



Consejo Directivo
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
Universidad Nacional de La Pampa

RESOLUCIÓN Nº 180/2020

GENERAL PICO, 26 de Noviembre de 2020.-

VISTO:

La evaluación positiva enviada por integrantes del Comité Científico de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Pampa, respecto del Proyecto de Investigación: "*Respuesta directa y residual de parámetros fisiológicos y productivos de terneros ante el estrés por calor*" y,

CONSIDERANDO:

Que será dirigido por el Mg. Gabriel A. GENERO y co-dirigido por el Ing Agr. PhD Gustavo JAURENA (Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires), que participarán en carácter de Investigadores/as: el Dr. Guillermo H. PECHIN, la Dra. María G. BILBAO, la Dra. Mónica A. BOERIS, el Bioq. Germán MOLINA, el MSc. Claudio TOBAL, la M.V. Marisa GIMÉNEZ, el Dr. Guillermo MEGLIA, la Mg. Silvina DENDA, el M.V. Luis SÁNCHEZ, el M.V. Antonio GERENA, el M.V. Mario CUCCOLO (Tecnovax SA), la M.V. Melina BRIOSSO (Tecnovax SA) y en carácter de Asistentes de Investigación los estudiantes de la carrera Medicina Veterinaria Ignacio AZALDEGUI y Mateo ARISTI.

Que tendrá una duración de veinticuatro (24) meses, a partir del 01 de Enero de 2021 y hasta el 31 de Diciembre de 2022.

Que de acuerdo a la presentación el citado proyecto es de Investigación Aplicada.

Que participan en su desarrollo los Departamentos de Ciencias Básicas, Producción Animal y Clínica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Pampa, el Departamento de Producción Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET) y el Laboratorio Tecnovax.

Que el citado proyecto ha sido presentado de acuerdo con las normas vigentes y aprobado por el Comité Científico de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNLPam.

Que el Artículo 5º Anexo I de la Resolución Nº 100/99 y su modificatoria Nº 88/02 del Consejo Superior, estipula que: "*Todo Programa y todo Proyecto de Investigación que obtenga dos (2) evaluaciones externas favorables será acreditado mediante resolución del Consejo Directivo de cada Facultad a la que pertenezca*".

Que cuenta con dos (2) evaluaciones externas satisfactorias, de acuerdo con lo previsto en la Resolución Nº 100/99 y Nº 88/02 del Consejo Superior de la Universidad Nacional de La Pampa.

Que las evaluaciones fueron realizadas por el Dr. José Germán CANTÓN (INTA) y el Mg. Rodrigo Ignacio ALLENDE VARGAS (UCSC)

Que dicho proyecto cuenta con la aprobación del formulario del protocolo Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Experimentación bajo la responsabilidad de la Comisión Asesora Institucional para el Uso y Cuidado de Animales de Experimentación (CAICUAE) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Pampa.



Corresponde a Resolución N° 180/2020

//2.-

Que en Sesión Ordinaria del Consejo Directivo del día 26 de Noviembre de 2020, puesta la acreditación del Proyecto de Investigación a consideración de los Sres. Consejeros, es aprobada por unanimidad.

POR ELLO:

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS

RESUELVE:

ARTICULO 1º: Acreditar como Proyecto de Investigación de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Pampa, el proyecto denominado: "*Respuesta directa y residual de parámetros fisiológicos y productivos de terneros ante el estrés por calor*", dirigido por el Mg. Gabriel A. GENERO y co-dirigido por el Ing. Agr. PhD Gustavo JAURENA (Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires), en el que participarán en carácter de Investigadores/as: el Dr. Guillermo H. PECHIN, la Dra. María G. BILBAO, la Dra. Mónica A. BOERIS, el Bioq. Germán MOLINA, el MSc. Claudio TOBAL, la M.V. Marisa GIMÉNEZ, el Dr. Guillermo MEGLIA, la Mg. Silvina DENDA, el M.V. Luis SÁNCHEZ, el M.V. Antonio GERENA, el M.V. Mario CUCCOLO (Tecnovax SA), la M.V. Melina BRIOSSO (Tecnovax SA) y en carácter de Asistentes de Investigación los estudiantes de la carrera Medicina Veterinaria Ignacio AZALDEGUI y Mateo ARISTI, el cual contiene veinte (20) folios y se adjunta como Anexo I de la presente Resolución.

ARTICULO 2º: El proyecto tendrá una duración de veinticuatro (24) meses, a partir del 01 de Enero de 2021 y hasta el 31 de Diciembre de 2022.












ARTICULO 3º: Justificar los gastos que se produzcan de pasajes, viáticos, combustibles, aparatos, material de laboratorio, etc., del citado proyecto.

ARTÍCULO 4º: Regístrese, comuníquese, tomen conocimiento los/as interesados/as. Pase a Secretaría de Investigación, Posgrado y Extensión. Cumplido, archívese.

Presidente
Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Veterinarias
UNLPam



TÍTULO: RESPUESTA DIRECTA Y RESIDUAL DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y PRODUCTIVOS DE TERNEROS ANTE EL ESTRÉS POR CALOR.

Integrantes	Firma
Genero, Gabriel A.	
Jaurena, Gustavo	
Pechin, Guillermo H.	
Bilbao, María G.	
Boeris, Mónica A.	
Molina, Gerardo G.	
Tobal, Claudio	
Giménez, Marisa	
Meglia, Guillermo E.	 <small>Dr. Guillermo E. Meglia Profesor a cargo, Inmunoología Especial</small>
Denda, Silvina S.	
Sánchez, Luis O.	



Gerena, Antonio	
Cuccolo, Mario	
Brioso, Melina	
Azaldegui, Ignacio	
Aristi, Mateo	



Número de Proyecto:

Año:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA
Facultad de Ciencias Veterinarias

1. IDENTIFICACIÓN del PROYECTO

1.1. **TÍTULO del PROYECTO:** "Respuesta directa y residual de parámetros fisiológicos y productivos de terneros ante el estrés por calor"

1.2. **TIPO de INVESTIGACIÓN:** Aplicada

1.3. **CAMPO de APLICACIÓN PRINCIPAL:** (Ver Códigos en Planilla Adjunta)

1.4. **CAMPOS de APLICACIÓN POSIBLES:** (Ver Códigos en Planilla Adjunta)

1.5. **ÁREA DE CONOCIMIENTO:** Agropecuarias y del Ambiente

1.6. **SUBÁREA DE CONOCIMIENTO:** Ciencias Veterinarias

2. INSTITUCIONES y PERSONAL que INTERVIENEN en el PROYECTO

2.1. **AREAS, DEPARTAMENTOS y/o INSTITUTOS:** Departamentos de Ciencias Básicas, Producción Animal y Clínica de la FCV, UNLPam.

2.2. OTRAS INSTITUCIONES:

- Departamento de Producción Animal, FAUBA.
- CONICET.
- Laboratorio Tecnovax

2.3. EQUIPO de TRABAJO

2.3.1. INTEGRANTES

Apellido y Nombre	CUIL	Título Académico	Categ. Invest	Responsabilidad (1)	Cátedra o Institución	Cargo y Dedicación	Tiempo Hs x semana
Genero Gabriel Alberto	20-31276119/0	Mg	5	Director	Fisiología Animal Nutrición Animal	Prof. Adj. (S) Prof. Adj. (E)	20
Jaurena, Gustavo	20-14575324/5	Ing.Agr., PhD	2	Co Director	Nutrición Animal (FAUBA)	Prof. As. (E)	4
Pechin, Guillermo Héctor	20-14928390/1	Dr.	3	Investigador	Nutrición Animal	Prof. Adj. (S)	4
Bilbao, María Guillermina	27-28004454/2	Dra.	4	Investigadora	CONICET Física Biológica	Invest. Asist. Prof. Adj. (S)	4

Boeris, Mónica Alejandra	27-14928079/6	Dra.	3	Investigadora	Fisiología Animal	Prof. As. (E)	4
Molina, Gerardo Germán	20-24276064/7	Bioq.	-	Investigador	Fisiología Animal	Ay. Prim. (S)	4
Tobal, Claudio Fabián	20-21704464/3	MSc.	4	Investigador	Producción Bovina de Carne	Prof. Adj. (E)	8
Giménez, Marisa Etel	27-30284259/6	MV	-	Investigadora	Clínica de Animales Pequeños	JTP (S)	4
Meglia, Guillermo Esteban	20-18085849/1	PhD.	3	Investigador	Inmunología Especia	Prof. Adj. (E)	4
Denda, Silvina Soraya	27-20421505/2	Mg	5	Investigadora	Nutrición Animal	Ay. Prim. (SE)	2
Sánchez, Luis Oscar	20-12938724/7	MV	-	Investigador	Nutrición Animal	JTP (S)	2
Gerena, Antonio	20-22919517/5	MV	-	Investigador	Nutrición Animal	Ay. Prim. (S)	2
Cuccolo, Mario	23-22176085/9	MV	-	Investigador	Tecnovax SA		2
Brioso, Melina	23-31303453/4	MV	-	Investigadora	Tecnovax SA		2
Azaldegui, Ignacio	20-41476371/6	Estudiante	-	Asistente de Investigación	FCV-UNLPam		4
Aristi, Mateo	20-41453997/2	Estudiante	-	Asistente de Investigación	FCV-UNLPam		4

(1) D: Director, CD: Co-Director, A: Asesor, I: Investigador, AI: Asistente de Investigación.

2.3.1. BECARIOS:

Apellido y Nombre	Organismo que Financia	Tipo de Beca	Director	Tiempo de Dedicac. Hs./Sem.

2.3.2. TESISAS:

Apellido y Nombre	Título Académico al que Aspira	Título Proyecto de Tesis	Organismo	Director	Tiempo de Dedicac. Hs./Sem.

2.3.3. PERSONAL DE APOYO:

Apellido y Nombre	Categoría (Adm., Lab., Campo, etc.)	Tiempo de Dedicac. Hs./Sem.

2.3.4. INVESTIGADORES EN PLAN de TESIS:

Apellido y Nombre	Función	Título Proyecto de Tesis	Tiempo de Dedicac. Hs./Sem.
	Director Co-Director Tesis		

3. DURACIÓN ESTIMADA DEL PROYECTO: 2 años.

3.1. FECHA DE INICIO: 01/01/2021. FINALIZACIÓN: 31/12/2022.

4. RESUMEN DEL PROYECTO:

El objetivo del trabajo es caracterizar el efecto directo y residual del estrés calórico en terneros destetados precozmente durante la época estival en la región pampeana y su posible mitigación

mediante la aplicación de sombra artificial. El experimento será dividido en tres períodos: el primero (P1, 80 días) evaluará el efecto de la sombra sobre los animales en corrales, y el segundo (P2, 280 días) y tercero (P3, 120 días) evaluarán los efectos residuales del estrés por calor del P1 sobre la recría pastoril y la terminación a corral, respectivamente. Se usarán 36 terneros de destete precoz que en P1 serán distribuidos en 12 corrales, 6 con sombra (CS) y 6 sin (SS). Se medirá el consumo de alimento, la frecuencia respiratoria, temperatura corporal y ganancia de peso, y se obtendrán muestras de sangre para determinar variables hematológicas y la concentración de haptoglobina, enzimas hepáticas, glucosa, urea, cobre y zinc. Además, se medirán los anticuerpos contra herpes virus bovino 1, posterior a la inoculación con una vacuna comercial. Los resultados serán analizados de acuerdo con un diseño completamente aleatorizado para dos tratamientos (SS y CS), con 6 repeticiones, mediante un modelo lineal mixto con los efectos fijos de tratamiento, tiempo e interacción tratamiento × tiempo.

4.1 Palabras claves:

Estrés calórico / bovinos para carne/ sombra / destete precoz.

4.2. Abstract:

The objective of this study is to characterize the direct and residual effect of heat stress in early weaning calves during the summer in the pampas region and its possible mitigation by applying artificial shade. The experiment will be divided into three periods (P): P1 (80 days) will evaluate the effect of shade on animals in feedlot conditions, and P2 (280 days) and P3 (120 days) will evaluate the residual effects of P1 heat stress on the growing and finishing phases, respectively. Thirty-six early weaning calves will be used, which in P1 will be distributed in 12 pens, 6 with shade (CS) and 6 without shade (SS). Food intake, respiratory rate, body temperature, weight gain will be measured, and blood samples will be obtained to determinate hematological variables, and haptoglobin, liver enzymes, glucose, urea, copper and zinc concentrations. Antibodies to bovine herpes virus 1 will also be measured after inoculation with a commercial vaccine against bovine respiratory diseases. The results will be analyzed according to a completely randomized design for two treatments (SS and CS), with 6 replications, using a mixed linear model with the fixed effects of treatment, time and treatment x time interaction.

4.3. Key words:

HEAT STRESS / BEEF CATTLE / SHADOW / EARLY WEANING.

5. INTRODUCCIÓN y ANTECEDENTES

5.1. INTRODUCCIÓN, MANEJO DE FUENTES BIBLIOGRÁFICAS Y DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA.

El cambio climático puede tener efectos directos e indirectos sobre la salud y productividad animal a través de modificaciones en las condiciones ambientales, como la temperatura del aire, la humedad relativa, las precipitaciones y la frecuencia y magnitud de eventos extremos (olas de calor, sequías e inundaciones). Los efectos directos implican impactos sobre el animal tales como, la termorregulación, el sistema endocrino, el metabolismo, la producción, la reproducción y el sistema inmunitario, mientras que los indirectos incluyen, entre otros, disminución de la disponibilidad de agua y alimentos, incremento de las poblaciones de plagas, patógenos y vectores de enfermedades, aumento de la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos (Collier *et al.*, 2019; Lacetera, 2019).

Según las estimaciones realizadas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en 2018, la temperatura media global de la superficie (GMST), registrada durante la década 2006 – 2015, fue 0,87°C (entre 0,75°C y 0,99°C) más alta que la del período comprendido entre los años 1850 y 1900. Este mismo ente sugiere que el calentamiento global

puede alcanzar 1,5°C entre los años 2030 y 2052 (IPCC, 2018). Se especula que, con un calentamiento global de 1,5°C, los días de calor extremo en latitudes medias podrían tener incrementos en sus temperaturas máximas de hasta 3°C (IPCC, 2018). En consecuencia, se prevé un incremento en la frecuencia de días calurosos y olas de calor con efectos perjudiciales sobre el bienestar, la salud, la reproducción y la producción de las especies de interés zootécnico (Baumgard y Rhoads, 2013; Bernabucci, 2019; Summer *et al.*, 2019), llegando incluso a aumentos de la mortandad en casos extremos (Lacetera, 2019). Dentro de este contexto, el estrés térmico impone un serio límite a la producción animal, que contrasta con la creciente necesidad mundial de alimentos de la población humana (Bernabucci, 2019).

La preocupación respecto al confort térmico de los animales de interés zootécnico no solamente es tema de los países de zonas tropicales, sino también de aquellos de zonas templadas, donde las altas temperaturas se están convirtiendo en un problema (Bernabucci, 2019). En lo que respecta a la provincia de La Pampa, los meses con mayor probabilidad de ocurrencia de eventos de estrés por calor son diciembre, enero y febrero. Las estadísticas climáticas, elaboradas a partir de una serie histórica de datos (1973 – 2011) registrados en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Anguil, muestran una temperatura media y promedio para estos meses de 22,1°C, con una mínima media de 14,3°C y una máxima media de 29,7°C (Casagrande *et al.*, 2012). Para estos mismos meses, el promedio de humedad relativa media es de 60,3 %, con una mínima media de 37 % y una máxima media de 92 % (Casagrande *et al.*, 2012). La temperatura y la humedad tienen gran influencia sobre los mecanismos de intercambio de calor de los animales en ambientes templados y cálidos (Hahn *et al.*, 2009). El índice de temperatura y humedad (ITH) ha sido desarrollado para humanos por Thom (1959) y, posteriormente, adaptado para uso en animales de producción como indicador del confort térmico (Hahn *et al.*, 2009). En base a este índice se establecieron tres categorías de estrés por calor (LCI, 1970): alerta ($74 < \text{THI} < 79$), peligro ($79 \leq \text{THI} < 84$) y emergencia ($\text{THI} \geq 84$). Valores menores de ITH, entre 70 y 74, ya darían indicios acerca de la posibilidad de estrés por calor en el ganado. Según los datos publicados por la EEA del INTA Anguil, el valor promedio de ITH para los meses de diciembre, enero y febrero sería de 69, con un mínimo de 58 y un máximo de 84, es decir, existe la probabilidad de ocurrencia de eventos de estrés por calor en bovinos para carne en la zona de influencia, y otras con características ambientales similares.

A partir de registros del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) puede analizarse la distribución mensual de olas de calor y de períodos de temperaturas extremas. El SMN define como ola de calor a un evento donde las temperaturas máximas y mínimas superan o igualan, durante al menos 3 días consecutivos y en forma simultánea, ciertos valores umbrales que dependen de cada localidad (percentil 90 del semestre cálido octubre a marzo). Por su parte, los períodos de temperaturas extremas elevadas, o períodos excesivamente cálidos, son aquellos en los cuales las temperaturas máximas o mínimas superan o igualan, por lo menos durante 3 días consecutivos, a los valores umbrales (SMN, 2019). Para la localidad de General Pico, La Pampa, estos valores umbrales son: 34,2 °C de temperatura máxima y 19,4 °C de temperatura mínima (calculados a partir del período 1961 – 2010). De acuerdo con las estadísticas publicadas por el SMN para esta localidad, entre los años 1961 y 2019 se registraron 11, 12 y 8 eventos de olas de calor en los meses de diciembre, enero y febrero, respectivamente. De igual modo, la cantidad de períodos excesivamente cálidos fue de 39, 33 y 28, con respecto al umbral de temperatura máxima, y de 24, 37 y 26, con respecto al umbral de temperatura mínima, para los meses de diciembre, enero y febrero, respectivamente. En cuanto a la tendencia observada entre los años 1961 y 2018 se destaca un incremento en la temperatura mínima media entre 1,5 a 2 °C en los meses de verano, lo cual podría ser un impedimento para la eliminación de calor o enfriamiento de los animales durante los momentos más fríos del día. En su conjunto, la información existente indica la ocurrencia de estrés calórico en los sistemas de producción bovina de nuestra región.

En los últimos 25 años el sector ganadero se ha focalizado en incrementar la productividad a través de modificaciones en el ambiente y el manejo nutricional, sin embargo la búsqueda de

estrategias para paliar las consecuencias del estrés térmico no han sido debidamente abordadas ni desde la academia ni desde el sector productivo. Por el contrario, el incremento en la productividad alcanzado se ha asociado con una disminución en la plasticidad térmica y aumentó la sensibilidad a ambientes calurosos (Bernabucci, 2019). Los sistemas de producción de carne bovina de la República Argentina, en especial de la región pampeana, reúnen una serie de condiciones que aumentan la probabilidad de ocurrencia de estrés por calor, de las cuales varias son inherentes al sistema productivo (e.g. lugar físico de producción, raza) y no sería posible su modificación, por lo menos a corto y mediano plazo. Por ejemplo:

- La cría, recría y el engorde de los bovinos se realiza al aire libre, y por tanto la exposición a las condiciones naturales con escaso o nulo control de las variables ambientales reduce la previsibilidad de la respuesta animal.
- El desarrollo de las actividades al aire libre determina que las condiciones meteorológicas incidan en forma directa sobre la homeotermia de los animales (Bernabucci et al., 2010).
- La mayoría de los bovinos que se encuentran en la región pampeana pertenecen a la especie *Bos taurus*, que son más susceptibles a las altas temperaturas que los *Bos indicus* (Collier et al., 2019). La especie *Bos indicus* tiene menor tasa metabólica basal, menor resistencia a la transferencia de calor desde los tejidos hacia la piel, mayor cantidad de anastomosis arteriovenosas, mayor capacidad de transpiración y diferentes tipos de cubierta que la hace más tolerante al estrés calórico comparado con la especie *Bos taurus* (EFSA, 2012; Roland et al., 2016).
- Un gran porcentaje de los bovinos de la región posee una cubierta externa oscura que absorbe mayor cantidad de la radiación calórica y disminuye la tolerancia al estrés térmico (Bernabucci et al., 2010; EFSA, 2012; Summer et al., 2019).

El estrés por calor impacta negativamente sobre el consumo de alimento, la ganancia de peso, la producción de leche y la eficiencia reproductiva en roedores, bovinos, cerdos y ovinos, y la producción de huevos en aves (Johnson et al., 2015). En particular, la disminución del consumo de alimento sería un mecanismo fisiológico mediante el cual el animal reduce la producción de calor (Baumgard y Rhoads, 2013). Tradicionalmente se aceptó a esta reducción en el consumo como la principal causa de la disminución del desempeño productivo de los animales estresados por calor, pero estudios de los últimos años desafían y ponen en duda a esta afirmación (Baumgard y Rhoads, 2013; Johnson et al., 2015). Si bien existen diferencias entre especies (Rhoads et al., 2009; Wheelock et al., 2010; O'Brien et al., 2010; Mahjoubi et al., 2014), los trabajos indican que el estrés calórico no solo afecta negativamente a la ingesta de alimento, sino también, altera directamente el metabolismo y la partición de nutrientes (Johnson et al., 2015) y, en consecuencia, la productividad animal.

Los principales efectos directos del estrés por calor sobre el metabolismo incluyen el aumento de los niveles circulantes de insulina, de la oxidación de glucosa y de la gluconeogénesis hepática, disminución de la lipólisis y de los niveles plasmáticos de ácidos grasos no esterificados (AGNE), aumento de la proteólisis muscular y cambios en el equilibrio ácido/básico, entre otros. Se ha informado un aumento de la retención de lípidos en carcasa de cerdos y pollos, producto de una disminución de la lipólisis y un aumento de la lipogénesis, lo cual se contrapone con el estado catabólico al que está expuesto un organismo con estrés calórico, pero que se relaciona con los mayores niveles de insulina hallados en estos animales (Baumgard y Rhoads, 2013; Johnson et al., 2015).

Estos efectos directos del estrés calórico sobre el metabolismo e, indirectamente, sobre la productividad animal se explicarían por una alteración en la permeabilidad intestinal. Uno de los mecanismos fisiológicos para eliminar calor y mantener la homeotermia es dirigir mayor flujo de sangre hacia la piel. En casos severos, donde esta redistribución del flujo sanguíneo es importante, la irrigación del tracto digestivo puede verse comprometida. Esto causa hipoxia en el epitelio intestinal que altera la integridad de las uniones estrechas o "tight junctions", la morfología y la función de barrera del intestino. Estas alteraciones aumentan la probabilidad de

ingreso de bacterias y endotoxinas bacterianas (lipopolisacáridos, LPS) a la circulación, lo cual desencadena una respuesta inflamatoria aguda que explicaría gran parte de las modificaciones metabólicas observadas en animales con estrés térmico por calor (Baumgard y Rhoads, 2013). Ante esta respuesta inflamatoria, el sistema inmunológico se activa y, aparentemente, sería el responsable del incremento en el uso de glucosa (Kvidera *et al.*, 2017). Este incremento sustancial en la utilización de glucosa por las células del sistema inmunológico restaría sustrato energético a las funciones productivas (Baumgard y Rhoads, 2013; Johnson *et al.*, 2015; Kvidera *et al.*, 2017).

El aumento de la permeabilidad del tracto digestivo en animales con estrés por calor puede ser mayor en rumiantes que en monogástricos. Esto se debería a que el estrés por calor, además de lo antedicho, predispone al desarrollo de cuadros de acidosis ruminal (Bernabucci *et al.*, 2010) que afecta negativamente la función de barrera del epitelio del rumen (Khafipour *et al.*, 2009; Baumgard y Rhoads, 2013; Johnson *et al.*, 2015; Aschenbach *et al.*, 2019). El aumento en la incidencia de acidosis ruminal ante cuadros de estrés calórico se explicaría por:

- Disminución del consumo de alimento y tiempo de rumia y, en consecuencia, del aporte de buffers al rumen (Bernabucci *et al.*, 2010).
- Cambios en los patrones de consumo. Los animales disminuyen la ingesta durante las horas más calurosas del día y tratan de compensar con mayor consumo durante las horas más frescas (Lacetera, 2019).
- Redistribución de la sangre como mecanismo de termorregulación. Esto reduce el flujo sanguíneo al tracto digestivo, lo cual podría disminuir la absorción de ácidos grasos volátiles (AGV) y aumentar la concentración de iones hidrógeno en el rumen (Bernabucci *et al.*, 2010).
- Aumento de la frecuencia respiratoria. Los bovinos emplean al jadeo como mecanismo de eliminación de calor cuando la temperatura ambiente es cercana a su temperatura fisiológica. El aumento de la tasa de respiración debido al jadeo incrementa la exhalación de dióxido de carbono y predispone al desarrollo de alcalosis respiratoria (Lacetera, 2019). El riñón, en un intento de mantener la relación entre anión bicarbonato y dióxido de carbono en 20:1, aumenta la eliminación de bicarbonato, y queda disponible menor cantidad para ser incorporado en la saliva (Bernabucci *et al.*, 2010).
- Pérdida de bases por saliva. El babeo observado durante el jadeo conduce a pérdidas de saliva que no es incorporada al medio ruminal (Bernabucci *et al.*, 2010).

En su conjunto, los cambios en los patrones de consumo de alimento, la disminución del tiempo de rumia y, probablemente, de la absorción de AGV, y la pérdida de bases por el jadeo y la orina incrementan el riesgo de incidencia de acidosis ruminal clínica o subclínica en bovinos con estrés por calor. Por lo tanto, la acidosis ruminal y la hipoxia del tracto digestivo pueden coexistir y aumentar la permeabilidad de los epitelios. Esto podría revestir mayor importancia en situaciones donde se suman otros factores que predisponen al desencadenamiento de acidosis ruminal, como puede ser la alimentación con dietas altas en almidón y la exposición a alguna otra condición de estrés (Aschenbach *et al.*, 2019). Entre otras, en la práctica del destete precoz convergen ambos factores.

El estrés calórico puede incrementar los niveles plasmáticos de proteínas de fase aguda y enzimas hepáticas. La respuesta de fase aguda es inducida por citoquinas que actúan como mensajeros entre el sitio local de la injuria y los hepatocitos que sintetizan las proteínas de fase aguda, como por ejemplo la haptoglobina (Petersen *et al.*, 2004). La haptoglobina es una globulina que forma complejos muy estables con la hemoglobina libre en la sangre y tendría efectos bacteriostáticos, restringiendo el uso del hierro por parte de las bacterias (Petersen *et al.*, 2004). El ya enunciado aumento de la permeabilidad ruminal e ingreso de LPS a la circulación debido a cuadros de acidosis ruminal (Khafipour *et al.*, 2009) y el estrés ocasionado post-destete (Kim *et al.*, 2011), entre otros, pueden incrementar la producción de haptoglobina. Durante períodos de estrés por calor los niveles de haptoglobina podrían incrementarse, no solo debido al propio estrés, sino también por probables cuadros de acidosis ruminal concomitantes. La medición de haptoglobina plasmática puede ser usada como un indicador de estrés por calor en

rumiantes (Archana *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2018). Por otro lado, se observó un aumento de las enzimas transaminasa glutámico-oxalacética (GOT) y glutamato-piruvato transaminasa (GPT) en la sangre de terneros expuestos a niveles crecientes de ITH, indicativo de cierto efecto negativo del estrés calórico sobre la función hepática (Kim *et al.*, 2018).

Existe evidencia acerca de los impactos negativos del estrés térmico por calor sobre el sistema inmunológico (Yun *et al.*, 2014; Bagath *et al.*, 2019). Se han informado incrementos de las especies reactivas del oxígeno y disminución de agentes antioxidantes en el plasma de animales durante los meses de mayores temperaturas (Lacetera, 2019). Además, se ha comprobado que el estrés calórico, por medio de la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal y la consecuente liberación de cortisol, puede alterar el número de neutrófilos y linfocitos, su proliferación y la producción de diversas citoquinas, tales como interleucina-4 (IL-4), IL-5, IL-6, IL-12, interferón γ (IFN γ), factor de necrosis tumoral- α (TNF- α), etc. (Bagath *et al.*, 2019). De este modo, el estrés por calor puede comprometer la inmunidad celular y humoral, aumentar la susceptibilidad a enfermedades infecciosas y alterar la respuesta a las vacunas (Bagath *et al.*, 2019). Si a esto se le suman otros factores de estrés, como el ocasionado por la interrupción del contacto madre – hijo, el momento del destete en coincidencia con los meses más calurosos del año sería una etapa clave para la lucha contra el estrés térmico para reducir la incidencia de enfermedades y obtener resultados de inmunización exitosos.

Los niveles de zinc y cobre en sangre podrían ser indicadores de estrés agudo y complementar las mediciones de proteínas de fase aguda. Se ha observado que el estrés por calor disminuye los niveles séricos de zinc en vacas lecheras (Wegner *et al.*, 1973), mientras que el efecto opuesto ha sido publicado sobre la cupremia de bovinos expuestos a diferentes condiciones de estrés (Underwood y Suttle, 1999).

El destete precoz es una práctica que consiste en la interrupción temprana de la lactancia, aproximadamente a los 60 días de edad de la cría, con la finalidad de reducir los requerimientos nutricionales de la madre y mejorar los índices reproductivos. En la provincia de La Pampa, el destete precoz es una herramienta de uso estratégico y de amplia utilidad teniendo en cuenta la rápida pérdida de calidad que sufren los pastizales naturales en la región del Caldenal y en la zona semiárida central durante la época estival, sumado, probablemente, a la baja disponibilidad forrajera ocasionada por períodos de sequías. Si se tiene presente que la época de parición es entre los meses de agosto y octubre, la práctica del destete precoz o anticipado coincide, al menos en una proporción importante, con los meses de mayores temperaturas.

Entre las medidas a implementar para atenuar el impacto negativo del estrés por calor están las modificaciones físicas del ambiente, la selección genética y las estrategias nutricionales (Beede y Collier, 1986). La interceptación de la radiación solar mediante sombra natural o artificial es una de las medidas más rentables para disminuir el impacto negativo del estrés por calor en regiones cálidas, aunque su implementación podría no justificarse en regiones más templadas con baja frecuencia de estrés térmico (Beede y Collier, 1986). La temperatura de la superficie del suelo de un corral con sombra puede ser 20 a 26°C menor que la de un corral con radiación solar directa (Mittlöhner *et al.*, 2002; Sullivan *et al.*, 2011). La mayoría de los trabajos realizados en bovinos para carne reportan que durante los días de elevadas temperaturas ambiente, la provisión de sombra disminuye la temperatura corporal y/o la frecuencia respiratoria (Clarke y Kelly, 1996; Gaughan *et al.*, 2004; Brown-Brandl *et al.*, 2005; Gaughan *et al.*, 2010; Clariget *et al.*, 2018), y la proporción de animales con presencia de jadeo o con signos de estrés térmico severo (Gaughan *et al.*, 2010; Blaine y Nsahlai, 2011; Sullivan *et al.*, 2011; Hagenmaier *et al.*, 2016; Clariget *et al.*, 2018). No obstante, aunque el acceso a la sombra disminuye la carga de calor, no la elimina en su totalidad (Gaughan *et al.*, 2010; Sullivan *et al.*, 2011).

Si bien existe consistencia en la bibliografía acerca de los efectos positivos de la sombra sobre algunas variables fisiológicas en bovinos para carne, como temperatura corporal y frecuencia respiratoria, no es el caso cuando se evalúa su impacto sobre el desempeño productivo. En algunos trabajos la aplicación de sombra resultó en mayor consumo de alimento y ganancia de peso (Mittlöhner *et al.*, 2001; Mittlöhner *et al.*, 2002; Gaughan *et al.*, 2010; Clariget *et al.*

al., 2018), en particular cuando se analizan los períodos con ocurrencia de olas de calor. Los efectos sobre la eficiencia de conversión alimenticia (ganancia de peso dividido consumo de materia seca; ECA) fueron variables. La ECA resultó mayor cuando se proveyó sombra en el trabajo de Gaughan *et al.* (2010), pero no difirió en los trabajos de Mitlöhner *et al.* (2001 y 2002). En otros casos, la sombra no afectó el consumo ni la ganancia de peso (Clarke y Kelly, 1996; Mader *et al.*, 1999; Gaughan *et al.*, 2004; Davies *et al.*, 2011; Boyd *et al.*, 2015) o mejoró el consumo, pero como la ganancia no varió, la ECA resultó menor (Hagenmaier *et al.*, 2016). Aunque en el trabajo de Mader *et al.* (1999) el consumo y el aumento de peso no fueron afectados por la sombra, los autores observaron un efecto positivo sobre la ganancia de peso y la ECA durante los primeros 56 días de duración del experimento, lo cual sugeriría una posible aclimatación de los animales a las altas temperaturas que diluiría las ventajas de la sombra cuando se analiza el ciclo completo. En el trabajo de Sullivan *et al.* (2011), si bien el consumo de alimento disminuyó en todos los tratamientos cuando ocurrieron períodos de olas de calor, la reducción fue de mayor magnitud en los animales sin sombra (aproximadamente 50 %) que en los con sombra (10 %), similar a los resultados reportados por Clarke y Kelly (1996) y Gaughan *et al.* (2010). Las diferencias entre los trabajos podrían deberse a variaciones en la nutrición, el genotipo y características de la sombra, como el tipo de material, la estructura y la superficie sombreada por animal (Sullivan *et al.*, 2011). No obstante, más allá de la inconsistencia de los efectos de la sombra sobre variables de índole productiva, es necesario considerar las ventajas que posee sobre el bienestar animal, aspecto seriamente comprometido durante las épocas calurosas (Summer *et al.*, 2019).

La mayoría de los trabajos citados de los efectos de la sombra sobre el desempeño productivo de bovinos han sido realizados en el exterior y con animales en recría y engorde, siendo casi inexistente la disponibilidad de información para teneros de destete precoz en ambientes como los hallados en La Pampa. Existe un gran número de trabajos y revisiones bibliográficas acerca de los efectos del estrés térmico sobre vacas lecheras y sus crías (Bauman y Rhoads, 2013; Roland *et al.*, 2016), pero hay poca información relativa a terneros de razas carniceras. La baja tolerancia a condiciones extremas y los altos requerimientos nutricionales de la categoría de terneros de destete precoz, junto con la época en que generalmente se realiza esta práctica, hacen que la cuantificación de los efectos de la sombra sobre esta categoría cobre gran relevancia (Simeone *et al.*, 2011). Un trabajo realizado en Paysandú, Uruguay, mostró que terneros de destete precoz provistos de sombra tuvieron mayor ganancia de peso y menor frecuencia respiratoria (72 vs 93 movimientos del flanco/minuto) en comparación con los desprovistos de esta (Simeone *et al.*, 2011). El análisis de algunos parámetros bioquímicos indicadores de estrés y/o inflamación aguda puede contribuir a la comprensión de los efectos de las altas temperaturas sobre animales en crecimiento. Se han realizado trabajos de este tipo con novillos en fases de terminación (Clariget *et al.*, 2018), pero no se conoce de estudios con terneros. Por otro lado, es importante evaluar indicadores metabólicos en correspondencia con los períodos de temperaturas extremas, aparte del estudio a intervalos regulares y protocolizados *a priori*, a modo de visualizar posibles modificaciones que luego de transcurridos dichos períodos es probable que retornen rápidamente a sus niveles fisiológicos y no reflejen el estado metabólico ante la condición de estrés.

Además, el estrés calórico podría tener efectos residuales. En el caso de bovinos lecheros se demostró que el estrés por calor sufrido durante el período seco afecta negativamente la subsiguiente producción de leche (Tao y Dahl, 2013) y el peso al nacimiento y la producción en la primera lactancia de la descendencia (Monteiro *et al.*, 2016). Probablemente, aunque no se conocen trabajos al respecto, los terneros de razas carniceras expuestos a estrés térmico durante el verano manifiesten efectos residuales en la recría.

6. DESCRIPCIÓN del PROYECTO

6.1. PROBLEMA CIENTÍFICO, OBJETIVOS, HIPÓTESIS y RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

Problema científico

El estrés por calor tiene impactos negativos sobre el crecimiento, la eficiencia de conversión alimenticia, las características de carcasa, la producción y la calidad de leche, la reproducción y el sistema inmunológico de los animales. A su vez, incrementa los costos sanitarios e inclusive puede causar la muerte de animales (St. Perrie *et al.*, 2003; Baumgard y Rhoads, 2013). En su conjunto, el estrés calórico constituye una limitante para la producción bovina de carne, en especial, en aquellas zonas donde la problemática es relativamente reciente y los productores, asesores y personal de transferencia tecnológica no cuentan con los recursos técnicos y/o de conocimiento para enfrentar y mitigar sus impactos. En un contexto más global, estas reducciones en la productividad animal se contraponen con la creciente necesidad de la población humana por proteínas de alto valor nutricional. Por otro lado, más allá de los efectos enumerados, el bienestar animal se ve seriamente comprometido durante las épocas de mayores temperaturas, situación que, muy probablemente, se acrecienta durante los próximos años de acuerdo con las perspectivas sobre el cambio climático.

En las últimas décadas se lograron avances significativos para incrementar la productividad de los animales de interés zootécnico a través de la genética, modificaciones del ambiente y del manejo nutricional, pero no se han observado mejoras relevantes sobre la resistencia al estrés térmico. Peor aún, los animales de mayor potencial genético son más susceptibles a las altas temperaturas. El estrés térmico es uno de los problemas más costosos que enfrentan los productores y uno de los principales obstáculos para la producción animal eficiente en los países en desarrollo (Baumgard y Rhoads, 2013). La provincia de La Pampa no es ajena a esta problemática y, si bien existe amplia bibliografía sobre prácticas para aumentar la productividad y eficiencia de los rodeos de carne, la bibliografía local acerca de estrategias de mitigación del estrés térmico es escasa. Por otro lado, el momento del destete merece especial atención, más aún si se trata de un destete a temprana edad que, generalmente, coincide con las épocas de mayores temperaturas.

Por otro lado, existe evidencia acerca de los efectos negativos que tiene un crecimiento limitado durante las semanas posteriores al destete sobre las siguientes etapas de crecimiento y engorde (Tobal *et al.*, 2016; Moralejo *et al.*, 2016). Por estos motivos, creemos que son necesarios trabajos que estudien las bases fisiológicas del estrés térmico en bovinos de temprana edad, en coincidencia con otros estresores, *e.g.* nutricionales y de manejo, que permitan explicar el impacto de esta problemática sobre la producción y el bienestar animal. Además, en caso de existir efectos sobre el desempeño productivo de los animales, es de interés el estudio de posibles efectos residuales sobre la recría y terminación.

En este contexto, el problema científico que se plantea propone algunos interrogantes con importantes implicancias productivas:

- ¿En qué medida interactúan el estrés propio del destete, la adaptación a un nuevo ambiente y a dietas altas en concentrados con el estrés térmico?
- ¿Qué modificaciones fisiológicas, metabólicas y del grado de bienestar se producen en respuesta al estrés por calor de los terneros recientemente destetados? ¿Es diferente al de otras categorías?
- ¿Cómo responde el sistema inmune a los estresores ambientales, nutricionales y de manejo?
- ¿Existen consecuencias fisiológicas y productivas residuales de los estresores ambientales, nutricionales y de manejo?

Hipótesis

Dado que la ocurrencia de altas temperaturas en forma continua afecta el bienestar, estado de salud y desempeño productivo de los bovinos, a través de la inducción de mermas del consumo voluntario, modificaciones fisiológicas y metabólicas, como resultado del aumento de la permeabilidad del tracto gastrointestinal, se hipotetiza que la provisión de sombra durante la época estival a terneros de raza británica destetados precozmente disminuye el impacto directo y residual del estrés por calor, mediante una mejora del bienestar animal y una reducción del estado de inflamación, comparado con aquellos expuestos a la radiación solar directa.

Objetivo general

Caracterizar el efecto directo y residual del estrés calórico en terneros destetados precozmente durante la época estival en la región pampeana.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos de este trabajo son evaluar en terneros destetados precozmente en primavera – verano los siguientes aspectos:

- Efectos de la provisión de sombra artificial sobre parámetros fisiológicos y metabólicos, como la frecuencia respiratoria, la temperatura rectal, los distintos componentes del hemograma y la concentración sérica de glucosa y urea.
- Efectos de la provisión de sombra artificial sobre la concentración sérica de proteínas de fase aguda, como la haptoglobina, enzimas indicadoras de alteración hepática, como GOT y GPT, y la concentración plasmática de cobre y zinc.
- Efectos de la provisión de sombra artificial sobre variables indicadoras del desempeño productivo, como el consumo de materia seca, la ganancia de peso y la eficiencia de conversión alimenticia.
- Consecuencias de la provisión de sombra artificial sobre la respuesta inmunológica a la vacunación contra el virus de la Rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR), a través de la cuantificación de anticuerpos neutralizantes del Herpes virus bovino tipo 1 (HVB-1).
- Efecto residual del estrés por calor durante la recría pastoril sobre la ganancia de peso.
- Efecto residual del estrés por calor durante la terminación a corral en el verano siguiente sobre la temperatura corporal, la frecuencia respiratoria, la ganancia de peso, el consumo de alimento y la eficiencia de conversión alimenticia.

Resultados esperados

La comprensión del modo en que los individuos responden al estrés por calor en el corto, mediano y largo plazo, a través del estudio de indicadores fisiológicos, metabólicos y productivos permitirá implementar medidas de manejo con el objetivo de mitigar el impacto negativo de esta problemática, disminuir los costos de producción e incrementar la productividad y la rentabilidad de las empresas agropecuarias. Además, pueden abrirse nuevos interrogantes para estudios futuros.

6.2. METODOLOGÍA, MODELOS Y TÉCNICAS.

Lugar

El experimento será llevado a cabo en la Unidad Didáctica, Experimental y Productiva (UDEP) de la Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Pampa, situada a 6,2 km de la unidad académica, en el departamento Maracó, provincia de La Pampa.

Animales

Se utilizarán 36 bovinos machos, sin castrar, con una edad entre 60 y 90 días, de raza Aberdeen Angus, Hereford y sus cruza, provenientes de un rodeo de cría perteneciente a la

institución, ubicado en la zona del Bosque de Caldén, en la provincia de La Pampa, a 140 km al suroeste de General Pico.

Manejo general

El experimento será dividido en tres períodos: el primero (P1) evaluará el efecto de la sombra sobre los animales en corrales, y el segundo (P2) y el tercero (P3) evaluarán los efectos residuales del estrés por calor del P1 sobre la recría pastoril y la terminación a corral, respectivamente.

El **P1** comenzará en diciembre de 2020 y finalizará en febrero de 2021 (80 días de duración). Se usarán 12 corrales de 5 m de ancho × 30 m de largo, de los cuales, 6 tendrán sombra (con sombra, CS) y 6 estarán expuestos a la radiación solar directa (sin sombra, SS). Las estructuras de sombreado serán hechas a partir de medias sombras de nylon color negro de alta densidad y colocadas sobre la porción media de los corrales experimentales. Los 36 terneros se distribuirán aleatoriamente en cada uno de los 12 corrales (3 terneros por corral).

La dieta será la misma para ambos grupos y estará compuesta, en base materia seca (MS), por 50 % de grano de maíz entero, 30 % de un concentrado proteico comercial (45 % de proteína bruta) y 20 % de heno de alfalfa. Se hará una rutina de adaptación ruminal de 15 días, en la que, gradualmente, se incrementará el contenido de grano de maíz y se disminuirá el de heno de alfalfa, manteniendo fijo el concentrado proteico al 30 %. La ración será suministrada 2 veces al día, a las 8 y 18 h, y se permitirá libre acceso al agua de bebida.

Inmediatamente posterior a su arribo todos los animales recibirán una dosis de un antiparasitario inyectable (Doramectina) y serán vacunados contra enfermedades respiratorias y clostridiales bovinas (Providean Respi 8 Querato y Providean Clostridial 8, respectivamente, Tecnovax S.A., Bs. As.). Se colocará una segunda dosis de cada vacuna a los 20 días de la primera.

El **P2** comenzará en febrero de 2021 y finalizará en noviembre del mismo año (280 días, aproximadamente). La cadena forrajera estará compuesta por pasturas de alfalfa y verdeos de invierno. Los animales serán manejados en una sola tropa y estarán individualizados con caravanas para poder identificarlos, según el grupo al que fueron asignados en P1.

El **P3** comenzará en diciembre de 2021 y finalizará en marzo de 2022 cuando los animales serán enviados a faena (120 días, aproximadamente). Este período se desarrollará en condiciones de alimentación a corral, con una dieta compuesta por 75 % de grano de maíz entero, 10 % de un concentrado proteico comercial y 15 % de heno de alfalfa. Todos los animales (36) estarán en el mismo corral, el cual no contará con ninguna medida de mitigación para el estrés por calor.

Registro de variables meteorológicas

Se registrará diariamente la temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento y precipitaciones con una estación meteorológica ubicada en el campo experimental. Con los datos de temperatura y humedad relativa se hará el cálculo diario de ITH según la ecuación de Mader *et al.* (2006): $ITH = (0,8 \times TA) + [(HR \times 0,01) \times (TA - 14,4)] + 46,4$ Donde: TA, temperatura ambiente (°C) y HR, humedad relativa (%).

Variables fisiológicas

Estas mediciones serán hechas solamente durante las etapas a corral (P1 y P3).

La temperatura rectal de cada uno de los animales será medida con un termómetro digital, una vez por semana, a las 17:00 h.

Tres días por semana, en el mismo horario, se medirá la frecuencia respiratoria, para lo cual se contarán los movimientos del flanco durante 15 segundos y se multiplicarán por 4 para expresarlo en movimientos por minuto.

Se identificarán anticipadamente la ocurrencia de “olas de calor”. Se considerarán “olas de calor” a aquellos períodos con más de 3 días consecutivos con ITH mayores a 72. A modo de

anticiparse a estas olas de calor se revisará diariamente una serie de pronósticos meteorológicos nacionales (SMN; INTA). Diariamente, en los períodos de “olas de calor”, se registrará la frecuencia respiratoria y la temperatura rectal de cada uno de los animales a las 7:00 y 17:00 horas.

Consumo de alimento

El consumo de alimento será medido solamente en las etapas a corral. Las mediciones se harán durante 3 días consecutivos por semana a través de la metodología de oferta y rechazo a nivel de la unidad experimental (corral). Se tomará una muestra de cada suministro y rechazo para confeccionar un pool semanal y determinar el contenido de materia seca (MS) en estufa a 100°C de modo de ajustar la cantidad de alimento consumida en kg de MS.

Medición del peso vivo

Los animales serán pesados con una balanza electrónica, el primer día del experimento (día 0 de P1) y luego cada 20 días a las 7:00 h.

Con los datos de ganancia de peso y consumo de MS se calculará el valor de eficiencia de conversión alimenticia (ECA), como:

$$ECA = \frac{\text{Ganancia de peso}}{\text{Consumo de alimento}}$$

Determinaciones en sangre

Durante P1 y al momento del registro del peso vivo (5 muestras por animal) se tomarán muestras de sangre de un animal por corral (el animal será el mismo a lo largo del experimento). La sangre será extraída por medio de punción yugular y recolectada de tres maneras diferentes:

- En tubos de 20 ml con anticoagulante EDTA 3K para la realización del hemograma (recuento de glóbulos rojos, hematocrito, hemoglobina, índices eritrocitarios, recuento de glóbulos blancos y fórmula leucocitaria relativa) mediante un analizador automático Mindray BC-30s en el Laboratorio del Hospital Escuela de Animales Pequeños.
- En tubos de 10 ml con heparina, de los cuales se obtendrá el plasma por centrifugación para determinar la concentración de cobre y zinc por Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA), utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 5100 PC (Perkin Elmer, 1996), por medio de las técnicas de Allan (1961) y de Piper y Higgins (1967).
- En tubos de 10 ml se tomará otra muestra sin anticoagulante para la obtención del suero y la determinación de glucosa, urea, GOT y GPT por métodos colorimétricos (Laboratorio Wiener, Rosario, Argentina) mediante un autoanalizador (Intelligent Clinical Chemistry Analyzer, Diconex S.A., Bs. As., Argentina) y haptoglobina mediante un kit comercial de ELISA (Haptoglobin Assay, kit no. TP801, Tridelta Diagnostics Ltd., Irlanda) en el Laboratorio de Reproducción Animal de la FCV, UNLPam. Otra porción de suero será usada para cuantificar anticuerpos anti HVB-1 mediante ELISA y seroneutralización en el Laboratorio de Aseguramiento de Calidad de Tecnovax S.A., Buenos Aires. Excepto para la medición de la concentración de glucosa que será realizada durante el mismo día de la extracción de sangre, el suero será congelado a -20 °C hasta el momento de los análisis correspondientes.

Además, a los fines de evaluar efectos agudos del estrés térmico sobre parámetros metabólicos, se extraerán muestras de sangre durante el segundo día de iniciada cada ola de calor. Estas muestras serán tomadas a las 7 y a las 17 h, procediendo de igual manera a lo descrito en el párrafo anterior.

Caracterización de los alimentos

En P1 y P3 se tomarán muestras mensuales de los ingredientes de la dieta suministrada y serán enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal de la FCV, UNLPam. De cada una de estas

muestras, una porción será secada en estufa de flujo continuo a 100 °C para la determinación del contenido de MS, y otra porción será secada a 60 °C y molida con un molino Willey a 1 mm de diámetro para la determinación del contenido de proteína bruta, cenizas (AOAC, 2000), fibra en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991).

En P2 se tomarán muestras de las pasturas cada 15 días por medio del corte de la planta a la altura del puño en 10 sitios del potrero para luego confeccionar un pool y ser enviada al Laboratorio de Nutrición Animal de la FCV, UNLPam, para su caracterización, al igual que lo realizado con los ingredientes de la ración de P1.

Además, en P2 se estimará la disponibilidad forrajera antes y después del pastoreo. Para esto se cortará el forraje correspondiente a una superficie de 0,25 m², a ras del suelo y en 10 sitios diferentes de la parcela. El material cortado será pesado y luego referido a kg de materia verde por ha. Con el total del forraje cortado se confeccionará un pool que será secado en estufa de flujo continuo a 100 °C para determinar el contenido de MS y realizar el cálculo de disponibilidad de MS por ha.

Análisis estadístico

Las condiciones ambientales serán caracterizadas por estadística descriptiva de la temperatura ambiente, humedad relativa e ITH.

Los resultados del experimento para las variables consumo de materia seca, ganancia de peso, ECA, temperatura corporal, frecuencia respiratoria y características sanguíneas (glucosa, urea, haptoglobina, enzimas hepáticas, cobre, zinc, anticuerpos anti HVB-1 y componentes del hemograma) serán analizadas de acuerdo con un diseño completamente aleatorizado para dos tratamientos (SS y CS) con 6 repeticiones cada uno (unidad experimental de 3 terneros). Se utilizará un modelo lineal mixto que considere la falta de independencia entre las mediciones (medidas repetidas en el tiempo), con los efectos fijos de tratamiento, tiempo e interacción tratamiento × tiempo.

La relación entre las variables respuesta y las independientes se describirá por análisis de correlación y regresión.

Los análisis estadísticos se realizarán con el software InfoStat versión 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018).

6.3. CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y/O TECNOLÓGICO Y A LA RESOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS

El proyecto pretende estudiar los efectos del estrés por calor bajo condiciones ambientales naturales a nivel fisiológico y del desempeño productivo de terneros destetados precozmente y sus posibles efectos residuales sobre la recría y terminación. Además, pretende evaluar una estrategia de mitigación del estrés térmico a través de una medida de manejo, como lo es la provisión de sombra artificial. En general, las estrategias de manejo son de fácil transferencia al sector privado, de fácil implementación, no requieren demasiada inversión y su impacto es rápidamente comprobable mediante la medición de variables de rutina, como el control de la ganancia de peso, el consumo de alimento y la eficiencia de conversión alimenticia.

Por otro lado, este proyecto busca crear conciencia en la comunidad científica, asesores y productores de carne bovina acerca de la problemática del estrés térmico sobre la salud, la producción y el bienestar animal. Mediante la demostración de los efectos que tiene el estrés térmico sobre determinadas variables productivas, fisiológicas y metabólicas se pretende que los distintos sectores de la cadena de valor de la carne bovina tomen conciencia de la relevancia que tiene este tema en un mundo cada vez más demandante de alimentos y de proteínas de alta calidad, producidos bajo normas que aseguren el respeto al ambiente y el bienestar de los animales.

La información generada podrá ser utilizada por profesionales asesores (veterinarios y agrónomos) y productores que están requiriendo de pautas de manejo que permitan incrementar la eficiencia de producción de los rodeos ganaderos. Además, puede abrir nuevos campos de

experimentación en la comunidad científica para profundizar el estudio, específicamente a nivel metabólico, del estrés térmico sobre la producción animal en general.

6.4. CRONOGRAMA ANUAL DE ACTIVIDADES

Actividades	Año 2020											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Etapa experimental a corral (P1)												X

Actividades	Año 2021											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Etapa experimental a corral (P1)	X	X										
Etapa experimental a pastoreo (P2)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Determinaciones de laboratorio									X	X	X	X
Etapa experimental de terminación a corral (P3)												X

Actividades	Año 2022											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Etapa experimental de terminación a corral (P3)	X	X	X									
Determinaciones de laboratorio				X	X	X						
Análisis estadístico						X	X	X	X			
Revisión bibliográfica				X	X	X	X	X	X			
Confección y presentación de trabajos a congresos/jornadas									X	X	X	

7. INFRAESTRUCTURA Y PRESUPUESTO

7.1. INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO, SERVICIOS Y OTROS BIENES REQUERIDOS POR EL PROYECTO YA EXISTENTES EN ESTA INSTITUCIÓN:

Instalaciones de la Unidad Didáctica, Experimental y Productiva (UDEP), Laboratorio de Reproducción Animal, Laboratorio de Nutrición Animal y Laboratorio del Hospital Escuela de Animales Pequeños de la FCV, UNLPam. Este último será necesario para hacer los análisis hematológicos (hemogramas) por contar con el equipamiento necesario (analizador automático Mindray BC-30s).

7.2. INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO, SERVICIOS Y OTROS BIENES NECESARIOS PARA EL PROYECTO Y NO DISPONIBLES EN ESTA FACULTAD

Laboratorio de Aseguramiento de Calidad de Tecnovax S.A.

7.3. JUSTIFICACIÓN DE LA ADQUISICIÓN O FACTIBILIDAD DE ACCESO EN CONDICIONES DE PRESTAMO O USO DE LOS BIENES NO EXISTENTES EN ESTA INSTITUCIÓN

El Laboratorio de Aseguramiento de Calidad de Tecnovax S.A. cuenta con profesionales idóneos en la determinación serológica de anticuerpos y con el equipamiento necesario para estos fines. Investigadores de la FCV de este proyecto irán a capacitarse en el momento del análisis de las muestras a fines de interiorizarse en las técnicas de ELISA y seroneutralización con el objetivo de poder ponerlas a punto y poder llevarlas a cabo en un futuro en nuestra institución.

7.4. ESPECIFICAR OTRAS FUENTES DE FINANCIACIÓN:

Tecnovax S.A. financiará el 100 % de las determinaciones de anticuerpos anti HVB-1.

Por su parte, la Cooperadora de la FCV de la UNLPam financiará el 100 % de los alimentos necesarios durante P1 y P3 (grano de maíz, concentrado proteico y henos).

7.5. PRESUPUESTO ESTIMADO PARA EL PROYECTO PRESENTADO (Total y Anual)*

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Total (\$)
Análisis de alimentos	300,00	23	7.000,00
Kit determinación glucemia, Laboratorio Weiner.	2.500,00	2	5.000,00
Kit determinación uremia, Laboratorio Weiner.	6.500,00	2	6.500,00
Kit determinación GOT, Laboratorio Weiner.	2.500,00	2	5.000,00
Kit determinación GPT, Laboratorio Weiner.	2.500,00	2	5.000,00
Determinación de cobre en plasma	200,00	100	20.000,00
Determinación de zinc en plasma	200,00	100	20.000,00
Kit determinación haptoglobina, Tridelta LTD	40.000	2	80.000
Anticoagulante EDTA, Laboratorio Weiner.	3.600,00	1	3.600,00
Termómetro Por Infrarrojo Laser Testo 830-T4	19.000,00	1	19.000,00
Termómetro para sonda tipo T Testo 926	21.200,00	1	21.200,00
Total			192.300,00

Presupuesto anual: \$ 96.150,00

* El Consejo Directivo adjudicará presupuesto a cada Proyecto de acuerdo a su Presupuesto de Ciencia y Técnica anual, tomando en cuenta normas y criterios que el mismo determine

8.1. BIBLIOGRAFÍA

Allan, J.E. 1961. The determination of zinc in agricultural materials by atomic absorption spectrophotometry. *Analyst* 86:530-534.

AOAC. 2000. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. USA.

Archana, P.R.; Aleena, J.; Pragna, P.; Vidya, M.K.; Abdul Niyas, P.A.; Bagath, M.; Krishnan, G.; Manimaran, A.; Beena, V.; Kurien, E.K.; Seijan, V.; Bhatta, R. 2017. Role of heat shock proteins in livestock adaptation to heat stress. *Journal of Dairy, Veterinary and Animal Research*, 5:13-19.

Aschenbach, J.R.; Zebeli, Q.; Patra, A.K.; Greco, G.; Amasheh, S.; Penner, G.B. 2019. Symposium review: The importance of the ruminal epithelial barrier for a healthy and productive cow. *Journal Dairy Science*, 102:1866-1882.

Bagath, M.; Krishnan, G.; Devaraj, C.; Rashamol, V.P.; Pragna, P.; Lees, A.M.; Seijan, V. 2019. The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: A review. *Research in Veterinary Science*, 126:94-102.

Baumgard, L.H.; Rhoads, R.P. 2013. Effects of heat stress on post-absorptive metabolism and energetics. *Annual Reviews of Animal Biosciences*, 1:311-337.

Beede, D.K.; Collier, R.J. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science*, 62:543-554.

Bernabucci, N. 2019. Climate change: impact on livestock and how can we adapt. *Animal Frontiers*, 9: 3-5.

Bernabucci, U.; Lacetera, N.; Baumgard, L. H.; Rhoads, R. P.; Ronchi, B.; Nardone, A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4:1167-1183.

Blaine, K.L.; Nsahlai, I.V. 2011. The effects of shade on performance, carcass classes and behavior of heat-stresses feedlot cattle at the finisher phase. *Tropical Animal Health Production*, 43:609-615.

Boyd, B.M.; Shackelford, S.D.; Hales, K.E.; Brown-Brandl, T.M.; Bremer, M.L. Sprangler, M.L.; Wheeler, T.L.; King, D.A.; Erickson, G. 2015. Effects of shade and feeding zilpaterol hydrochloride to finishing steers on performance, carcass quality, heat stress, mobility, and body temperature. *Faculty Papers and Publications in Animal Science*. Disponible en línea: <http://digitalcommons.unl.edu/animalscifacpub/880>

- Brown-Brandl, T.M.; Eigenberg, R.A.; Nienaber, J.A.; Hahn, G.L. 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, part 1: Analyses of Indicators. *Biosystems Engineering*, 90:451-462.
- Casagrande, G.A.; Deanna, M.E.; Farrell, A. Babinec, F. 2012. Estadísticas agroclimáticas de la EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". Período 1973-2011. Publicación Técnica N° 88. Ediciones INTA, EEA INTA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", Anguil, La Pampa, Argentina.
- Clariget, J.M.; Banchemo, G.; Aznárez, V.; Perez, E.; Roig, G.; Luzardo, S.; Fernandez, E.; La Manna, A. 2018. Mitigación del estrés calórico en novillos terminados a corral. *Revista Argentina de Producción Animal*, 38:1-13.
- Clarke, M.R.; Kelly, A.M. 1996. Some effects of shade on Hereford steers in a feedlot. *Proceedings of Australian Society of Animal Production*, 21:235-238. Disponible en línea: <http://www.asap.asn.au/livestocklibrary/1996/Clarke96.PDF>
- Collier, R.J.; Baumgard, L.H.; Zimbelman, R.B.; Xiao, Y. 2019. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. *Animal Frontiers*, 9: 12-19.
- Davies, P.; Méndez, D.; Pighin, D. 2011. Efecto de la disponibilidad de sombra en verano sobre la ganancia de peso de novillos en engorde a corral en el noroeste bonaerense. Disponible en línea: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_mt2012_davies_efecto_disponibilidad.pdf
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW); Scientific Opinion on the welfare of cattle kept for beef production and the welfare in intensive calf farming systems. *EFSA Journal* 2012; 10(5):2669. 166 pp. doi:10.2903/j.efsa.2012.2669. Available online: www.efsa.europa.eu/efsajournal
- Gaughan, J.B.; Bonner, S.; Loxton, I.; Mader, T.L.; Lisle, A.; Lawrence, R. 2010. Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 88:4056-4067.
- Gaughan, J.B.; Tait, L.A.; Eigenberg, R.; Bryden, W.L. 2004. Effect of shade on respiration rate and rectal temperature of Angus heifers. *Animal Production in Australia*, 25:69-72.
- Hagenmaier, J.A.; Reinhardt, C.D.; Bartle, S.J.; Thomson, D.U. 2016. Effect of shade on animal welfare, growth performance, and carcass characteristics in large pens of beef cattle fed a beta agonist in a commercial feedlot. *Journal of Animal Science*, 94:5064-5076.
- Hahn, G.L.; Gaughan, J.B.; Mader, T.L.; Eigenberg, R.A. 2009. Capítulo 5: Thermal indices and their applications for livestock environments. En DeShazer, J.A., ed. *Livestock Energetics and Thermal Environmental Management*, p. 113-130. St. Joseph, Mich.: ASABE. Copyright 2009 American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.
- Johnson, J.S.; Abuajamieh, M.; Sanz Fernandez, M.V.; Seibert, J.T.; Stoakes, S.K.; Nteeba, J.; Keating, A.F.; Ross, J.W.; Rhoads, R.P.; Baumgard, L. 2015. Thermal stress alters postabsorptive metabolism during pre- and postnatal development. In: *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation*. Sejian, V.; Gaughan, J.; Baumgard, L.; Prasad, C. (eds.). Springer India 2015. 532 pp.

- Khafipour, E.; Krause, D.O.; Plaizier, J.C. 2009. A grain-based subacute ruminal acidosis challenge causes translocation of lipopolysaccharide and triggers inflammation. *Journal of Dairy Science*, 92:1060-1070.
- Kim, M.H.; Yang, J.Y.; Upadhaya, S.D.; Lee, H.J.; Yun, C.H.; Ha, J.K. 2011. The stress of weaning influences serum levels of acute-phase proteins, iron-binding proteins, inflammatory cytokines, cortisol, and leukocyte subsets in Holstein calves. *Journal of veterinary science*, 12:151-157.
- Kim, W.S.; Lee, J.S.; Jeon, S.W.; Peng, D.Q.; Kim, Y.S.; Bae, M.H.; Jo, Y.H.; Lee, H.G. 2018. Correlation between blood, physiological and behavioral parameters in beef calves under heat stress. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31:919-925.
- Kvidera, S.K.; Horst, E.A.; Abuajamieh, M.; Mayorga, E.J.; Sanz Fernandez, M.V.; Baumgard, L.H. 2017. Glucose requirements of an activated immune system in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100:2360-2374.
- Lacetera, N. 2019. Impact of climate change on animal health and welfare. *Animal Frontiers*, 9:26-31.
- Mader, T.L.; Dahlquist, J.M.; Hahn, G.L.; Gaughan, J.B. 1999. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *Journal of Animal Science*, 77:2065-2072.
- Mader, T.L.; Davis, M.S.; Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 84:712-719.
- Mahjoubi, E.; Amanlou, H.; Mirzaie-Alamouti, H.R.; Aghaziarati, N.; Hossein Yazdi, M.; Noori, G.R.; Yuan, K.; Baumgard, L.H. 2014. The effect of cyclical and mild heat stress on productivity and metabolism in Afshari lambs. *Journal of Animal Science* 92:1007–1014.
- Mitlöhner, F.M.; Galyean, M.L.; McGlone, J.J. 2002. Shade effect on performance, carcass traits, physiology and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *Journal of Animal Science*, 80:2043-2050.
- Mitlöhner, F.M.; Morrow, J.L.; Dailey, J.W.; Wilson, S.C.; Galyean, M.L.; Miller, M.F.; McGlone, J.J. 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 79:2327-2335.
- Monteiro, A.P.A.; Tao, S.; Thompson, I.M.T.; Dahl, G.E. 2016. In utero heat stress decreases calf survival and performance through the first lactation. *Journal of Dairy Science*, 99:8443-8450.
- Moralejo, R.; Pordomingo, A.J.; Tobal, C.; Gelid, L.F. 2016. Efectos de la restricción proteica durante la recría en novillos terminados en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 36 (1):233.
- O'Brien, M.D.; Rhoads, R.P.; Sanders, S.R.; Duff, G.C.; Baumgard, L.H. 2010. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Domestic Animal Endocrinology*, 38:86-94.
- Perkin Elmer. 1996. Analytical methods for atomic absorption spectroscopy. The Perkin- Elmer Corporation. Branford, Connecticut (USA). 300 p.
- Petersen, H.H.; Nielsen, J.P.; Heegaard, P.M.H. 2004. Application of acute phase protein measurements in veterinary clinical chemistry. *Veterinary Research*, 35:163-87.
- Piper, K.G.; Higgins, G. 1967. Estimation of trace metals in biological material by atomic absorption spectrophotometry. *Proceedings of the Association of Clinical Biochemists*, 4:190-195.
- Rhoads, M.L.; Rhoads, R.P.; Van Baale, M.J.; Collier, R.J.; Sanders, S.R.; Weber, W.J.; Crooker, B.A.; Baumgard, L.H. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science* 92:1986–1997.
- Roland, L.; Drillich, M.; Klein-Jöbstl, D.; Iwersen, M. 2016. Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. *Journal of Dairy Science*, 99:2438-2452.
- Servicio Meteorológico Nacional. smn@smn.gov.ar
- Simeone, A.; Beretta, V.; Elizalde, J.; Caorsi, C.J. 2011. Cuantificando la importancia de la sombra en un corral de terneros destetados precozmente. In: *Alimentación a corral en sistemas*

- ganaderos: ¿Cuándo y cómo? 13ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne. UPIC. Facultad de Agronomía UdeLAR. p 16-21.
- St. Pierre, N.R.; Cobanov, B.; Schnitkey, G. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*, 86:E52-E77.
- Sullivan, M.L.; Cawdell-Smith, A.J.; Mader, T.L.; Gaughan, J.B. 2011. Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 89:2911-2925.
- Summer, A.; Lora, I.; Formaggioni, P.; Gottardo, F. 2019. Impact of heat stress on milk and meat production. *Animal Frontiers*, 9: 39-46.
- Tao, S.; Dahl, G.E. 2013. Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *Journal of Dairy Science*. 96:4079-4093.
- Tobal, C.; Pordomingo, A.J.; Moralejo, R.; Gelid, L.F. 2016. Efectos de la restricción proteica durante la recría en novillos terminados a corral. *Revista Argentina de Producción Animal*, 36 (1):232.
- Underwood, E.J.; Suttle, N.F. 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd CAB International, Wallingford (UK). 614 p. 3^o ed.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3568-3597.
- Wegner, T.N.; Ray, D.E.; Lox, C.D.; Stott, G.H. 1973. Effect of stress on serum zinc and plasma corticoids in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 56:748-752.
- Wheelock, J.B.; Rhoads, R.P.; Van Baale, M.J.; Sanders, S.R.; Baumgard, L.H. 2010 Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 93:644–655.
- Yun, C.H.; Wynn, P.; Ha, J.K. 2014. Stress, acute phase proteins and immune modulation in calves. *Animal Production Science* 54:1561-1568.