 1):

- Fase de alarma simpática.

Esta fase comienza con una movilización de energía que proviene desde el tejido hepático y adiposo, con un incremento del gasto cardíaco, frecuencia de la ventilación, aumento de la presión arterial y de la glucosa en sangre, promoviendo una mayor irrigación del músculo esquelético y el cerebro (Cortés Romero et al., 2018).

Todos estos mecanismos buscan compensar la reacción de lucha o huida activado por el sistema nervioso autónomo (SNA) con un aumento en la secreción de adrenalina y noradrenalina por medio de la médula adrenal y en paralelo una activación del

sistema simpático. Por su parte, la corteza adrenal es estimulada por el hipotálamo y la hipófisis anterior, para que la misma comience a sintetizar glucocorticoides (Ruckebusch, 1994).



- Fase de resistencia.

Aquí se normalizan las secreciones por parte de la corteza y médula adrenal, el organismo del animal se adapta y hace frente a los agentes desencadenantes del desequilibrio (Ruckebusch, 1994).

- Fase de agotamiento:

Dada la persistencia del agente estresor y al aumento de la intensidad se generan desajustes por parte de las respuestas neurohumorales y en el equilibrio energético consolidando a la aparición de enfermedades (Cortés Romero et al., 2018).

Tabla 1: Fases del estrés y sus principales características fisiológicas. Fuente propia, 2026

Fase	Características fisiológicas	Mecanismos involucrados	Consecuencias
 Alarma (simpática)	Movilización de energía desde hígado y tejido adiposo. Aumento del gasto cardíaco, frecuencia respiratoria, presión arterial y glucemia. Mayor irrigación del músculo esquelético y cerebro.	Activación del sistema nervioso autónomo (simpático) . Liberación de adrenalina y noradrenalina por la médula adrenal . Estimulación de la corteza adrenal por el eje hipotálamo-hipófisis con secreción de glucocorticoides .	Preparación para la respuesta de lucha o huida .
 Resistencia	Estabilización de las secreciones de la corteza y médula adrenal. Adaptación del organismo al agente estresor.	Ajustes fisiológicos que permiten mantener la homeostasis frente al estímulo estresante.	Adaptación sostenida del organismo frente al estresor.
 Agotamiento	Alteraciones en las respuestas neurohumorales y en el equilibrio energético.	Persistencia o aumento del agente estresor que supera la capacidad adaptativa .	Aparición de enfermedades, descompensación fisiológica y posible muerte .

El sistema endocrino es aquel en el cual se produce la formación de mensajeros químicos denominados hormonas las cuales tienen la capacidad de actuar sobre órganos dianas, mientras que el nervioso interactúa con dicho sistema generando la regulación en actividades que requieran un control de manera rápida, como suele ser en situaciones de lucha o huida.

La conexión de ambos sistemas se produce por medio de la activación del eje hipotálamo-hipofisario (EHH) como se observa en Figura 1, compuesto por el hipotálamo, área del diencéfalo que forma el suelo del tercer ventrículo con la inclusión del quiasma óptico, el tubercinereum, los cuerpos mamilares y la eminencia media. A su vez la hipófisis está compuesta por la adenohipófisis (hipófisis anterior) la cual representa la parte glandular de la glándula pituitaria y se divide estructuralmente en tres porciones principales: pars distalis (porción distal), pars tuberalis (porción tuberal) y pars intermedia (porción intermedia). Estas partes se originan a partir de la bolsa de Rathke (Cunningham, 2014)

La neurohipófisis (lóbulo posterior de la hipófisis) es una extensión del hipotálamo encargada de almacenar y liberar neurohormonas Sus partes principales son la pars nervosa (lóbulo neural), que almacena las hormonas, y el infundíbulo o tallo hipofisario, que la conecta al hipotálamo (Cunningham, 2014).

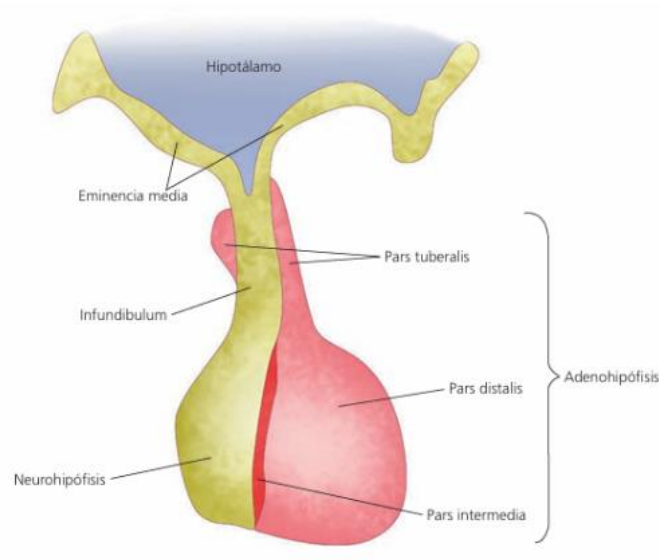


Figura 1: Componentes del sistema hipotalámico. Fuente: García Sacristan, 2018

Distintos agentes (físicos, químicos o biológicos) pueden desencadenar un desequilibrio en el organismo de los animales que, por medio de mecanismos adaptativos, buscan restablecer la homeostasis. Cuando dichos mecanismos no logran retornar al equilibrio, se desencadena la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA) por el cual se

sintetizan metabolitos que generan la producción de energía necesaria para desencadenar respuestas conductuales, autonómicas e inmunológicas (Fernández-Novo et al., 2020).

Por medio del eje representado en la Figura 2. Se obtiene como producto una de las hormonas más vinculadas con dicha respuesta fisiológica, el Cortisol. Tanto el hipotálamo, como la hipófisis se encuentran relacionados por una circulación portal que permite ser de canal para la movilización de hormonas, el hipotálamo sintetiza la hormona hipofisotropa que en este caso es la denominada hormona liberadora de corticotropina (CRH), un polipéptido de 41 aminoácidos que estimula las células corticotropas para la síntesis de componentes de la familia “pro-opiomelanocortina” las cuales van a ser precursoras de Corticotropina (ACTH) en la hipófisis. Estas hormonas reguladoras llegan a la hipófisis por medio del sistema venoso porta, mientras que la ACTH llega por el sistema circulatorio al órgano endocrino vinculado con dicho eje, la glándula adrenal, para finalmente liberar cortisol (Cunningham, 2014).

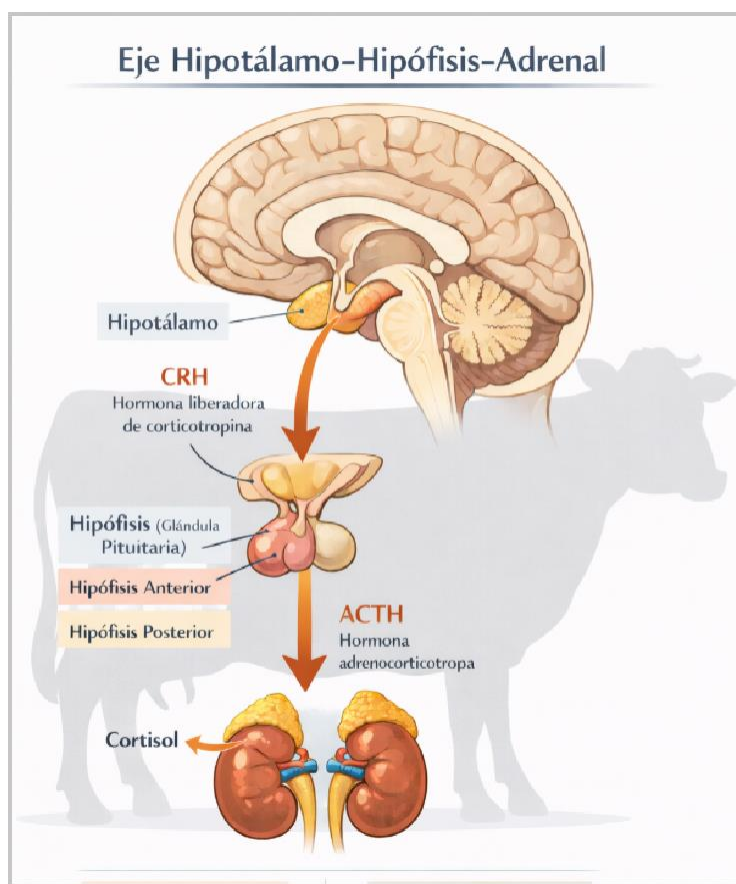


Figura 2: Eje Hipotálamo hipofisario adrenal bovino. Fuente: propia,2026.

Las glándulas adrenales, son los principales órganos simétricos neuroendocrinos ubicados en craneal de los riñones. Dichas glándulas se encuentran divididas en una médula y una corteza (Figura 3), esta última es la responsable de producir hormonas esteroideas como son el cortisol, la corticosterona, esteroides sexuales y aldosterona. La corteza fue una de las regiones que tomó interés por Hans Selye en 1930, está subdividida en tres zonas: la zona glomerular, zona fascicular y la reticular, donde el glucocorticoide es producido en las últimas dos divisiones (García Sacristan,2018).

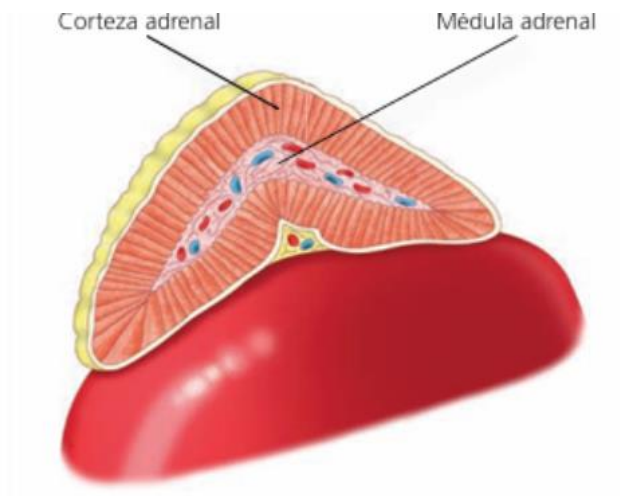


Figura 3: Médula adrenal con sus respectivas divisiones en corteza y médula. Fuente: García Sacristan,2018.

La síntesis de los glucocorticoides tiene como precursor al colesterol, el cual puede tener origen en la captación de lipoproteínas circulantes, principalmente LDL, en la síntesis de novo a partir de acetil-CoA o en la movilización de ésteres de colesterol almacenados en gotículas lipídicas. Estos compuestos son elaborados según la demanda del organismo, ya que la glándula no posee la capacidad de sintetizar y almacenar corticoides (García Sacristán, 2018).

El colesterol utilizado para la formación de corticoides que proviene de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) del plasma difunden desde la circulación al espacio intersticial adrenal, donde interactúan por medio de receptores con vesículas revestidas denominadas

“coated pits”. Dichas vesículas ingresan por endocitosis al interior de las células, formando otro tipo de vesículas que se van a unir con los lisosomas por medio de la actividad de la lipasa ácida lisosomal, quedando así liberado el colesterol. Este último puede almacenarse como pequeñas gotas lipídicas en el citoplasma o ser utilizado inmediatamente (García Sacristán, 2018).

Previo a la síntesis de cortisol en dicha glándula es necesario que se haya activado la liberación de ACTH (Figura 4) ya que la misma activa la función de una esterasa que genera la movilización del colesterol en forma de gotas lipídicas, por medio de las proteínas “Start” (proteínas reguladores de esteroidogénesis aguda) desde el espacio intermembranal hacia la matriz de la mitocondria, dentro de esta última se encuentra una enzima desmolasa que divide la cadena lateral del colesterol por oxidación a un esteroide de 21 carbonos denominado pregnenolona (García Sacristán, 2018).

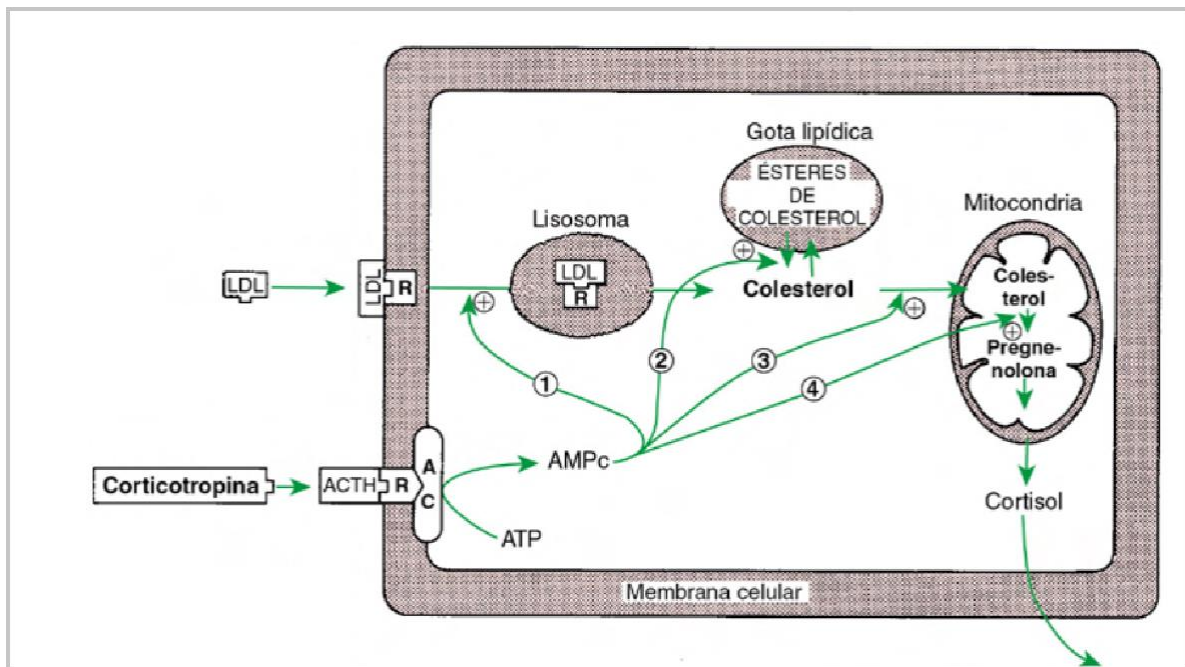


Figura 4: Esquema de la síntesis de cortisol. Fuente: Klein, 2013.

La pregnenolona ya formada se dirige hacia el retículo endoplasmático liso en donde sufre una serie de cambios para la obtención de la hormona, el cual va a estar sujeto al tipo de enzimas que intervienen. Para la formación del cortisol interfiere 3 hidrolasas que se

encuentran en la zona fascicular y reticular de la corteza actuando secuencialmente en los carbonos C17, C21 y C11 (García Sacristán, 2018).

Por medio de la acción de la 17- α -hidroxilasa se da como primer resultado a 17-hidroxipregnenolona. Seguido se obtiene a la 17-hidroxiprogesterona donde es transformado en 11-desoxicortisol gracias a la acción de la 21-hidroxilasa. El 11-desoxicortisol finalmente es convertido en cortisol (Figura 5) gracias a la 11 β -hidroxilasa (García Sacristán, 2018).

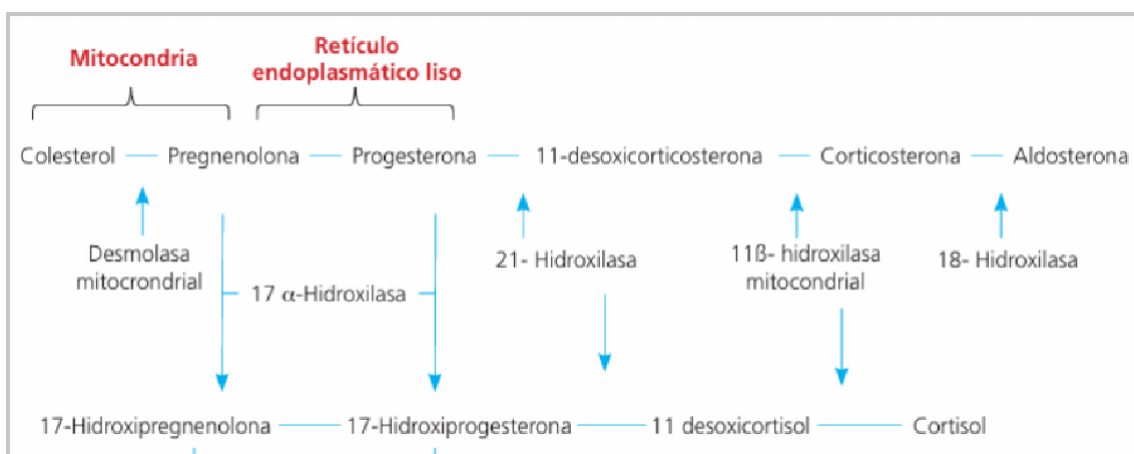


Figura 5: Biosíntesis de glucocorticoides según la enzima implicada. Fuente: García Sacristan, 2018.

La regulación fisiológica en la síntesis de glucocorticoides se lleva adelante mediante un mecanismo denominado retroalimentación negativa (Figura 6), el cual se establece por la interacción del hipotálamo o la hipófisis. El hipotálamo como ya definimos es el encargado de la secreción de distintos péptidos liberadores de hormonas, este contiene células que poseen un punto umbral fisiológico, es decir que cuando aumenta la salida de hormonas liberadoras incrementa a su vez la liberación de hormonas trópicas por la hipófisis, cuando aumenta por encima de los límites fisiológicos la concentración de cortisol se produce un descenso en la producción CRH por parte del hipotálamo (Cunningham, 2014).

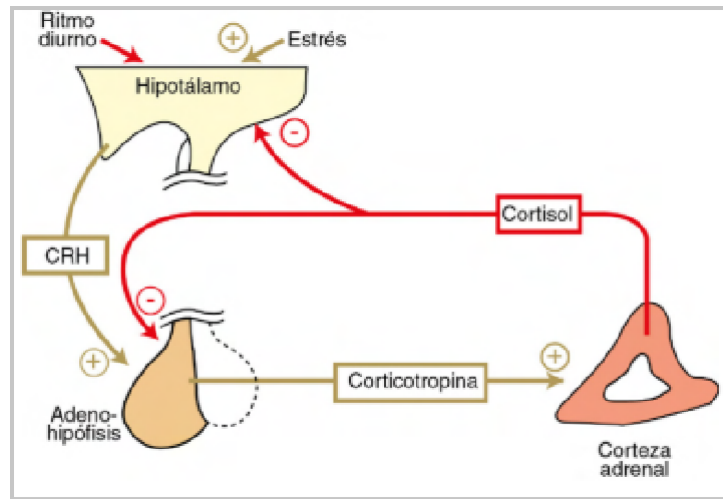


Figura 6: Regulación del eje HHA por medio retroalimentación negativa. Fuente: Cunningham, 2014

La potencia de los glucocorticoides en la inhibición de la corticotropina por retroalimentación negativa está directamente relacionada con la potencia de la actividad glucocorticoide. Así, el cortisol tiene un mayor efecto de retroalimentación negativa que la corticosterona, ya que el primero tiene un efecto glucocorticoide más potente que la última (Klein, 2013).

Uno de los factores que puede modificar la retroalimentación negativa es el estrés. Los efectos del estrés, como los factores que influyen sobre los ritmos circadianos de la secreción de glucocorticoides, son mediados por el SNC. La respuesta de los glucocorticoides al estrés es inmediata: las concentraciones de cortisol aumentan hasta alcanzar, en minutos, valores varias veces superiores a los normales. La respuesta de los glucocorticoides es proporcional a la gravedad del estrés; esto es, niveles más bajos de estrés conllevan una menor producción de cortisol que niveles superiores (Klein, 2013).

De forma paralela en el mecanismo de lucha o huida se encuentra SNA con el objetivo de poder restablecer el equilibrio. El mismo está conformado por una serie de neuronas eferentes motoras y aferentes sensoriales (Figura 7) las cuales transmiten información desde los órganos hacia el sistema nervioso central (García Sacristán, 2018).

Este sistema presenta una relación en paralelo con el sistema endocrino, su eferencia motora desde el hipotálamo y el tronco del encéfalo genera respuestas autónomas, endocrinas y conductuales (García Sacristán, 2018).



Figura 7: División de las neuronas pre y postganglionar del sistema nervioso autónomo.

Fuente: García Sacristán, 2018.

La función del SNA se lleva a cabo por proyecciones motoras periféricas autónomas, las cuales constituyen dos sistemas motores diferentes: el simpático (SNS) y el parasimpático (SNP). Ambos sistemas son muy distintos el uno del otro desde el punto de vista anatómico y funcional.

El SNS presenta fibras preganglionares cortas y postganglionares largas. Las fibras preganglionares se originan en la médula espinal dentro del sistema nervioso central (SNC), salen en ventral del primer nervio espinal cervical hasta el tercer o cuarto nervio espinal lumbar. Los mismos llegan hasta una cadena ganglionar ubicada en paralelo a la columna vertebral donde se realiza la sinapsis con la neurona postganglionar que llega hasta el órgano donde cumple su función.

A diferencia el SNP presenta el largo de las fibras pre y postganglionares de manera inversa, es decir las preganglionares largas y las postganglionares cortas, con la particularidad que los ganglios son intramurales y las mismas se encuentran formando parte de la pared del órgano (Figura 8). En cuanto a su origen las primeras salen en conjunto con

los nervios craneales III (oculomotor), VII (facial), IX (glossofaríngeo) y X (vago) y algunos nervios espinales sacros. Las fibras preganglionares hacen sinapsis en acumulaciones de cuerpos celulares fuera del SNC denominado ganglios (Klein, 2013;García Sacristán, 2018).

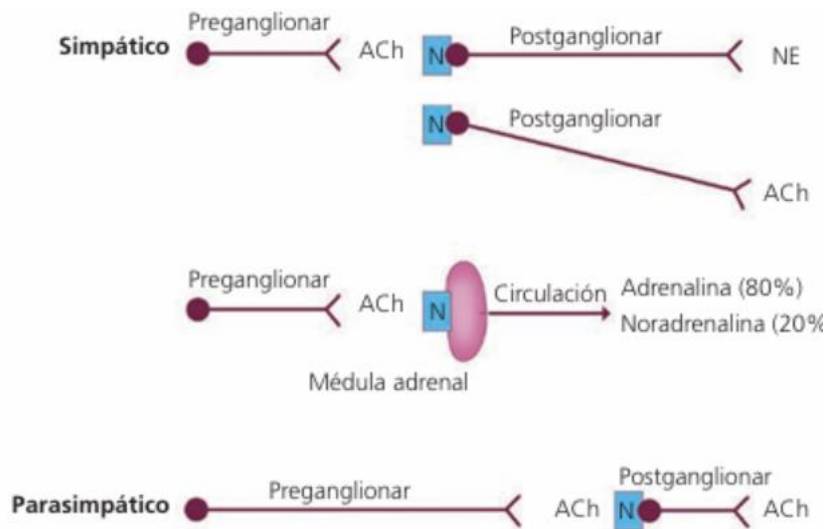


Figura 8: Características de las neuronas pre y posganglionares. Fuente: García Sacristán, 2018.

Otra gran diferencia radica en los mediadores químicos responsables de la respuesta simpática y parasimpática. La Acetilcolina (Aco) es el mediador a nivel pre y post ganglionar en el SNP. Mientras que en el SNS presentan a la adrenalina y noradrenalina como mediadores postganglionares.

Una vez activada la respuesta neuroendocrina, toman el control los sistemas simpáticos/suprarrenal y el HHA, el estímulo depende del factor estresante que lo desencadena. Bajo la activación del primero, el cual se denomina “síndrome de emergencia”, el organismo comienza a prepararse para poder enfrentar los peligros generando una respuesta de carácter veloz y corta, se produce la activación neuronal del hipotálamo y la liberación de

adrenalina por parte de la médula adrenal y noradrenalina (Figura 9) por parte de las fibras nerviosas de locus coeruleus del tronco cerebral (Romero Peñuela et al., 2011).

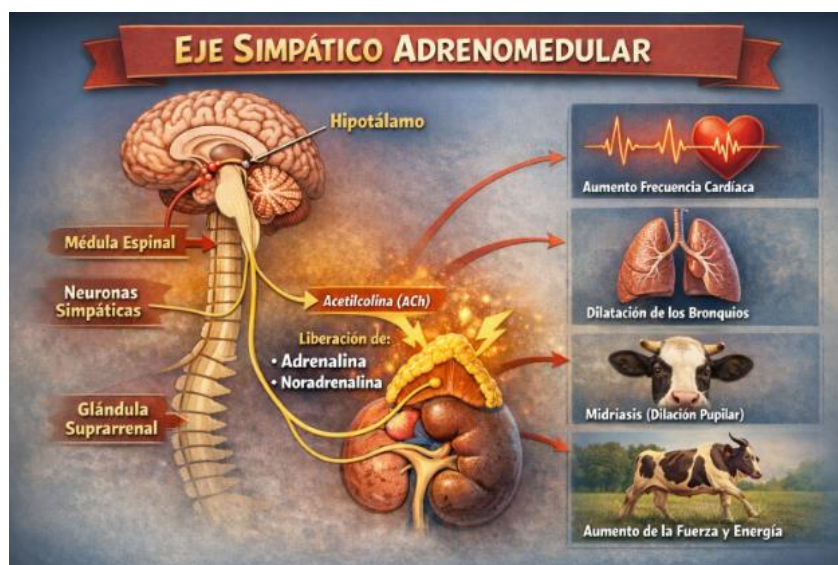


Figura 9: Eje simpático adrenomedular y sus efectos fisiológicos. Fuente: propia,2026

Por medio de la síntesis de las catecolaminas el animal logra ponerse en estado de alerta y así quedar fisiológicamente preparado para “luchar o huir” (Romero Peñuela et al., 2011). Existe una estrecha relación entre el sistema nervioso simpático y la médula adrenal que influye de forma directa en la secreción de catecolaminas (Figura 10). Así se explica la reacción de “ataque o huida”, según la hipótesis presentada por Cannon en 1932, por la que la médula adrenal responde ante situaciones de estrés (Klein, 2013).

Por otra parte, la denominada “teoría tono” establece que las células cromafines se encuentran siempre en una situación de alerta, y por ello hay una permanente secreción de catecolaminas. Esta producción se vería incrementada si surge el estado de necesidad que provocaría el correspondiente estímulo nervioso simpático (Klein, 2013).

El cortisol en sangre genera un aumento en la disponibilidad de energía al desencadenar un aumento en las concentraciones de glucosa en sangre, dada la gluconeogénesis, la proteólisis, lipólisis, gluconeogénesis por parte del hígado aumentando la formación de enzimas implicadas en la conversión de aminoácidos, glicerol y lactato en glucosa (Romero Peñuela et al., 2011).

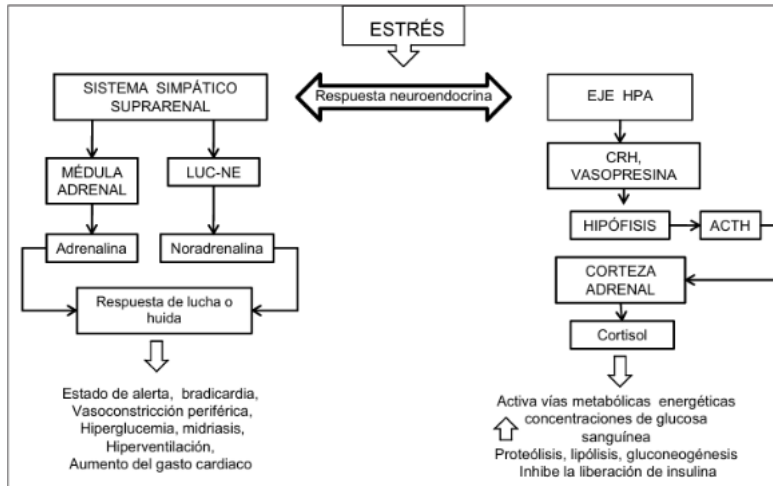


Figura 10: Esquema de la respuesta general al estrés. Fuente: Romero Peñuela et al., 2011

El SNS es aquel capaz de provocar una respuesta general y organizada con efectos en casi todos los tejidos y órganos del cuerpo. Dichos efectos suelen manifestarse con taquicardia y aumento de la presión arterial, midriasis, hiperglucemia y aumento de ácidos grasos sanguíneos. La activación de neuronas preganglionares simpáticas produce la liberación de un neurotransmisor denominado noradrenalina a la circulación sanguínea por el cual estimulan a diversos órganos efectores, dentro de ellos se encuentran células cromafines de la médula adrenal (Klein, 2013).

Biosíntesis de las catecolaminas presentes en el sistema nervioso simpático:

Las catecolaminas son sintetizadas en las células cromafines de la médula adrenal, dichas células son equivalentes a las fibras postganglionares del SNS. La médula es la región que se activa en situaciones que requieran enfrentar desequilibrios extremos, como sucede en estrés agudo. Las moléculas encargadas de mediar la respuesta en situaciones de lucha o huida son la adrenalina y noradrenalina, las cuales son estimuladas por medio de las fibras nerviosas preganglionares (Klein, 2013; García Sacristán, 2018).

Ambas catecolaminas en sí, son sintetizadas en la misma región, pero no son las mismas células encargadas de la síntesis, en el caso de los bovinos las células que secretan

adrenalina tienden a localizarse en el borde más externo, dicho estímulo está a cargo de la liberación de Acetilcolina desde las fibras nerviosas preganglionares.

El precursor de la producción de ambas catecolaminas es la tirosina la cual se obtiene directamente desde la circulación sanguínea por medio de las células cromafines, dentro de su citoplasma es transformada en dihidroxifenilalanina (DOPA) por acción del oxígeno molecular, Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato reducido (NADPH) y la enzima tirosina deshidrogenasa (TH); la actividad de esta enzima se inhibe en función de la concentración las catecolaminas (García Sacristán, 2018).

Gracias a la acción de la enzima dopadecarboxilasa (DDC) la DOPA es convertida en dopamina dentro del citoplasma donde luego es transportada al interior de los gránulos cromafines. Una vez dentro por acción de la dopamina- β -hidroxilasa (DBH) termina convirtiéndose en noradrenalina con acción de ácido ascórbico, quedando almacenada en dichos gránulos para luego ser secretada en caso de ser necesaria (García Sacristán, 2018).

La noradrenalina es el neurotransmisor precursor para la síntesis de adrenalina, es necesario que la misma salga por difusión facilitada de los gránulos, una vez en el citoplasma por medio de la actividad de la feniletanolamina-metiltransferasa (PNMT) es N-metilada transformándose así en adrenalina (Figura 11). Los glucocorticoides poseen la capacidad de estimular la actividad de la enzima, lo que también define la relación que existe entre la corteza y la médula (García Sacristán, 2018).

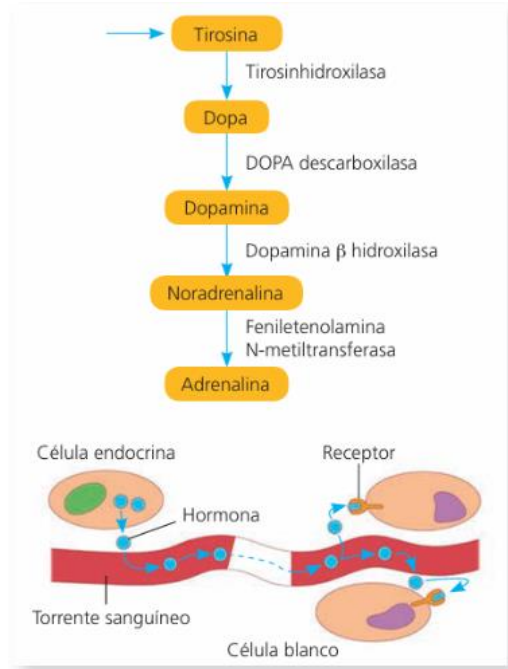


Figura 11: Biosíntesis de catecolaminas. Fuente: García Sacristan, 2018.

La regulación en la síntesis y liberación de las catecolaminas se da por medio de la comunicación por parte de los nervios esplácnicos, que poseen axones mielinizados, garantizando una comunicación directa con la médula adrenal sin necesidad de que dicho estímulo pase por ganglios simpáticos. Cuando estos nervios son estimulados se desencadena un aumento en la síntesis de las catecolaminas.

Por otro lado, se encuentra la Aco que también participa como estimulante, esta es secretada por las terminaciones nerviosas simpáticas preganglionares impactando en las células cromafines. El estímulo en los receptores colinérgicos de la Aco provoca cambios en la permeabilidad de la membrana celular al sodio, se despolariza la célula y por ende termina generando un flujo de Ca^{+2} hacia el citoplasma (Figura 12). Dicho aumento termina siendo uno de los principales reguladores dentro de las células denominándose “estímulo-secreción”. También dicho Ca^{+2} es el encargado de producir el arrastre de las vesículas hacia la membrana celular (García Sacristan, 2018)

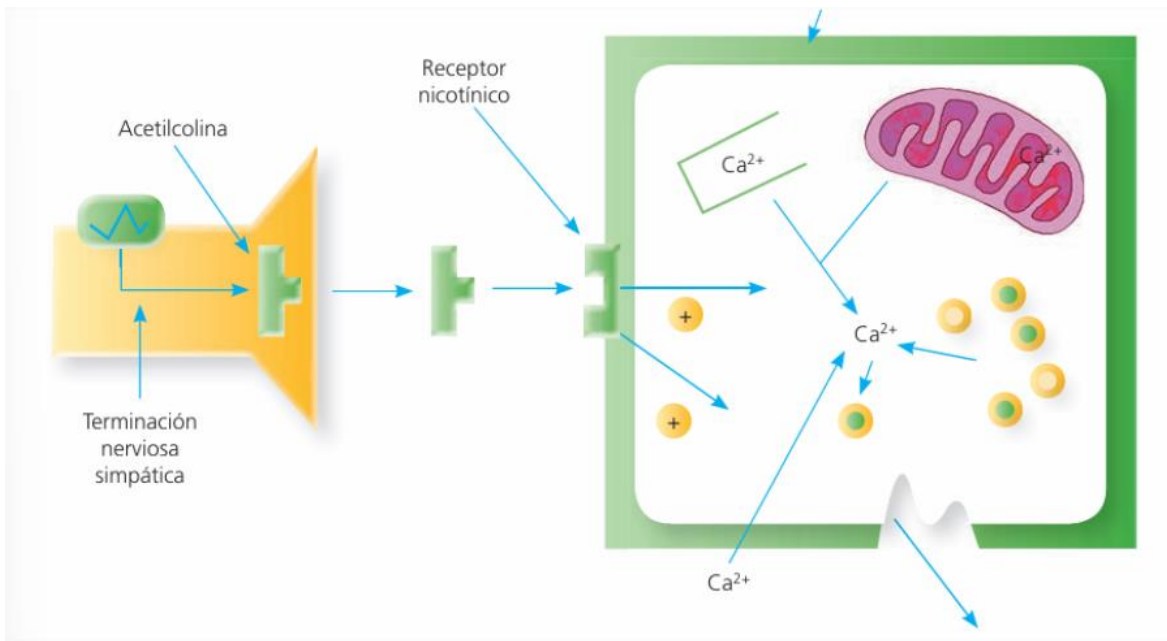


Figura 12: Liberación de catecolaminas contenidas en las vesículas de la célula cromafín.

Fuente: García Sacristan, 2018.

El balance entre la secreción y producción es gracias a la enzima TH, la cual es inhibida cuando hay una concentración fisiológica dentro de la médula. Cuando hay un incremento en la liberación de adrenalina y noradrenalina hay un impacto en la TH, estimulándose para así poder generar la síntesis de estas (García Sacristán, 2018)

Por medio de la enzima TH se produce un balance entre la necesidad de secretar catecolaminas y así mismo ser sintetizadas dentro de la médula, dado que la concentración dentro de la misma siempre es constante. Cuando hay un aumento de la liberación de adrenalina y noradrenalina se genera un impacto en la TH, siendo inhibida cuando la concentración en la médula es la adecuada (García Sacristán, 2018).

Otra enzima importante es la PNMT, pero dicha tarea está relacionada en las sustancias hormonales y no de los factores nerviosos. De esta forma, los glucocorticoides sintetizados en la corteza ejercen acción sobre la PNMT generando un aumento en su actividad catalizadora (García Sacristán, 2018).

Fisiología reproductiva de los bovinos

La fisiología reproductiva de los bovinos puede abordarse, analizando el ciclo estral (incluyendo sus etapas y cambios hormonales que acontecen en cada una de ellas) y la dinámica folicular.

Ciclo estral: Es el tiempo que ocurre entre dos periodos estrales, el cual tiene una duración que varía entre 17 a 24 días con un promedio de 21 días (Rippe, 2009).

La vaca es una especie poliéstrica continua, monotoca y de ovulación espontánea. El inicio de los ciclos estrales se da con la llegada de la pubertad la cual está asociada a dos factores primarios, la edad y el desarrollo corporal. En cuanto a la edad la misma suele darse entre los 12 y 15 meses si nos referimos a las razas europeas, siendo más precoces las británicas que las continentales, y en el caso de las razas índicas se da entre los 18 y 24 meses. Dicha condición va acompañada con la llegada de al menos el 50% del peso adulto. (Gobello, 2013; Carvajal et al., 2020)

La manifestación propiamente dicha del celo está determinada por la concentración serológica de estrógenos mediada por los centros que se encuentran en el hipotálamo, el centro cíclico y el centro tónico. Ambos centros presentan una hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), la cual diferencia a un centro del otro según los pulsos en los que la misma sea secretada. El centro tónico presenta una liberación basal circulante, es decir siempre sobre valores constantes a diferencia del centro cíclico el cual presenta una función más aguda y con una actividad que puede ir solo de 12 a 24hs cada 21 días aproximadamente (Motta Delgado et al., 2011).

La secreción pulsátil del hipotálamo presenta secreciones continuas reguladas por los esteroides ováricos y por neurotransmisores aminoacídicos, como son el glutamato (GLU), la taurina (TAU) y el ácido g-aminobutírico (GABA). Luego se lograron aislar otros tipos de neuropéptidos, que participan en conjunto a los recién mencionados, la hormona inhibidora de gonadotropinas (GnIH) y la *Kisspeptina* (Colazo & Mapletoft, 2014; García Sacristán et al., 2018).

La GnIH es un péptido de 12 aminoácidos, que se sintetiza en el hipotálamo inhibiendo a la adenilciclase de la hipófisis, generando una disminución en la síntesis de FSH y LH, concluyendo con la disminución de esteroides y el freno en la maduración de las gametas (García Sacristán, 2018). Por otro lado, la *Kisspeptina*, es un péptido que participa

como estimulador de la secreción de GnRH, incluso es quien la regula ya que se demostró que en el hipotálamo no se presentan receptores para el estrógeno (E2), si no para el péptido, el cual aumenta la síntesis y liberación de GnRH. (Colazo & Mapletoft, 2014). Los cambios (fisiológicos, comportamentales y anatómicos) que ocurren durante el ciclo estral se deben a la acción de hormonas del eje hipotálamo-hipófisis-ovárico (HHO) como se puede observar en la Figura 13.

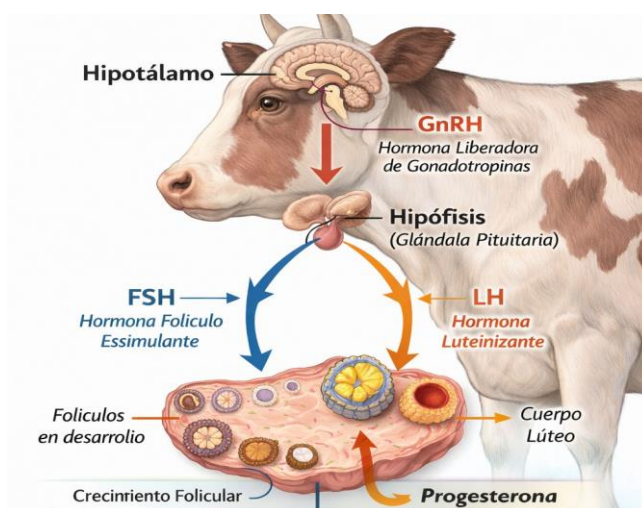


Figura 13: Eje hipotálamo-hipófisis-ovárico. Fuente: propia, 2016

El ciclo estral está regulado por distintos mediadores como son:

- Hipotálamo: sintetiza y libera la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y GnIH.
- Hipófisis: secreta las hormonas foliculo estimulante (FSH) y luteinizante (LH)
- Ovarios: progesterona (P4), estradiol (E2) e inhibinas.
- Útero: las prostaglandinas (PGF2 α y PGF). (Colazo & Mapletoft, 2014; García Sacristán et al., 2018)

El centro tónico, está bajo la acción de niveles bajos de E2, lo cual es proporcional a la concentración de GnRH que libere, por ende, niveles de E2 basales hay poca síntesis de GnRH (en relación a la *Kisspeptina*). Esta relación determina la secreción de FSH por células gonadotropas hipofisarias por encima de la liberación de LH, la cual en esta instancia se encuentra en una concentración basal (García Sacristán, 2018).

En cambio, cuando es el centro cíclico el que está estimulado dada la alta concentración de estrógenos, la frecuencia en la liberación de GnRH se incrementa y determina la secreción de LH sobre la de FSH, generando así el pico preovulatorio. La FSH es la que estimula el crecimiento folicular en el ovario, estos folículos comienzan a su vez a secretar E2 basales (García Sacristán, 2018).

De todos los folículos en crecimiento solo uno madurará por completo con la expresión de receptores para la LH y con una liberación alta de estrógenos en paralelo lo que estimulará un mecanismo de retroalimentación positiva en el centro cíclico (Colazo y Mapletoft, 2014).

Además, el folículo dominante secreta un polipéptido, la inhibina con un efecto inhibitorio sobre la generación de la FSH. Esta última posee como función principal la de inhibir la secreción de FSH, generando en la hipófisis una retroalimentación negativa, sin producir cambios en la liberación de LH (Colazo y Mapletoft, 2014).

Por medio del sistema porta-hipotálamo-hipofisario (EHH) la GnRH llega a la pituitaria anterior y regula la liberación de la LH y FSH por medio de la unión a la proteína G acoplada al receptor presente en la superficie de las células gonadotropas. La FSH se encuentra almacenada en gránulos secretores dentro del citoplasma por muy poco tiempo, a diferencia de la LH que se almacena en la misma región, pero por periodos más largos durante el ciclo estral (Colazo y Mapletoft, 2014).

La reproducción en las hembras de la especie bovina, está bajo un proceso cíclico, el cual presenta y determina cada una de las etapas bien definidas.

- 1) Fase folicular o de regresión del cuerpo lúteo (Proestro).
- 2) Fase Periovulatoria (Estro y Metaestro).
- 3) Fase luteal (Diestro).

Fase folicular o proestro:

Esta fase comienza con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior o la luteolisis y finaliza con el inicio del estro. Presenta una duración de 2-3 días. El mecanismo de luteolisis se da por la acción de la $PGF2\alpha$ proveniente desde el útero (Rippe, 2009).

Por acción de la luteolisis las concentraciones de P4 sanguíneos son bajas dado que en el ovario se está produciendo la regresión del cuerpo lúteo en contraste con las del E2. Con la

caída de los niveles de P4 el efecto de la retroalimentación negativa que producía a nivel hipotalámico desaparece comenzando un aumento de la frecuencia pulsátil de las hormonas GnRH que se manifiesta en el aumento de FSH y LH (Rippe, 2009).

En el proestro ya hay presente un folículo dominante, el cual será el próximo en ovular, el cual ya presenta un estímulo constante por las hormonas FSH y LH para producir una continua de E2. (Rippe, 2009; Colazo y Mapletoft, 2014). En el ovario hay varios folículos en crecimiento durante esta etapa del ciclo estral, pero solo uno será seleccionado por medio de la dinámica folicular (Figura 14).

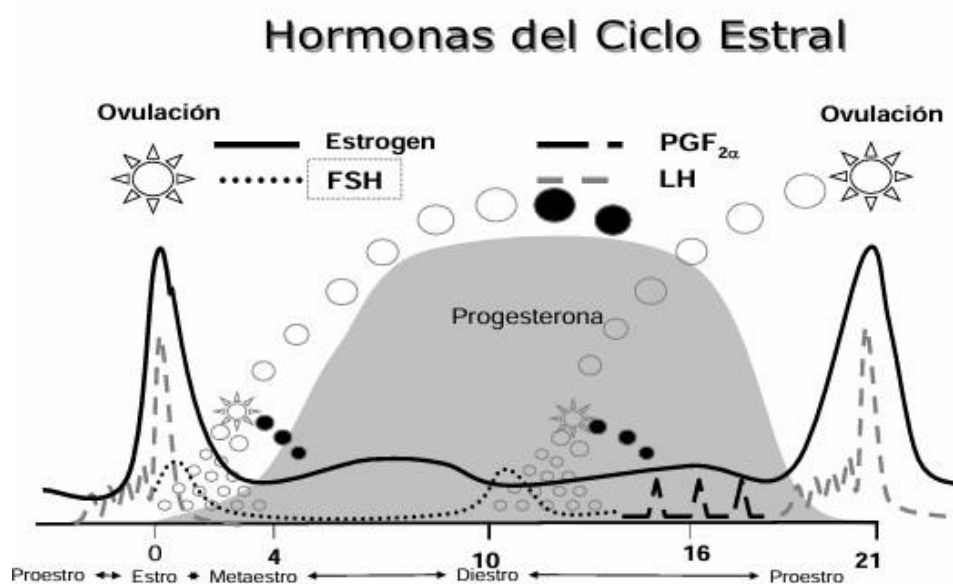


Figura 14: Hormonas que regulan el ciclo estral en bovinos. Fuente: Rippe, 2009

El ovocito próximo a ovular está recubierto por estratos de células, una interna que contacta con dicho óvulo denominada células de la granulosa y otra más externa llamada células de la teca, este tipo de células trabajan en conjunto para producir estrógenos (Figura 15), este aumento de estrógenos preovulatorios son los que llegan al hipotálamo para desencadenar un pico en la producción de GnRH (retroalimentación positiva) y a su vez provocar las manifestaciones externas del celo en la hembra bovina (Rippe, 2009).

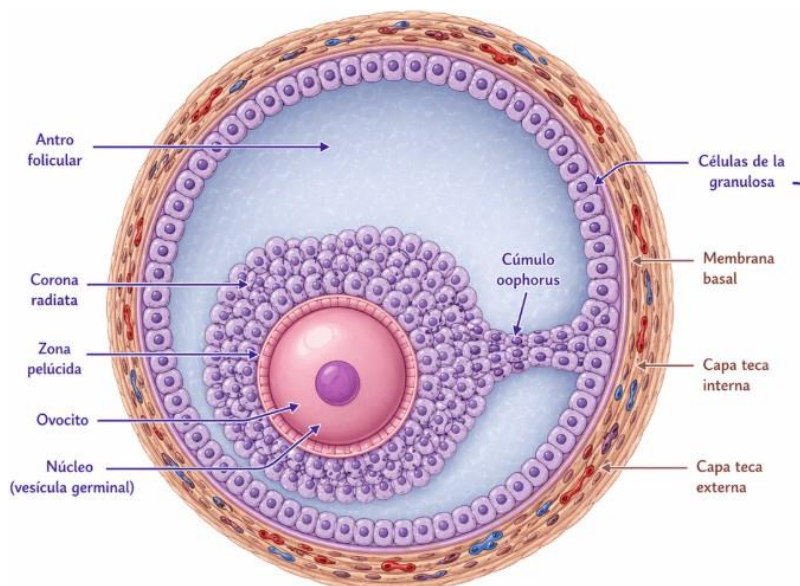


Figura 15: Folículo ovárico antral con sus principales estructuras: ovocito, zona pelúcida, corona radiata, cúmulo oophorus, células de la granulosa y de la teca, asociado a la síntesis de estrógenos (estradiol). Fuente: propia,2026

Fase periovulatoria (estro y metaestro):

El estro se define como el lapso de actividad y receptividad sexual, dándose como signo principal la aceptación de la monta por otros animales; entre otros signos también suele aparecer la inquietud, edematización de la vulva, secreción de moco claro y transparente. En este moco se encuentran presentes feromonas, las cuales generan la atracción del macho. La duración del estro suele ser de 16 ± 4 horas en promedio (Rippe, 2009).

Una vez finalizado el crecimiento folicular y los signos de celo, por retroalimentación positiva, el folículo dominante genera altos niveles de E2 con la consiguiente estimulación del hipotálamo, con aumento de GnRH y de la FSH y LH. La misma desencadena cambios bioquímicos y morfológicos, que terminan con la maduración del ovocito primario, la ruptura de su pared folicular y por consiguiente la liberación del ovocito secundario (García Sacristán, 2018).

Inmediatamente luego de finalizado el celo comienza el metaestro que puede durar de 3-5 días. Durante este ocurre la ovulación la cual suele darse entre 28 a 32 hs luego de haberse iniciado el celo o entre 10-15 hs de haber desaparecido los signos de celo (Rippe, 2009).

Los aumentos de LH aumentan la síntesis de esteroides y de enzimas proteolíticas, generando un aumento en la producción de líquido folicular, por ende, también un aumento en la presión dentro del folículo, que ocasiona que la pared se vuelva más delgada (García Sacristán, 2018). La ovulación es la que determina la transición de la fase folicular a la fase lútea, la cual es considerada la fase más extensa (Carvajal et al., 2020).

Fase Luteal o Diestro:

En esta fase ya hay presencia y dominio del cuerpo lúteo con producción de P4 activa. Suele ir desde el día 5 del ciclo estral hasta el día 18 (Rippe, 2009).

Durante los siguientes días, dada la formación funcional del cuerpo lúteo, las células luteinizadas de la granulosa y la teca producen grandes cantidades de P4 con la finalidad de preparar al organismo para una posible preñez o la reanudación del ciclo estral.

En esta etapa hay crecimiento de folículos en el ovario en forma de ondas foliculares, que nunca van a llegar a ovular debido a la retroalimentación negativa ejercida por la P4 sobre la GnRH, solo persisten pulsos de LH de mayor amplitud, pero de poca frecuencia (1 pulso cada 3-4 hs) que no son los adecuados para producir la ovulación (Colazo y Mapletoft, 2014).

En la Tabla 2 se pueden observar los cambios más importantes en cada una de las etapas del ciclo estral (Colazo y Mapletoft, 2014). Fuente propia, 2026.

Fase	Días del ciclo	Duración	Evento principal	Hormonas predominantes
Proestro (fase folicular)	19-21	2-3 días	Luteólisis, crecimiento folicular, aumento de estrógenos	↑ E2, ↑ FSH, ↑ LH, ↓ P4
Estro (celo)	0	16 ± 4 horas	Receptividad sexual, pico de LH, inicio de ovulación	↑↑ E2, pico de LH
Metaestro	1-5	3-5 días	Ovulación, formación del cuerpo lúteo	↓ E2, ↑ P4 inicial
Diestro (fase lútea)	5-18	10-15 días	Máxima actividad del cuerpo lúteo, preparación para la gestación	↑↑ P4, ↓ GnRH, ↓ LH

Dinámica folicular

Este proceso incluye una serie de mecanismos por los cuales se produce la selección de un solo folículo que llegará a cumplir todo su desarrollo y concluirá en la ovulación, aunque debemos entender que se trata de un proceso continuo e independiente del ciclo estral, es decir se presenta tanto en vacas jóvenes como adultas, preñadas, con excepción los últimos 30 días de gestación, durante el postparto y durante el ciclo estral (Rippe, 2009).

Esta dinámica ocurre en las denominadas ondas de desarrollo folicular, en el bovino se habla de 2 a 3 ondas foliculares que suelen estar relacionadas con la edad de las vacas (Figura 16).

Los eventos que se suceden pueden agruparse para su estudio en las siguientes etapas:

1. Reclutamiento: un grupo de folículos con un diámetro de 3 mm aprox son estimulados por el aumento paulatino de la FSH. Ocurriendo el pico de FSH cuando el futuro folículo alcance un tamaño de 4mm aprox (Lamb, como se citó en Rippe, 2009).
2. Selección: de ese porcentaje de folículos solo uno logrará madurar por completo mediante la mayor expresión de receptores para la LH evitando así la atresia a diferencia del otro porcentaje de folículos que estaban en crecimiento.
3. Dominancia: es el proceso donde el folículo ya dominante inhibe los otros folículos y su crecimiento, la cual es a expensas de la LH y no de la FSH que se encuentra inhibida por la inhibina. Dicho efecto se mantiene hasta el cese de la dominancia por muerte u ovulación (Lamb et al., 2009). El folículo con la expresión de los receptores de LH comienza a liberar E2 en gran cantidad, produciendo una retroalimentación positiva sobre la secreción de LH y la liberación de inhibina.

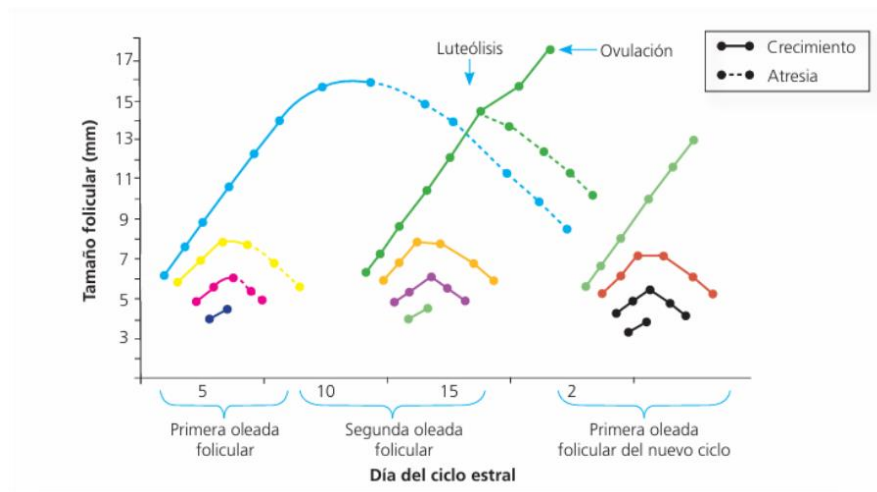


Figura 16: Ondas Foliculares. Fuente: García Sacristán, 2018.

Feromonas en el ganado bovino:

El concepto de feromona fue definido por los investigadores Karlson y Luscher en la literatura científica recién en el año 1959 como: “sustancias secretadas por un individuo específico hacia el exterior y captadas por un segundo individuo de la misma especie, generando una reacción específica, como puede ser un comportamiento y/o un proceso de desarrollo (Cappellozza & Cooke, 2022).

Las feromonas, son un mecanismo de comunicación de distintas especies animales, quizás el medio de relación más importante. Las mismas son liberadas por medio de fluidos por parte del animal como puede ser la orina, la materia fecal, fluidos vaginales o las glándulas exocrinas (Rosas Licona et al., 2024).

Poseen estructura química derivada de esteroides, aminoácidos o polipéptidos, los cuales son captados por otro animal de su misma especie como una señal odorífera (Eiroa, 1998; Ruíz, 2007; Fuentes et al., 2011, citado en Solano-Vergara, 2022). Compuestas por moléculas de entre 50 a 130 g/mol, de peso molecular las cuales se volatilizan al exponerse en el aire o a temperatura ambiente. Se descubrió que el tiempo en que las mismas tardan en evaporarse va de 30min, con un promedio de 5-45min (Ramírez, 2005; Rodríguez, 2009; Rajanarayanan & Archunan, 2011, citado en Solano-Vergara, 2022).

Los mamíferos tienen la capacidad de percibir olores específicos de otros individuos de su misma especie, esta percepción se logra por medio de la comunicación olfativa utilizando como mensaje las feromonas (Rosas Licona et al., 2024).

Yamazaki y Beauchamp (2005, citado en Solano-Vergara, 2022) señalaron que las feromonas pueden regular la maduración, reproducción sexual, el desarrollo o estado fisiológico, activar el mecanismo de lucha o huida, agregación de individuos, marcar territorio e incluso generar un buen vínculo materno-cría. En los bovinos, las feromonas se liberan por medio de las glándulas sudoríparas presentes en la dermis profunda o incluso en la hipodermis, la orina o el moco cérvico vaginal.

Un momento clave en la síntesis y liberación de éstas es durante el desarrollo del vínculo entre la madre y su cría, el cual comienza preparto y continúa postparto una vez iniciada la lactancia. En cuanto al vínculo por parte de la madre con su cría se puede hacer mediciones tomando como medida la condición corporal de la madre y su cría siendo positivo si estas han establecido un buen vínculo. (Gómez, 2009, citado en Solano-Vergara, 2022). El órgano encargado de su producción son las glándulas exocrinas ubicadas en el tejido de la glándula mamaria.

Estos compuestos químicos son captados por dos sistemas: el olfatorio y el órgano vomeronasal (VNO). El sistema olfatorio es el encargado de reconocer olores comunes y señales químicas con relación a lo ambiental sin ninguna especificidad definida.

El VNO (Figura 17) es una estructura con ubicación anatómica en el hueso vómer, entre la nariz y la cavidad bucal, rodeado de glándulas seromucosas y un plexo venoso el cual mide entre 2 y 23 centímetros (Ramírez, 2008).

Se encuentra revestido por un epitelio especializado “quimiosensorial”, compuesto por distintas neuronas receptoras con distribución en forma de medialuna con proyecciones de los axones hacia los bulbos olfativos accesorios (BOA) (Halpern & Martínez-Marcos, 2003). Además, posee un epitelio no sensorial compuesto por células ciliadas, caliciformes y basales (Rosas Licona et al., 2024).



Figura 17: Sistema vomeronasal bovino. Fuente: Ramírez, 2008

BO: bulbo olfatorio, BV: Bulbo vomeronasal, NV: Nervio vomeronasal, NBV: neurona bipolar vomeronasal, D: Dendrita, A: axón, OV: órgano vomeronasal.

En cuanto a su función, solo se restringe a la percepción de feromonas, enviando señales de tipo quimiosensoriales intraespecíficas a los receptores encargados de captarlas desencadenando una cascada de tipo neuroendocrina (Halpern & Martínez-Marcos, 2003; Tirindelli et al., 2009; Mucignat-Caretta et al., 2012; Fukuda et al., 2009).

Las neuronas vomeronasales tienen la particularidad de poseer microvellosidades apicales y nervios vomeronasales que se forman gracias a la fusión de sus axones que se dirigen hacia los BOA. Existen además subdivisiones en las proyecciones vomeronasales que se dirigen a las BOA lo que les permite adquirir más funciones o intensificarse, mejorando la distinción de los olores (Rosas Licon et al., 2024).

Histológicamente está revestido por una membrana mucosa que posee en sus paredes laterales un epitelio pseudoestratificado columnar ciliado y en sus paredes mediales está recubierto por epitelio sensorial de tipo olfatorio, estas son células de sostén, basales y nerviosas o sensoriales. Estas últimas tienen la particularidad de ser bipolares con una porción localizada entre las de sostén y la otra se continúa con la lámina propia de la mucosa, que unida a las demás células sensoriales forman la raíz del nervio vomeronasal (Dohi & Fujii, 1983).

Los bovinos se caracterizan por ser la especie que más células receptoras o sensoriales presentan, con una irrigación abundante (Dohi & Fujii, 1983). En los mamíferos existen proteínas encargadas de captar y transportar las feromonas. Estas son denominadas proteínas de unión a odorantes (OBP) las cuales actúan como transportadoras de moléculas desde el exterior hasta las neuronas olfativas, las OBP fueron aisladas por primera vez dentro de la cavidad nasal de bovinos. (Macedo Márquez, 2014).

Las OBP son miembros de la superfamilia de lipocalinas, polipéptidos compactos y solubles con una amplia variedad de funciones, la más importante recalca en la capacidad de unirse a pequeños ligandos hidrofóbicos. Son capaces de unirse reversiblemente a olores y feromonas, las mismas se encuentran en el moco que baña la cavidad nasal.

Se puede clasificar bajo dos criterios: el primero es su afinidad por odorantes y feromonas y el otro es la localización en estructuras anatómicas sensoriales. La última clasificación no se basa en la expresión exacta en dicho órgano sensorial sino solamente en la presencia. Es obvio que las OBP se producen y liberan en órganos relacionados con señales químicas como son las olfativas y gustativas, así como en órganos que liberan los mismos mensajes químicos, por medio de la orina, saliva u otras secreciones (Pelosi & Knoll, 2022).

Sustancia apaciguadora materna bovina

Entre las feromonas identificadas en los rumiantes existe una denominada “Sustancia Apaciguadora Materna Bovina” (mBAS, por sus siglas en inglés). La cual es sintetizada por parte de las glándulas sebáceas de la piel presente en la ubre de vaca. Durante el periodo en que comienza la lactancia, la mBAS estimula al OVN del ternero impactando con una desensibilización de la amígdala y el hipotálamo, generando que el eje HHA no pueda ser activado, con el fin de producir una disminución en la percepción de amenazas del medio externo (Bigelow et al., 2025).

En los mamíferos existe una proteína encargada de adherirse a las feromonas y así poder transportarla, denominada “proteína transportadora de odorantes calostrales” (bcOBP). Estudios en los porcinos, comprobó la presencia de la unión de las feromonas con la proteína transportadora OBP del calostro porcino y se determinó que las OBPs

que están presentes en los fluidos maternos (leche y calostro) están relacionadas en el reconocimiento de la madre por sus crías (Cappelozza & Cooke, 2022).

Factores que afectan la secreción de feromonas:

Estrés

Álvarez et al. (2007, como se cita en Solano-Vergara, 2022) señalan que las situaciones de estrés agudo es un factor que termina interfiriendo en la secreción de hormonas implicadas en la reproducción. Incluso la jerarquía social suele ser desencadenante de desequilibrios, la misma está regulada también por feromonas. Esta jerarquía termina impactando en la ocurrencia del estro, de tal modo que animales de jerarquías sociales bajas están expuestos a condiciones de estrés influyendo en el comportamiento depresivo en signos de estro o directamente caen en anestro (Ramírez, 2008).

En otros estudios realizados en conejas demostraron que al esparcir en las jaulas feromonas sintéticas disminuyó el estrés generando resultados favorables en el manejo durante el parto (Ramírez, 2008).

En situaciones donde los animales manifiestan un estado emocional de frustración desarrollan conductas estereotipadas y no de su comportamiento natural que terminan afectando la relación de individuos de la misma especie por medio de las feromonas. (Grandin, 1997, como se cita en Solano-Vergara,2022)

Envejecimiento

A medida que los animales comienzan a envejecer se desencadena una pérdida en el interés en los estímulos que ocurren en su alrededor, pierden conductas sociales que impacta en la comunicación con el rodeo en general, impidiendo la secreción de feromonas en cantidad suficiente para ser percibida por los otros individuos de esa comunidad. Además, al envejecer se ven afectadas las distintas funciones del SNC y órganos que responden a distintas conductas (Solano-Vergara, 2022).

Enfermedades

Enfermedades infecciosas o parasitarias como puede ser en el caso de los ectoparásitos terminan impactando en la manifestación de las conductas sociales, ya que gran parte de su

tiempo lo invierte en buscar objetos donde pueda rascarse o lamerse. Además, se generan comportamientos como pueden ser colearse, sacuden la cabeza, levantan los miembros o puede permanecer echados impidiendo la liberación de feromonas (Solano-Vergara, 2022). Animales con algún proceso infeccioso están continuamente deprimidos alejándose de actividades sociales en grupo, En el tratamiento de algunas patologías se recurre al uso de antibióticos los cuales terminan impactando en la secreción de feromonas a través de fluidos vaginales (Solano-Vergara, 2022).

Condiciones ambientales

Temperaturas altas o bajas terminan impactando en la manifestación normal de las conductas animales bloqueando los estímulos para la síntesis y liberación de feromonas (Solano-Vergara, 2022).

Factores estresantes en bovinos productores de carne

Los fenómenos estresantes en el ganado pueden ser tanto fisiológicos o asociados a prácticas de manejo. Aquellos que son fisiológicos por ejemplo en el momento del parto y por ende el nacimiento de la cría, el destete o incluso en la reproducción como aquellos producidos por factores ambientales como puede ser la temperatura o la nutrición.

Mientras que los generados por el manejo en sí por parte del personal en tareas que incluyan encierros, el transporte, ruidos, densidad animal en el lote, etc. (Rovira et al., 2019).

Si bien, el estrés es una respuesta positiva ya que es lo que lleva a los animales a reaccionar y luego establecer su equilibrio fisiológico, cuando este se mantiene en el tiempo (estrés crónico) se vuelve perjudicial para su salud.

- **Estrés térmico**

Los mamíferos son denominados homeotermos dada la capacidad de regular su temperatura en situaciones donde la temperatura ambiental está muy alta o muy baja siendo captada por termorreceptores que ocasionan la activación de diferentes mecanismos. En casos de

temperaturas altas se produce una vasodilatación de las arteriolas presentes en la piel, aumentando así el flujo capilar seguido por una apertura de las anastomosis arteriovenosas de los miembros, orejas y el hocico (Klein, 2013).

Esto genera que el flujo sanguíneo total aumente hacia la periferia y así el calor pueda ser redistribuido y eliminado por medio de la transpiración. Caso contrario, es decir, pérdida de calor por frío los lechos vasculares se contraen y producen el cierre de las anastomosis arteriovenosas (Klein, 2013).

Cuando estos mecanismos perduran con el tiempo ya que la temperatura ambiental no baja o incrementa y no tienen el acceso a sombra o lugares con reparo se produce el fenómeno “estrés térmico” activándose el eje HHA con el incremento del cortisol en sangre.

- **Estrés por manejo:**

Distintas prácticas que requieren la movilización, encierre o la manipulación de los bovinos de forma agresiva por el personal termina ocasionando estrés ya que se produce la activación de “lucha o huida” e incluso, cuando se encierran para prácticas como la inseminación artificial terminan impactando en el porcentaje final de preñez (Fernández-Novo et al., 2020).

El manejo agresivo genera situaciones muy estresantes en el rodeo. En estudios realizados por Grandin se observó incrementos de hasta 2/3 en los niveles de cortisol en animales sometidos a tratos agresivos (Grandin, 2000).

Incluso la manipulación en instalaciones mal diseñadas genera aumentos de la frecuencia cardíaca muy por encima de las que se le produciría en instalaciones correctas. La intensidad del maltrato y la duración del mismo son proporcionales al tiempo en el que su ritmo cardíaco vuelva a la normalidad, estudios revelaron que se necesitan más de 30 minutos para que la frecuencia cardíaca vuelva a los valores fisiológicos (Grandin, 2000).

- **Estrés social: en relación con la conducta temperamental y el orden jerárquico**

Varios estudios reportan que vaquillonas con temperamento agresivo terminan dando tazas de preñez bajas, retraso de la pubertad o inhibición en el su inicio comparadas con aquellas que tienen un temperamento más dócil. (Fernández-Novo et al., 2020).

Como es de esperarse, vacas agresivas presentan mayor concentración de glucocorticoides reduciendo la liberación de GnRH y LH, afectando negativamente el desempeño reproductivo y prolongando el anestro postparto (Fernández-Novo et al., 2020).

Con respecto al sistema social del rodeo se establece por orden jerárquico la cual impacta en la ingesta de alimento, comportamiento social, relación madre-cría. Investigaciones observaron que vacas con menor rango jerárquico tienen bajas concentraciones plasmáticas de cortisol comparadas a las de rango medio o alto, lo que llegó a la conclusión que las vacas subordinadas tienen a desarrollar estrategias conductuales pasivas para reducir su estrés (Fernández-Novo et al., 2020).

Estrés por destete:

En el ternero, la separación durante el destete es uno de los momentos más cruciales de estrés intenso, caracterizado por un aumento en las vocalizaciones, la deambulación y la conducta de búsqueda de la madre, junto con una disminución en el consumo de alimento y el tiempo de descanso. A su vez dichas conductas se acompañan de cambios fisiológicos, como el incremento en los niveles de cortisol, reflejando la magnitud del estrés asociado a la ruptura del vínculo materno y a los cambios nutricionales y ambientales simultáneos (Mac et al., 2023).

La separación de la vaca de su ternero durante el destete genera un evento estresante que desencadena respuestas conductuales en la madre. Diversos estudios han demostrado que las vacas presentan un aumento en las vocalizaciones y en la actividad locomotora, evidenciada por una mayor deambulación y conductas de búsqueda del ternero, junto con una disminución de actividades normales como la rumia y el descanso. Estas respuestas reflejan el grado de perturbación asociado a la ruptura del vínculo materno-cría y son indicativas de un estado de distrés en el animal (Mac et al., 2023).

Estrés nutricional y producción de radicales libres:

Un balance energético negativo o pobre termina impactando por un lado en la reproducción ya que se produce la inhibición del factor de crecimiento similar a la insulina lo que genera

un impedimento en la maduración de los ovocitos previo a la ovulación (Fernández-Novo et al., 2020).

Por otro lado, termina generando cambios orgánicos, como la formación de radicales libres en exceso, estos son productos tóxicos que se originan como resultado de la actividad metabólica celular. Los cuales son dañinos dado que lesionan los tejidos del animal, generando un balance negativo no solo en la ganancia de peso si no en la gestación o en la producción de leche (Rosa et al., 2015).

Rosa et al., 2015 definieron que cuando el animal comienza a tratar de estabilizar la formación de radicales libre se enfoca solo en las funciones más vitales y así reparar el daño, desviando la energía que se utiliza como ejemplo producir carne, hueso o leche en volver a las concentraciones fisiológicas de las especies reactivas de oxígeno (ERO).

El sistema inmune por ende también comienza a cobrar importancia en el estrés oxidativo, no solo porque tiene gran gasto de energía generando ERO como una defensa química dentro de sus células de defensa como pueden ser los polimorfonucleares, linfocitos NK o macrófagos. Por ese motivo el sistema inmune es dependiente de que el animal presente defensas antioxidantes de calidad, dado que cuando no lo presenta y falla el propio sistema inmune comienza a sufrir cambios (Rosa et al., 2015).

Existe una serie de factores que evitan el estrés oxidativo y ellos son aportados por medio de la dieta. Algunos componentes antioxidantes son las vitaminas y minerales, siendo de forma esencial la vitamina E y luego la A y C. Dentro de los principales minerales están el cobre, el zinc, el manganeso y el selenio (Rosa et al., 2015).

Las moléculas reactivas más importantes son las recién mencionadas, las ERO las cuales se sintetizan de manera continua como los productos de metabolismo celular, por ende, son producidas fisiológicamente y las mismas representan un costo metabólico que su aumento también va aparejado cuando se incrementa la producción. Otras situaciones que llevan a un aumento de estrés suceden cuando los animales son sometidos a cambios, como son las castraciones, destetes, el momento del parto, cambios en la alimentación, etc (Rosa et al., 2015).

Dado el daño producido también se requiere una reparación para el mismo, por ende, más gasto de energía y como consecuencia aún más producción de ERO, generando así un círculo vicioso (Rosa et al., 2015).

Balances positivos, es decir una buena nutrición acelera la finalización del anestro posparto y también reduce la tasa de pérdidas embrionarias (Fernández-Novo et al., 2020).

Estrés desarrollado por biotecnologías reproductivas

Biotechnologías como la inseminación artificial (IA), Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), transferencias embrionarias (TE) así como factores de manejo, llevan a estrés con aumento del cortisol en sangre inhibiendo la liberación de GnRH y LH. Impidiendo el buen desarrollo del cuerpo lúteo y así mismo, la producción necesaria de progesterona, más que nada en protocolos de transferencia embrionaria (Fernández-Novo et al., 2020).

Comportamiento y manejo de animales domésticos:

Andy Adams en 1903 (Citado por Grandin, 2000), escribió en cuanto al manejo del rodeo una frase que decía “Muchachos, el secreto de arrear ganado es que la manada nunca se dé cuenta de que se la está obligando, que todo lo que el ganado haga sea hecho voluntariamente”.

Cuando el ganado se vuelve intranquilo e incluso difícil su arreo durante las jornadas de trabajo se debe principalmente al miedo, el cual puede elevar el nivel de cortisol en sangre a valores ya desarrollados, es el mismo miedo lo que los mueve a estar en permanente vigilancia para poder así escapar de los depredadores (Grandin, 2000).

El comportamiento de los animales es el resultado de las distintas interacciones genéticas y ambientales. Algunos de sus comportamientos tienen más influencia genética que aquellos que pueden ser aprendidos durante su desarrollo hasta adultos (Cunningham et al., 2014; SENASA, 2015; Fernández-Novo et al., 2020).

Hay comportamientos denominados “instintivos” los cuales son influenciados por la genética propia de cada especie, ya sea animales presa o cazadores. En cambio, hay comportamientos que son adquiridos en su desarrollo, dependen de las distintas experiencias vividas por cada animal, en muchos casos estos pueden ser a raíz de mecanismos innatos de arraigo pero que si o si deben ser aprendidos durante su crecimiento (Cunningham et al., 2014; Fernández-Novo et al., 2020; SENASA, 2015).

Los animales domesticados manifiestan comportamientos incorporados desde el nacimiento hasta días posteriores a raíz de un proceso denominado impronta o troquelado. Este proceso está basado en el desarrollo de lazos sociales (Cunningham et al., 2014; Fernández-Novo et al., 2020; SENASA, 2015).

Por un lado, por lo genético es decir la herencia y por el otro por la dominancia entre ellos que pueden ser por razones reproductivas y/o territoriales, comportamientos a partir del que incorporan diversos aspectos sobre su entorno, primariamente como identificar, acercarse y seguir a sus padres (Cunningham et al., 2014; Fernández-Novo et al., 2020; SENASA, 2015).

Bovinos que son expuestos a experiencias de trabajo desde temprana edad en un futuro van a ser animales que no se estresen de forma súbita en cada encierre por trabajo, siempre que se cumpla con la misma rutina a lo largo del tiempo. Sin embargo, cuando se desencadenan “novedades súbitas” es decir, experiencias nunca vividas generan exaltamientos muy repentinos. Por ejemplo, la manifestación de reculamientos en animales suele estar asociada a cambios repentinos en la conformación del cerco o distintas texturas del piso (Grandin, 2000).

Dantzer y Morméde (1983, citado en Grandin, 2000) informaron incrementos del estrés ante situaciones que son novedosas para el ganado, incluso es probable que terneros se estresen al ser puestos en lugares que desconocen.

Situaciones que activan el instinto de fuga en rumiantes:

- Presencia de personas o animales desconocidos.

La manipulación de los animales por personas que se encuentran en la manga activa la respuesta de lucha o huida que puede impactar negativamente en el desempeño reproductivo. Cuando el personal no familiarizado los introduce en la manga se puede

experimentar un nivel de estrés parecido al que se desencadena cuando los mismos son marcados (Fernández-Novo et al., 2020).

- Elementos brillantes en paredes, suelos, desniveles.
- Ruidos.
- Golpes.
- Falta de iluminación en zonas hacia donde se deben desplazar.

Sentidos como la vista, audición y olfato son lo que adquieren mucha importancia para poder establecer su supervivencia.

La visión en el ganado presenta un campo visual amplio y de forma panorámica, se dice que su sentido de la visión tiene más importancia que el de la audición. La misma está organizada en 3 áreas:

- Zona o punto ciego: es la zona donde el animal está imposibilitado de ver.
- Zona o visión monocular: la misma presenta la actividad de un ojo independientemente, con la desventaja que no puede distinguir profundidades.
- Zona de visión binocular: la misma se encuentra en el frente de su cabeza, con actividad de los dos ojos en conjunto, generando a nivel nervioso una sola imagen, suele ser estrecha, pero permite distinguir mayor profundidad (SENASA, 2015 et Grandin, 2000).

A través de la visión el animal determina su zona de fuga o escape, es decir, dependiendo la distancia a la que se le presenten objetos, animales o personas el animal va a huir. Esta zona de escape puede ser modificada por la domesticación o impronta (SENASA, 2015).

La zona de fuga tiene en cuenta los movimientos del rodeo en el campo e incluso puede ser modificada durante la domesticación. El rodeo sometido a situaciones no invasivas ni de maltrato tendrá una zona de fuga mucho menor a comparación de aquellos animales con experiencias contrarias. En el ganado lechero totalmente amansado prácticamente no tienen zona de fuga establecida.

La misma puede ser medida mediante la práctica de caminar lentamente frente al grupo de animales, cuando los mismos giran para mirar de frente a quien va a moverlos aún se presenta fuera de la zona de fuga, pero cuando los animales giran y comienzan a alejarse la misma fue activada. Smith 1998, determinó que la zona de fuga no es una línea exacta y

que si el personal de trabajo se acerca de forma exaltante o exagerada la zona de fuga se va a ampliar (Grandin, 2000 cita a Smith, 1998).

La mejor forma de arrear el ganado es teniendo conocimiento de cómo se establece la zona de fuga y en qué condiciones es activada. Si se requiere que el animal se mueva hacia adelante, es necesario que el personal se ubique en la zona A y B (Figura 18) y estar situado por fuera del punto ciego (Grandin, 2000 cita a Smith, 1998).

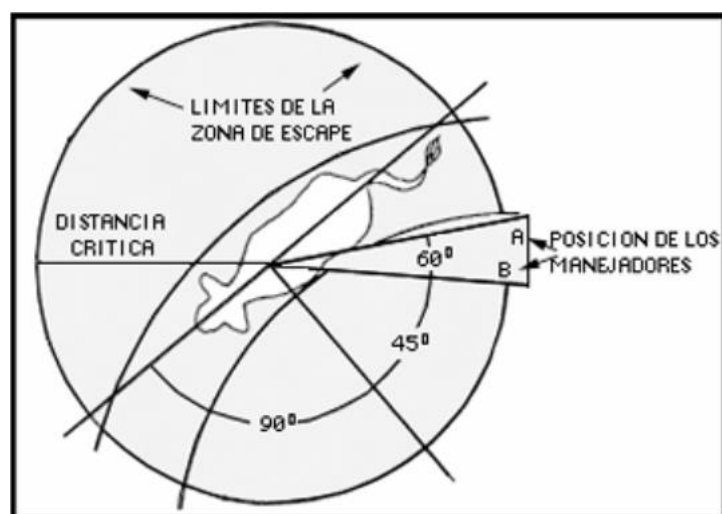


Figura 18: Diagrama de la zona de fuga. Fuente: Grandin, 2000.

Cuando nos colocamos de frente al animal, el mismo se va a dirigir hacia la derecha o hacia la izquierda según el rumbo que tome el operador (Grandin, 2000).

Se aconseja que los operarios no invadan en profundidad la zona de fuga dado que va a provocar que el ganado entre en pánico y quieran a intentar escapar. (Grandin, 2000)

Por otro lado, la audición, suele ser aumentada por un movimiento de sus orejas a la dirección de donde provenga el sonido, sumándose la visión en situaciones de poca iluminación, mientras que el olfato interviene en muchas otras funciones que pueden ser: reconocer predadores, animales en celo, sus crías, etc (SENASA, 2015).

Los bovinos, al ser animales de pastoreo, presentan una elevada sensibilidad a sonidos de alta frecuencia, pudiendo percibir frecuencias de hasta aproximadamente 21.000 Hz, en comparación con los seres humanos, cuyo rango de mayor sensibilidad auditiva se encuentra entre 1.000 y 3.000 Hz (Ames, 1974; Heffner & Heffner, 1983, como se citó en

Grandin, 2000). Sin embargo, la visión constituye el sentido predominante en esta especie, ya que presentan una menor capacidad para localizar la fuente de los sonidos (Heffner & Heffner, 1992, como se citó en Grandin, 2000).

Diversos estudios han demostrado que tanto los bovinos como los caprinos presentan una menor precisión en la localización auditiva en comparación con otros mamíferos. Esto se debe a su condición de especies presa, caracterizadas por un amplio campo visual que les permite abarcar casi la totalidad del horizonte, en contraste con otras especies cuyo campo visual es más reducido (Heffner & Heffner, 1992, como se citó en Grandin, 2000).

Los rumiantes son animales gregarios, esto quiere decir que eligen convivir en grupos y de esa forma se van organizando socialmente por dominancias (SENASA, 2015).

En todo lo descrito la clave siempre es disminuir la producción de estrés en el rodeo y preservar el bienestar, por ende, siempre es necesario planificar todo tipo de actividades como pueden ser la alimentación, consumo de agua, revisión clínica, limpieza de corrales o jaulas, etc (SENASA, 2015).

Cuantificación del estrés:

Existen varios indicadores que permiten cuantificar el nivel de estrés dentro del rodeo.

Indicadores conductuales:

En 1961 Tulloh (científico australiano en producción animal y etología) desarrolló por primera vez el término “temperamento” y publicó la primer “escala de temperamento” para así desarrollar el comportamiento de los animales cuando ingresan a la manga, durante su trayecto por el cepo o cuando son sujetados en el brete. Estableció una escala de 1-6, en donde 1 corresponde a un animal dócil que no duda a la hora de ingresar al cepo, mientras que puntuaciones máximas que van de un 4-6 son indicativos de animales agresivos y con complicaciones en su manejo (Fernández-Novo et al., 2020).

Luego Harry Hearnshaw (1977) presentó una escala con relación a la “dificultad de manejo” que va del 0-5 para poder evaluar cómo se comportan los animales durante la sujeción dentro del brete. El valor 0 es asignado a aquellos que permanecen tranquilos y no se resisten, solo con movimientos ocasionales de la cola, mientras que aquel con número 5

es considerado a animales que son inmanejables y peligrosos (Fernández-Novo et al., 2020).

Más adelante, se presentaron esquemas de puntuación a partir de los movimientos de los animales, Grandin estableció una escala de 5 puntos derivados del temperamento observado en el cepo de sujeción. Mientras que Curley y otros colaboradores (2006) integraron 3 parámetros: la velocidad de salida, una puntuación en el corral 1-5, basada en cómo se comportan los animales en permanencia con un grupo reducido y por último una puntuación en la manga del 1-5 basada en lo que realiza el animal dentro de la misma.

Cooke y otros colaboradores (2009) integraron puntuaciones del temperamento dentro de la manga con una puntuación a la hora de la salida. Kasimanickam (2018), integró las escalas que propuso Grandin y Cooke para poder desarrollar una escala binaria que va del 0 a 1, con el valor de 0 en animales calmos, que abandonan de forma lenta y marcha tranquila, 1 en aquellos animales que se alteran, abandonan de forma rápida con saltos, trotes o corriendo (Fernández-Novo et al., 2020).

Indicadores basados sobre el animal

Este tipo de medición tomó mayor importancia en los últimos años. Es considerada una técnica confiable y más representativa de las experiencias reales vividas por el rodeo. La misma llevó a que los ganaderos no solo tengan en mente los indicadores conductuales si no también indicadores que arrojen datos fisiológicos, como pueden ser: la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca, la respiratoria y la presencia de lesiones o heridas (Fernández-Novo et al., 2020).

La liberación de cortisol y catecolaminas aumenta la frecuencia cardiaca y la respiratoria más en situaciones donde se activa la respuesta de lucha o huida. El índice de consumo de alimento también suele utilizarse como método para medir el estrés asociado con la alimentación, investigaciones arrojaron datos que indican que hembras dominantes consumen más cantidad de alimento y, que en situaciones de estrés térmico hay un aumento en el consumo de alimentos durante las horas de menor temperatura del día (Fernández-Novo et al., 2020).

Por otro lado, las lesiones presentes en la piel son de información para poder determinar la situación en las que los animales viven, ejemplo si sufren o no maltrato físico o en las condiciones en las que viven con respecto a buenas instalaciones, es decir: alambrados, manga, cepo, etc (Fernández-Novo et al., 2020).

Biomarcadores

Este es un indicador del estado fisiológico o patológico que puede verse desde el exterior y medirse de manera exacta. Los biomarcadores más importantes del estrés en bovinos son el cortisol, las haptoglobinas y el amiloide sérico A (Fernández-Novo et al., 2020).

El cortisol, corticosterona y sus metabolitos se miden en sangre, saliva, heces y en el pelo. Las concentraciones de cortisol en sangre o la saliva demuestran de manera más reciente como se encuentra el animal, en heces reflejan lo que sucedió 24-48hs previas, mientras que muestras del pelo pueden llegar a reflejar lo sucedido semanas o meses previos. Por eso mismo, la medición de los glucocorticoides en el pelo es utilizado para analizar el estrés crónico (Fernández-Novo et al., 2020).

Para poder analizar el cortisol en sangre las muestras deben ser centrifugadas lo antes posible luego de ser recolectadas y almacenarse en ambientes de 20°C a 80°C bajo cero. Por otro lado, las muestras de saliva también deben centrifugarse rápidamente, con la diferencia que pueden almacenarse a temperatura ambiente por días o semanas. Las muestras de materia fecal se deben almacenar a -20°C, en ella los niveles de cortisol se obtienen por medio del análisis de su metabolito 11,17-dioxoandrostando. El pelo es el más fácil de obtener y se puede conservar a temperatura ambiente por tiempo indeterminado (Fernández-Novo et al., 2020).

En el caso de la medición de haptoglobina los bovinos sanos presentan niveles insignificantes de haptoglobina, la cual pueden aumentar más de 100 veces en situaciones estresantes, se obtiene en sangre y las muestras se deben conservar a -80°C durante meses (Fernández-Novo et al., 2020).

La proteína amiloide sérico A, las cuales son apolipoproteínas asociadas a las lipoproteínas de alta densidad (HDL), se sintetizan en el hígado en situaciones de estrés agudo (Fernández-Novo et al., 2020).

Impacto del estrés en el rodeo:

Estrés y sistema inmune

El sistema inmune se divide clásicamente en la inmunidad innata y la adquirida. La inmunidad adquirida es aquella responsable de ajustarse y así brindar una respuesta inmune específica para determinada injuria que esté alterando el organismo, concluyendo con la formación de anticuerpos y memoria inmunológica. Por otra parte, la inmunidad innata es aquella que provoca una respuesta de tipo aguda muy similar al estrés, pero de forma independiente, su objetivo principal es dar una respuesta fuerte y efectiva contra cualquier patógeno específico (Cappelozza & Cooke, 2022).

La inmunidad innata está mediada por distintos tipos celulares. Las fagocíticas como son los neutrófilos, macrófagos, células naturales killer y aquellas que liberan mediadores inflamatorios como son los mastocitos, basófilos y eosinófilos (Cappelozza & Cooke, 2022).

Estas células tienen la particularidad de reconocer estructuras presentes en diferentes microorganismos, los patrones moleculares asociados a patógenos (PAMPS) desencadenan una cascada inflamatoria, es decir una respuesta de tipo inflamatoria. Una vez combinados los PAMPS con los receptores de tipo toll endógenos o de superficie de células fagocíticas, se activa una respuesta por medio de las citoquinas en neutrófilos y macrófagos gracias a la activación del factor de transcripción denominado factor nuclear kappa beta (NFκB), según Cappelozza y Cooke (2022).

Durante una respuesta inmune las citoquinas como interleucina 6 y 1 (IL-6 y 1) y el factor de necrosis tumoral (TNF por sus siglas en inglés) liberadas por células fagocíticas funcionan como mensajeros químicos proinflamatorios. Cuando se produce el contacto principal con un agente infeccioso con sus efectos a nivel celular, el organismo por parte del huésped comienza a desencadenar reacciones que tienen como objetivo restablecer el equilibrio, denominado respuesta de fase aguda (Cappelozza & Cooke, 2022).

Las células claves como son los macrófagos y los monocitos son las más importantes en esta fase aguda ya que ellos secretan IL-1 y TNF- hacia la sangre. La consecuencia de esta respuesta lleva a cambios metabólicos que pueden manifestarse hasta por medio de la

conducta, como puede ser la pérdida del apetito, letargo, menor expresión de manifestación sexual y social (Capellozza & Cooke, 2022).

En situaciones estresantes puede que no se produzca el reconocimiento de PAMPs, debido a que no hay ningún microorganismo desencadenante de la respuesta inflamatoria. De modo contrario, los patrones moleculares asociados a daño (DAMPs) pueden de todas formas ser reconocidos debido a los factores estresantes. Estos DAMPs son biomoléculas del individuo que podrían comenzar con una respuesta inflamatoria de tipo no infecciosa, terminando con una función que conduce a la desnaturalización de aminoácidos (Capellozza & Cooke, 2022).

Distintos científicos como Cooke y otros (2012) buscaban vincular el estrés con la inflamación, estos desarrollaron un modelo de estrés de tipo neuroendocrino utilizando la CRH como un estímulo que no es patógeno en el ganado. Una vez inoculado la CRH, las concentraciones plasmáticas de cortisol llegaron a su pico en tan solo 30 minutos, mientras que citoquinas proinflamatorias como el TNF, la temperatura rectal y la haptoglobina aumentaron en paralelo con el glucocorticoide. Como conclusión de que el estrés impacta a nivel inmunitario de forma inmediata sin la presencia de un patógeno (Capellozza & Cooke, 2022).

Estrés y consumo de alimentos

El órgano encargado de regular el consumo de alimento es el hipotálamo que por medio de sus núcleos e interconexiones siempre garantizan mantener un equilibrio entre la ingesta y la saciedad. Siendo el núcleo arqueado (ARC) el que se encarga de esta función (Cortés Romero et al., 2018).

Está formado por dos tipos de neuronas aquellas que se encargan de sintetizar el neuropéptido Y (NPY) y el péptido relacionado con agouti (AgRP) cuya activación promueve la ingesta de alimentos. El otro conjunto de neuronas del ARC sintetiza proopiomelanocortina (POMC) las cuales, cuando se activan inhiben la ingesta de alimentos (Cortés Romero et al., 2018).

Estos grupos de neuronas responden a señales periféricas que provienen del tejido adiposo y el páncreas: leptina e insulina, así como a aquellas que llegan del sistema digestivo, la

ghrelina. Esta última en el hipotálamo estimula la activación de neuronas NPY e AgRP y por ende la inactivación de las neuronas POMC, lo que concluye en una conducta de búsqueda e ingesta de alimentos y en un aumento del gasto energético (Cortés Romero et al., 2018).

Durante situaciones de estrés agudo lo que comúnmente sucede es que se inhiba el apetito, dado que el individuo está en etapa de alerta que activa al sistema nervioso central. Durante esta condición, la secreción y acción inhibitoria de corticotropinas sobre las neuronas productoras de NPY e AgRP en el hipotálamo promueve la cancelación de ingesta de alimentos. Es decir, la presencia de cortisol plasmático promueve la secreción de insulina pancreática a la circulación y posterior ingreso al SNC impactando en el centro de la saciedad (Cortés Romero et al., 2018).

Estrés y reproducción:

El estrés ya sea de tipo físico o psicológico tiene efectos graves sobre el sistema reproductivo de los animales. Durante el estrés hay altos niveles de ACTH, Gcs y catecolaminas los cuales serían responsable de infertilidad. La activación del eje HHA afecta funciones sexuales en los 3 componentes del eje hipotálamo-pituitaria-gonadal (HPG). En el hipotálamo se produce una inhibición en la secreción de GnRH, en la pituitaria de LH y en las gónadas se afecta la estimulación de las gonadotropinas sobre la secreción de esteroides sexuales (Góngora & Cardoso, 2002).

Por otro lado, el estrés produce la activación de neuronas presentes en el hipotálamo que secretan noradrenalina la cual termina ejerciendo efectos inhibitorios sobre la liberación de GnRH (Góngora & Cardoso, 2002).

Se sospecha de la posibilidad de que los esteroides sexuales que circulan en sangre modulen la LH bajo situaciones de estrés a través de sus efectos sobre las neuronas adrenérgicas, ya que un estrés crónico estaría produciendo la inhibición en la secreción de LH y por ende la ovulación (Góngora & Cardoso, 2002).

Nuevas estrategias para reducir el estrés

Feromonas en la actualidad:

En la actualidad se comenzó a intensificar la investigación sobre las feromonas y el impacto que estas producen en las distintas especies. Por ejemplo, en lechones se comprobó que estas influyen hasta en el consumo de leche gracias a la creación de un análogo sintético, que se logró aislar de secreciones por parte de la piel de los mamíferos por el científico Pageat en el año 2001.

El ingrediente activo de mBAS es una mezcla patentada de ácidos grasos, incluidos palmítico, oleico y linoleico, incorporados al 10 % del excipiente y con una permanencia estimada en los animales tratados de 15 días (Schubach et al., 2020, como se citó en Cooke et al., 2025).

El resultado de los primeros ensayos en su utilización fue que el análogo influyó sobre el comportamiento agresivo en lechones arrojando una disminución postdestete hasta incluso un aumento en el consumo de alimentos afectando de manera positiva en el desempeño postdestete del rodeo en general (Capellozza & Cooke, 2022).

Estos resultados impulsaron a comenzar a utilizar el análogo en distintos momentos productivos de la vida de los rumiantes arraigados con situaciones estresantes como son: el destete, transporte y entrada al corral de engorde, manipulación por parte del personal, momento de ordeño, inseminaciones artificiales, etc (Cappellozza & Cooke, 2022).

La feromona se aplica por vía tópica, en dosis total de 10 ml en 2 regiones distintas (5 ml sobre la cavidad nasal entre medio de los ojos y 5 ml en la región de la nuca de los bovinos)

Utilización de mBAS sintética en situaciones de manejo estresantes para el ganado bovino:

En el destete

Cooke y colaboradores (2022) utilizaron el análogo en terneros de la raza *Bos indicus* y *Bos taurus* administrando de forma tópica una dosis de 5ml en el momento del destete. Luego de 45 días en evaluación los autores pudieron observar que aquellos terneros

tratados con el análogo tuvieron efectos positivos en la ganancia de peso diario en comparación de los otros terneros que no fueron tratados (tabla 3).

Tabla 3: Desempeño promedio post destete post de terneros que recibieron (BAS) o no (CON) una sustancia apaciguante bovina al destete. Fuente: Cappelozza & Cooke, 2022.

Ítem	Peso corporal (BW), kg	Ganancia diaria promedio (ADG), kg
Cooke et al. (2020)		
CON	248,6 ^b	0,29 ^b
BAS	251,4 ^a	0,36 ^a
Cappelozza et al. (2020)		
CON	240,3 ^b	1,08 ^b
BAS	256,5 ^a	1,45 ^a
Schubach et al. (2020)		
CON	228,4	1,04
BAS	230,6	1,08

Angeli et al (2020), evaluaron los efectos de la administración quincenal de una sustancia apaciguadora bovina (SAB) sobre el rendimiento y la incidencia de enfermedades en terneras lecheras Gir × Holstein de un establecimiento de Brasil, antes del destete. En comparación con el grupo control, los animales que fueron topicados con la sustancia apaciguadora, tuvieron mayor ganancia de peso diario y mayor peso al destete y su aplicación redujo los costos de utilización de fármacos para el tratamiento de patologías frecuentes.

En el momento de la castración

En un ensayo realizado por Bigelow y Col., (2022) se administró un análogo sintético a 390 terneros de raza Nellore Angus en el ingreso al feedlot. En el inicio de la investigación el día 0 se tomó el peso individual de cada ternero y se designó qué animales iban a ingresar con el tratamiento y cuáles iban a recibir solo un placebo.

Del total de animales 195 fueron tratados con mBAS con una dosis de 5ml/animal y el otro restante fue tratado con un placebo, denominado grupo control con la misma dosis que la de mBAS. Luego de la administración del tratamiento los animales fueron castrados utilizando la pinza de Burdizzo (Liberles, 2014; Bigelow et al., 2022).

30 días post tratamiento se comprobó que los animales que recibieron la dosis de mBAS tienen mejor peso y una mayor ganancia de peso diaria que los animales del grupo control. Además, se observó que el consumo total de materia seca desde el 0 al 30 fue de 6,70 kg/d para el grupo de animales control y los del tratamiento 6,75 kg/d, con una mayor eficiencia alimentaria (Tabla 4). El aumento en la ganancia de peso diaria post castración en aquellos animales en las que se aplicó mBAS fue en paralelo a la reducción en las reacciones fisiológicas e inflamatorias que también son generadas por mecanismos estresantes (Liberles, 2014; Bigelow et al., 2022).

Tabla 4: Resultados de la investigación mBAS vs placebo. Fuente: Bigelow et al, 2022.

Ítem	CON	BAS, kg
Peso corporal, kg		
Día 30	284,7 ^b	289,6 ^a
Día 258	531,0 ^b	540,8 ^a
Cambio de peso corporal, kg		
Días 0~30	29,6 ^b	34,7 ^a
Días 30~258	246,7 ^b	251,2 ^a
Días 0~258	275,4 ^b	285,9 ^a
Ganancia diaria promedio, kg		
Días 0~30	0,991 ^b	1,157 ^a
Días 30~258	1,078 ^b	1,101 ^a
Días 0~258	1,083 ^b	1,107 ^a
Características de la canal		
Peso caliente de la canal, kg	296,4	300,1
Porcentaje de rendimiento	55,8	55,7

Influencia sobre la calidad cárnica en cortes oscuros, firmes y secos (DFD):

Previo al sacrificio en rumiantes se desencadenan situaciones estresantes que terminan impactando en la calidad cárnica, lo que a su vez afecta en la aceptación por parte de los consumidores ya que el producto final termina presentando valores de pH alto, cambios en la ternura y el color (Pérez-Linares et al., 2013).

Para el desarrollo de la evaluación en la calidad cárnica se administró mBAS a una dosis de 5ml/animal previo a la carga en los camiones. Los autores concluyeron (Tabla 5) en que hubo efectos positivos en la mantención del pH medio de la canal quedando por debajo de 5.80 lo que generó una disminución en la proporción de aquellas canales que se clasifican con pH mayor a 5.80 (Capellozza & Cooke, 2022).

Tabla 5: Resultados de mBAS en productos cárnicos (Capellozza & Cooke, 2022).

Item	CON	BAS
Meat pH	5.82 ^a	5.75 ^b
% carcass pH>5.80	42.2 ^a	26.2 ^b
Rendimiento	90.8	94.6 ^b

Utilización de mBAS en el ganado lechero:

Zinicola et al. (2025) evaluaron los efectos de la mBAS sobre la tasa de preñez, en vacas Holstein de establecimientos de la Provincia de Córdoba (Argentina) La administración de mBAS aumentó la tasa de preñez por inseminación artificial en 12,5 puntos porcentuales, en comparación con las vacas del grupo control (60,2% frente a 47,7%). Los resultados de este experimento proporcionaron evidencia de que mBAS es eficaz para mejorar el rendimiento reproductivo de las vacas lecheras en lactancia cuando se aplica durante períodos críticos sensibles al estrés, como la inseminación artificial.

mBAS en los rumiantes

Ésta actúa en el órgano vomeronasal, el cual promueve la transmisión de señales que viajan hasta el bulbo olfatorio y luego a la amígdala del cerebro, órgano muy importante en el sistema límbico el cual es responsable de integrar las respuestas emocionales y neuroendocrina. Una vez producida la activación de la vía se produce una modulación en el eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal, con una disminución en la secreción de glucocorticoides (Capellozza y Cooke, 2022; Pickett et al., 2024; Cooke et al., 2025).

La mBAS, comparada con otros fármacos ansiolíticos o sedantes no inhibe la capacidad de respuesta en la conducta por parte de los animales y su ambiente. La acción de ésta es específica, la cual regula la intensidad de la respuesta frente al estresor sin generar interferencias con el estímulo en sí, quedando el animal reactivo, pero con su temperamento más equilibrado con un menor compromiso del sistema inmune, con una mayor estabilidad en su comportamiento con una preservación en su alimentación y el desempeño productivo (Capellozza y Cooke, 2022; Pickett et al., 2024; Cooke et al., 2025).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y duración del ensayo

Este trabajo se llevó a cabo en un establecimiento ganadero de la provincia de Buenos Aires.

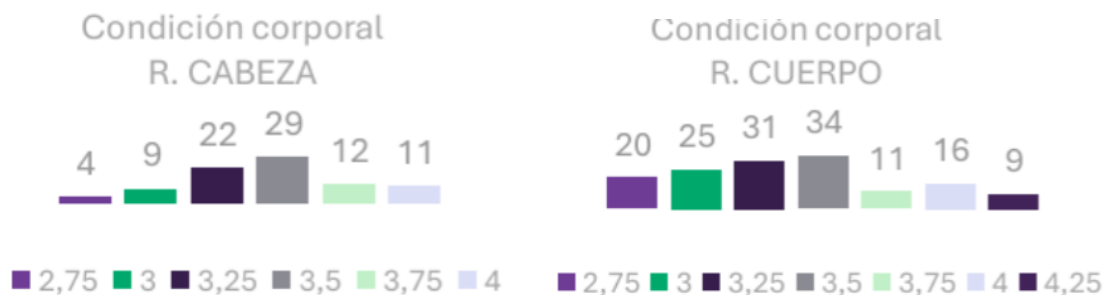
Animales

Para el desarrollo del ensayo se utilizaron un total de 176 vacas multíparas, dicho rodeo se encontraba dividido en dos grupos, el grupo “rodeo cabeza” el cual tuvo un corte de parición el 10 de Julio de 2025 con un total de 87 vacas y por otro lado el grupo “Rodeo Cuerpo” con un corte de parición el 10 de agosto de 2025. Los rodeos en estudios presentaron un porcentaje de ciclicidad de 33% y una condición corporal de 3.5 en promedio (Figura 19) mientras que el grupo cuerpo un 26% de ciclicidad y 3.3 de condición corporal promedio (Figura 20).

En las figuras 20 y 21 se puede observar la variabilidad de las condiciones corporales de ambos rodeos.

RODEO CABEZA (CORTE PARICION 10/07)				RODEO CUERPO (CORTE PARICION 10/08)			
TOTAL	APTAS	C/C PROMEDIO (ESCALA 1-5)	% CICLICIDAD	TOTAL	APTAS	C/C PROMEDIO (ESCALA 1-5)	% CICLICIDAD
87	86	3,5	33%	144	144	3,3	26%

Figuras: 19 y 20: Comparación del promedio general la CC (condición corporal) y ciclicidad del rodeo general. Fuente: Vet Enrique Novaro, 2026



Figuras: 20 y 21: Variabilidad de las condiciones corporales de ambos grupos en estudio.

Fuente: Vet Enrique Novaro, 2026.

Sanidad:

Se implementó un plan sanitario que incluyó la aplicación de una vacuna reproductiva (BIOABORTOGEN H, Biogénesis Bagó), control de ectoparásitos mediante un pour-on a base de cipermetrina (ACIENDEL®) y la administración de un complejo vitamínico-mineral inyectable (BIONIC®, Biogénesis Bagó), con el objetivo de mejorar el estado sanitario y la eficiencia reproductiva del rodeo.”

Tratamientos

Se estudió el efecto del análogo sintético de la hormona apaciguante materna bovina (mBAS) en vacas multíparas Angus a fin de evaluar respuestas fisiológicas y de comportamiento asociadas al estrés producido por IATF. Las 171 vacas fueron asignadas alternadamente a dos grupos homogéneos:

Tratadas con mBAS (FerAppease®): 86 vacas

Controles sin aplicación: 85 vacas.

Inicio de protocolo de IATF:

- El día 0 se realizó la primera evaluación del rodeo con un tacto preservicio y comienzo del protocolo para IATF con la introducción de un dispositivo intravaginal impregnado de progesterona (P4) + benzoato de estradiol (BE). La administración de BE en conjunto con la P4, induce la atresia del folículo dominante y de los folículos de la onda en curso, permitiendo la sincronización de una nueva.
- El día 7 se realizó el retiro de los dispositivos intravaginales, junto con la administración de 400 UI (2 ml) de gonadotropina coriónica equina (eCG) por vía intramuscular profunda. La eCG presenta actividad similar a la FSH y, en menor medida, a la LH, estimulando el crecimiento y la maduración de los folículos

ováricos, especialmente en hembras con baja condición corporal o en anestro, favoreciendo el desarrollo de un folículo dominante competente. En este mismo momento se aplicó prostaglandina F2 α con el objetivo de inducir la luteólisis del cuerpo lúteo presente, provocando la disminución de los niveles de progesterona circulante. Asimismo, se administró cipionato de estradiol (ECP), el cual, en un contexto de baja progesterona, induce un pico preovulatorio de LH y, en consecuencia, la ovulación del folículo dominante. Adicionalmente, se aplicó pintura en la región sacro coccígea con el fin de facilitar la detección de celo mediante la observación del desgaste o remoción de la misma, indicador de monta entre animales.

- El día 9 las vacas fueron inseminadas (Figuras 22 A y B). Además, utilizando una pistola dosificadora, se aplicó el análogo sintético de mBAS (Figuras 23 A, B y C) a aquellas vacas con el tratamiento, siendo un total de 10 ml dividido en 2 aplicaciones. La primera de 5ml se colocó de forma tópica sobre la cavidad nasal entre medio de los ojos y la otra aplicación en la región de la nuca.

Todas las actividades realizadas durante el protocolo de IATF se resumen en una línea de tiempo (Figura 24), la cual permite visualizar de manera secuencial el manejo reproductivo aplicado.



Figura: 22 A y B. Preparación e inicio del protocolo de IATF. Fuente: Vet. Enrique Novaro, 2025.



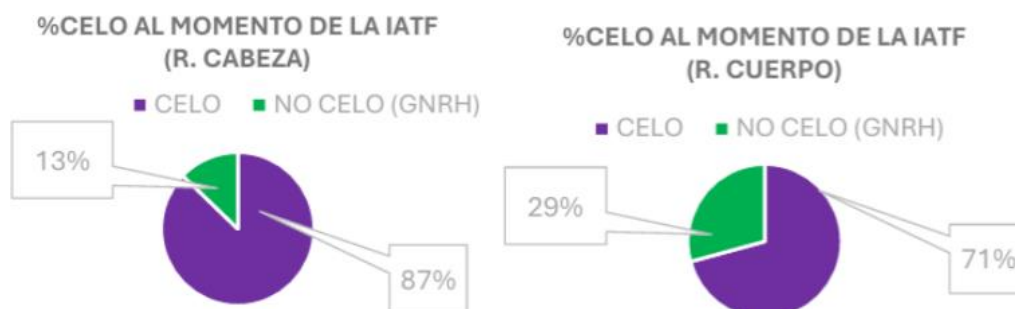
Figura: 23 A, B y C: Preparación del Análogo Sintético para aplicación. Fuente: Vet. Enrique Novaro,2025.



Figura 24: Actividades realizadas para protocolo de IATF. Fuente propia, 2026. Abreviaturas: CC: condición corporal; BE: benzoato de estradiol; PG: prostaglandina. Fuente: propia, 2026

Detección de celo:

Por medio de la observación del despintado se determinó un porcentaje de 87% de vacas en celo del rodeo cabeza y un 71% del rodeo cuerpo. Solo entraron en el estudio aquellas vacas que manifestaron celo al momento de la IATF para no interferir en la reactividad del hipotálamo, aquellas vacas que no manifestaron celo fueron tratadas con GnRH (Figuras 26 y 27).



Figuras 25 y 26: Porcentaje de celo al momento de la IATF. Fuente: Novaro, Enrique, 2025

Diagnóstico de gestación:

El diagnóstico de preñez se determinó por medio de ultrasonografía a los 32 días luego de la IATF. Donde se realizó una clasificación de cada uno de los rodeos: el rodeo cabeza dividido en 3 subgrupos. Por un lado, el grupo con GnRH, otro Control y el último con el análogo, bajo la misma metodología se realizó el rodeo cuerpo.

RESULTADOS

Las mediciones experimentales efectuadas en el siguiente ensayo fue el porcentaje de preñez en aquellos animales bajo el tratamiento con el análogo sintético de la hormona apaciguante materna bovina.

Porcentaje de preñez:

El porcentaje de preñez evaluado en los 2 grupos, el rodeo cabeza (Figura 27) y el rodeo cuerpo (Figura 28). Es necesario aclarar que el grupo GnRH quedó excluido del estudio ya que no manifestaron celo al momento de la IATF.

El rodeo cabeza arrojó los siguientes resultados:

- Grupo con administración de GnRH: 36%.
- Grupo control: 51%.
- Grupo mBAS: 59%.

El rodeo cuerpo:

- Grupo con administración de GnRH: 41%.
- Grupo control: 50%.
- Grupo mBAS: 41%.

RODEO CABEZA (CORTE PARICION 10/07)					RODEO CUERPO (CORTE PARICION 10/08)				
TOTAL	GNRH	CONTROL	FERA	TOTAL	TOTAL	GNRH	CONTROL	FERA	TOTAL
PREÑADA	4	18	22	44	PREÑADA	11	25	20	56
VACÍA	7	17	15	39	VACÍA	28	25	29	82
TOTAL	11	35	37	83	TOTAL	39	50	49	138
%	36%	51%	59%	53%	%	28%	50%	41%	41%

Figuras 28 y 29: Comparación del % de preñez en ambos rodeos. Fuente: Novaro, Enrique 2025

Resultados generales:

TOTAL	GNRH	CONTROL	FERA	TOTAL
PREÑADA	18	43	42	103
VACÍA	37	42	44	123
TOTAL	55	85	86	226
%	33%	51%	49%	46%

Figura 29: Resultados generales del porcentaje de preñez. Fuente: Novaro, Enrique 2025

Comentarios finales

Los resultados que se obtuvieron en la IATF se encuentran dentro de los promedios esperables; de todas formas, el valor que se proyectaba era mucho mayor dada la condición corporal ideal de las vacas. Entre los factores que pueden haber alterado el porcentaje de preñez, el desbalance nutricional observado al inicio del protocolo en ambos cuadros podría ser el de mayor relevancia.

Con relación al uso de mBAS, no fue posible poder brindar conclusiones objetivas por más que el rodeo cabeza haya arrojado casi un 10% más de preñez que el grupo control.

Durante la resincronización se registró una menor respuesta al protocolo del total de las vacas, de casi el 50%. Llamó la atención el comportamiento de las vacas. Las mismas se mostraron extremadamente nerviosas y agresivas, hasta incluso tambalearse dentro de la manga. Este cuadro podría asociarse a la elevada frecuencia de encierres, con un total de 7 en 30 días de trabajo, lo que incrementó el nivel de estrés en el rodeo.

CONCLUSIÓN

Desde el surgimiento de las primeras nociones sobre bienestar animal en el año 1964, este apartado de la medicina veterinaria ha experimentado avances significativos con investigaciones e implementación de nuevas tecnologías que benefician a los animales y los productores.

La implementación de los conocimientos sobre bienestar animal, en el manejo del rodeo para realizar distintas prácticas, como protocolos de IATF, puede redundar en beneficios para el productor (mayores porcentajes de celo, preñez, destete, y ganancia de peso)

Como médicos veterinarios, es necesario tener los conocimientos del manejo correcto del ganado y dimensionar que estamos trabajando con animales que no tienen la capacidad de razonar, sino que su respuesta siempre va a ser reactiva.

Como profesionales cumplimos el rol de comunicadores para el personal de trabajo, dotarlos de las estrategias para manejar el ganado provocando el menor estrés posible, lo cual también resulta beneficioso para el desempeño productivo de los bovinos y para resguardar la integridad física del personal.

Si bien, las nuevas tecnologías han presentado resultados favorables, la comprensión del comportamiento y la forma en que el animal va reaccionar es algo que no presenta costo alguno y está al alcance de todos.

El uso de análogos sintéticos de feromonas como mBAS ha demostrado ser muy efectivo en diversos ensayos en otros países, siendo aún incipiente el uso en Argentina. En tanto nuestro país tiene una marcada tendencia hacia la producción ganadera será de gran utilidad la continuidad de experiencias que permitan poner en evidencia todo el potencial del uso de estas formulaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Angeli, B., Cappellozza, B. I., Cooke, R. F., & Vasconcelos, J. L. M. (2020). *Administering an appeasing substance to Gir × Holstein female dairy calves on pre-weaning performance and disease incidence*. *Animals*, 10(11), 1961. <https://doi.org/10.3390/ani10111961>
- Bigelow, R. A., Bortoluzzi, E. M., White, B. J., Lancaster, P. A., Hobbs, A., & Dahmer, P. L. (2025). Evaluating the efficacy of maternal bovine appeasing substance (MBAS) administration on cortisol concentrations, animal behavior and welfare, and performance outcomes in beef-dairy calves during weaning. *Translational Animal Science*, 9, txaf117. <https://doi.org/10.1093/tas/txaf117>
- Cappellozza, B. I., & Cooke, R. F. (2022). Administering an appeasing substance to improve performance, neuroendocrine stress response, and health of ruminants. *Animals*, 12(18), 2432. <https://doi.org/10.3390/ani12182432>
- Carvajal, A. M., Martínez, M. E., & Tapia, M. (2020). *El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva* (Informativo N° 246). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- Colazo, M. G., & Mapletoft, R. J. (2014). Fisiología del ciclo estral bovino. *Revista Ciencias Veterinarias*, 16(2), 31–46.
- Cooke, R. F., Mackey, S. J., de Souza, I. S., Mello, I. A. S., Barreto, Y. M., & Gouvea, V. N. (2025). Administering the maternal appeasing substance to *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle placed as yearlings in feedlots with different environmental conditions.
- Cortés Romero, C. E., Escobar Noriega, A., Cebada Ruiz, J., Soto Rodríguez, G., Bilbao Reboledo, T., & Vélez Pliego, M. (2018). Estrés y cortisol: implicaciones en la ingesta de alimentos. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 37(3), 1–15.
- Dohi Fujii, B. I. (1983). Anatomía, histología y fisiología del órgano vomeronasal de los animales domésticos (revisión bibliográfica).

- Rosa, D. E., Ventura, M. B., Fazzio, L. E., Testa, J. A., & Mattioli, G. A. (2015). *La nutrición en el control del estrés en bovinos*. En **XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría**. Paysandú, Uruguay: Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Fernández-Novo, A., Pérez-Garnelo, S. S., Villagrà, A., Pérez-Villalobos, N., & Astiz, S. (2020). The effect of stress on reproduction and reproductive technologies in beef cattle: A review. *Animals*, *10*(11), 2096.
- García Sacristán, A., González Gallego, J., Castejón Montijano, F. J., Murillo López de Silanes, M. D., Salido Ruiz, G. M., de la Cruz Palomino, L. F., & Agüera Buendía, E. (2018). *Fisiología veterinaria*. Editorial Tébar Flores.
- Gobello, C. (2013). *Manual de fisiología reproductiva veterinaria* (3.^a ed.). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Góngora, A., & Cardoso, J. (2002). *Mecanismos del estrés y efectos sobre la reproducción animal (Revisión de literatura)*. **Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia**, *49*, 65–70.
- Grandin, T. (2000). Principios de comportamiento animal para el manejo de bovinos y otros herbívoros en condiciones extensivas. En T. Grandin (Comp.), *Livestock handling and transport* (Cap. 5, pp. 63–85). CABI Publishing.
- Johnston, E. (2025). *Effectiveness of maternal bovine appeasing substance administered to newly received, high-risk stocker calves* (Undergraduate honors thesis, University of Arkansas). <https://scholarworks.uark.edu/anscuht/71>
- Klein, B. G. (Ed.). (2013). *Cunningham. Fisiología veterinaria* (5^a ed.). Elsevier España.
- Littlewood, K. E., Heslop, M. V., & Cobb, M. L. (2023). El dominio de la agencia y las interacciones conductuales: evaluación del bienestar animal positivo utilizando el modelo de los cinco dominios. *Frontiers in Veterinary Science*, *10*, 1284869. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1284869>
- Macedo Márquez, A. (2014). *La expresión de la forma monomérica de la proteína de unión a odorantes (OBP) de bovino confiere resistencia al estrés oxidativo ocasionado por agentes químicos en Escherichia coli* (Tesis doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México.

- Mac, A., et al. (2023). *Behavioral responses to cow and calf separation: Separation at 1 and 100 days after birth.* *Animals*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10164485/>
- Mellor, D. J., Beausoleil, N. J., Littlewood, K. E., McLean, A. N., McGreevy, P. D., Jones, B., & Wilkins, C. (2020). *The 2020 Five Domains Model: Including Human–Animal Interactions in Assessments of Animal Welfare.* *Animals*, **10**(10), 1870.
- Motta Delgado, P. A., Ramos Cuéllar, N., González Sánchez, C. M., & Castro Rojas, E. C. (2011). Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina: Revisión de literatura. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *5*(2), 88–99.
- Odeón, M. M., & Romera, S. A. (2017). Estrés en ganado: causas y consecuencias. *Sitio Argentino de Producción Animal*.
- Pelosi P, Knoll W. Proteínas que se unen a olorantes de mamíferos. *Biol Rev Camb Philos Soc.* 2022 febrero; *97*(1):20-44. doi: 10.1111/brv.12787. Epub 3 de septiembre de 2021. PMID: 34480392.
- Pickett, A. T., Cooke, R. F., de Souza, I. S., & Mackey, S. J. (2024). Administering the maternal bovine appeasing substance improves overall productivity and health in high-risk cattle during a 60-d feedlot receiving period. *Journal of Animal Science*, *102*(8), skae221. <https://doi.org/10.1093/jas/skae221>
- Ramírez, I., & L. N. (2008). Bases anatómicas y fisiológicas de la comunicación sexual en los bovinos. *Mundo Pecuario*, *4*(2), 76–79.
- Rippe, C. A. (2009). El ciclo estral. En *Dairy Cattle Reproduction Conference* (pp. 111–116). ABS Global Inc.
- Romero Peñuela, M. H., Uribe-Velásquez, L. F., & Sánchez Valencia, J. A. (2011). Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. *Biosalud*, *10*(1), 71–87.
- Romero Vargas, M. A. (2025). *Evaluación del efecto de feromonas sobre el comportamiento productivo de terneras lactantes en un establo lechero de la ciudad - Jequetepeque* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca).

- Rosas Licona, P. M., Morales Lara, L., Carrasco Carballo, A., & Serafín Alatríste Bueno, V. G. (2024). Feromonas: la neuroquímica invisible de la comunicación animal. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 5059–5078. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12729
- Ruckebusch, Y., Phaneuf, L. P., & Dunlop, R. (1994). *Physiology of domestic animals*. Wallingford, UK: CAB International.
- Selye, H. (1950). Stress and the general adaptation syndrome. *British Medical Journal*, 1(4667), 1383–1392. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.4667.1383>
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). (2015). *Manual de bienestar animal: Un enfoque práctico para el buen manejo de especies domésticas durante su tenencia, producción, concentración, transporte y faena* (Versión 1).
- Solano-Vergara, J. J. (2022). Peculiaridades de las feromonas en los animales de granja: Revisión. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8, e0081011. <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081011>
- Zinicola, M., Cooke, R. F., & Larghi, F. (2025). Administering the maternal bovine appeasing substance improves fertility in lactating dairy cows. *JDS Communications*. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2025-0876>