

**Manejo de sistemas productivos**

Artículo de investigación científica y tecnológica

# Factores limitantes de la tasa de destete en sistemas de producción de carne bovina en la región criadora de la provincia de La Pampa, Argentina

Factors Limiting the Weaning Rate in Beef Production Systems in the Breeding Region of La Pampa Province, Argentina

 Pablo Mauricio Vázquez <sup>1\*</sup>  Maria del Carmen Rojas <sup>1</sup>  Ezequiel Alejandro Fernández <sup>2</sup>  
 Ana Clara Gonzalez <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Universidad Nacional de La Pampa. La Pampa, Argentina.

\*Autor de correspondencia: Pablo Mauricio Vázquez, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Av. Rivadavia 1439, Buenos Aires, Argentina.  
vazquez.pablo@inta.gov.ar

Recibido: 16 de septiembre de 2021  
Aprobado: 29 de noviembre de 2021  
Publicado: 13 de enero de 2023

*Editor temático:* Hernando Flórez Díaz,  
(Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]),  
Villavicencio, Colombia.

Para citar este artículo: Vázquez, P. M., del Carmen Rojas, M., Fernández, E. A., & González, A. C. (2023). Factores limitantes de la tasa de destete en sistemas de producción de carne bovina en la región criadora de la provincia de La Pampa, Argentina. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(2), e2712.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol24\\_num2\\_art:2712](https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2712)

**Resumen:** La zona criadora de la provincia de La Pampa, en Argentina, está caracterizada por una tasa de destete promedio inferior al 60 %, por lo que se decidió analizar el grado de relación existente entre factores ambientales y de manejo con las tasas de destete de terneros obtenidas en la región. Se seleccionaron 180 establecimientos al azar en la zona (15 % del total), caracterizada por un clima árido-semiárido, reconstruyendo su información climática y productiva para el periodo 2004-2017. Las variables explicatorias y el objetivo fueron categorizados como 0 y 1 y analizados mediante tablas de contingencia ( $\chi^2$ ,  $\alpha = 0,10$ ), donde la probabilidad de ocurrencia de las asociaciones significativas se estimó mediante Odd Ratio (OR). Las variables de estrés térmico, precipitación acumulada de verano-otoño inferior a la media y balance hídrico por animal negativo presentaron probabilidades significativas del 60 % de estar asociadas a destetes bajos (OR = 1,5, 1,6 y 1,45, respectivamente). Así, es prioritario definir políticas para mejorar el acceso al agua e incorporar razas más rústicas y tolerantes a altas temperaturas.

**Palabras clave:** agua, árido-semiárido, cambio climático, estrés térmico, ganado bovino, temperatura.

**Abstract:** The cattle breeding area of the province of La Pampa, Argentina is characterized by a 60 % average weaning rate. The degree of relationship between environmental and management factors and the weaning rates obtained in the region was analysed. A total of 180 farms (15% of total) were randomly selected in the area, characterized by an arid-semiarid climate, and their climatic and productive information was reconstructed for the period 2004-2017. The explanatory and target variables were categorized as 0 and 1, and analysed using contingency tables ( $\chi^2$ ,  $\alpha = 0,10$ ). The probability of occurrence of significant associations was estimated by Odd Ratio (OR). The variables heat stress, below-average cumulative summer-autumn rainfall and negative water balance per animal had significant probabilities of 60 % of being associated with low weaning (OR = 1,5, 1,6 and 1,45, respectively). It is a priority to define policies to improve access to water and to incorporate more rustic breeds tolerant to high temperatures.

**Keywords:** Cattle, Water, Arid-semiarid, Climatic change, Temperature, Thermic stress.



## Introducción

La ganadería de cría extensiva se distribuye a nivel mundial en zonas semiáridas y áridas, caracterizadas por temperaturas elevadas y de reducida calidad y disponibilidad de agua y forraje, donde no es posible desarrollar con éxito otras actividades agropecuarias, sin embargo, estos sistemas de producción están caracterizados por una baja carga animal y bajos índices de procreo (Viglizzo, 2014).

Algunas variables, como la carga ganadera, la ubicación de las aguadas, la sombra y las características del pastizal (terreno y vegetación), tienen un impacto significativo en el comportamiento del ganado en pastoreo. Cuando los pastizales son extensos y las fuentes de agua escasas, el ganado sobrepastorea las zonas más cercanas a las aguadas, lo que provoca un deterioro del estado del pastizal y un desaprovechamiento de las zonas alejadas de estas (Blanco et al., 2008; Rivero et al., 2021).

Aunque el ganado puede recorrer grandes distancias en busca de forraje, su eficiencia de cosecha disminuye notablemente más allá de los tres km desde la fuente de agua. Esto es especialmente notorio en razas británicas durante veranos muy calurosos (Herrera Conegliano et al., 2022; Hunt et al., 2014; Nyamuryekung'e et al., 2021).

El estrés térmico puede afectar severamente la tasa de fecundación y la supervivencia de embriones en razas no adaptadas a elevadas temperaturas. Esta condición compromete la esteroidogénesis, reduce la viabilidad de los ovocitos y favorece la mortalidad posnatal por hipertermia en genotipos no adaptados (Brown-Brandl, 2018; Kassab et al., 2020). Por su parte, el balance energético negativo agudo es una de las principales causas de mortalidad embrionaria en rodeos de cría.

El fuego es un importante factor ecológico en muchos ecosistemas de climas semiáridos-áridos, influyendo en la estructura y la composición de la vegetación; donde este suele ser utilizado para gestionar la vegetación de las zonas de pastoreo: controlar la vegetación leñosa y mantener un sotobosque productivo, eliminar el material herbáceo senescente para facilitar su rebrote con mayor calidad y reducir el riesgo de incendios forestales destructivos (Briske, 2017).

Se sabe que Argentina experimenta un proceso de intensificación del sistema productivo ganadero durante los últimos 30 años, por lo que los cambios ocurridos en su cría bovina son el resultado de la competencia por la tierra con otros productos agropecuarios, el deterioro de los recursos naturales, la lenta adopción de tecnología, la rentabilidad y la incapacidad de generar un conjunto de políticas útiles para sostener y mejorar la productividad (Arelovich et al., 2011). Desarrollada en tres cuartas partes del territorio nacional, bajo condiciones áridas o semiáridas, la ganadería de cría estancó su porcentaje de destete en un 60 % a nivel nacional, valor que es superado por otros países en condiciones ambientales similares (Arceo, 2017; Viglizzo, 2014).

La provincia de la Pampa dispone de diez millones de hectáreas dedicadas principalmente a esta actividad, correspondientes a la región del Espinal (semiárido) y el Monte Occidental (árido). El porcentaje de destete provincial es similar a la media histórica nacional (60 %), con valores promedios de 59 % para el semiárido y 50 % para el árido (Senasa, 2021), donde estas dos regiones se caracterizan por la utilización de grandes parcelas de pastoreo (> 500 ha), con escasos puntos de distribución de agua, pobres en cantidad y calidad (Umazano et al., 2005). Debido a

ello, el pastoreo afecta la heterogeneidad espacial, generando extensas áreas subutilizadas y zonas cercanas a las aguadas muy degradadas por defoliación extrema. El proceso de arbustización, provocado en parte por el inadecuado manejo del pastoreo, afecta casi a cuatro millones de hectáreas (Vázquez et al., 2013) y esta situación es una severa limitación para el desarrollo de la ganadería de cría, con impacto directo sobre la capacidad de carga animal (Blanco et al., 2008).

La normativa provincial vigente sobre la conservación de bosques nativos, Ley 2624 de 2012, estableció estrategias de intervención controlada sobre todas las áreas definidas en la categoría II del ordenamiento territorial de los bosques nativos. La presencia de doce eventos climáticos adversos en La Pampa, entre 2008 y 2021 (Vázquez, 2021), está asociada a un proceso de cambio climático detectado en la región central de Argentina, caracterizado por un aumento significativo de la temperatura y precipitaciones extremas (Basile et al., 2021). Esto representa un importante reto a superar, ya que los modelos más conservadores pronostican, para el periodo 2015-2099, eventos de estrés calóricos en bovinos cada vez más frecuentes para la región (Armendano et al., 2020).

Por su parte, los acuíferos de la región son generalmente de poco espesor, con escaso rendimiento y de regular o mala calidad para la actividad pecuaria (Umazano et al., 2005), lo que limita severamente la posibilidad de aumentar la carga animal en un área de aproximadamente un millón de hectáreas (Adema, 2015).

Todos estos factores limitantes interactúan entre sí y condicionan el desarrollo del sistema criador, donde la productividad es controlada por la disponibilidad del recurso más escaso. Además, solo se lograrán progresos significativos cuando la tecnología aplicada considere la jerarquía de estas limitantes.

El objetivo de este trabajo fue analizar la asociación existente entre los factores: agua, forraje, carga animal, temperatura, arbustización y fuego, con la tasa de destete del sistema productivo a escala regional y cuantificar la magnitud de sus impactos en la región criadora de la provincia de La Pampa, Argentina. Resultado de la investigación fue notar que la producción de terneros es afectada por limitantes que actúan de manera jerárquica y estas deberán ser atendidas en ese orden para lograr impactos productivos positivos en la región.

## Materiales y métodos

### Selección de establecimientos

Se realizó una selección de 180 establecimientos al azar (15 % del total) en la zona criadora de la provincia de la Pampa, Argentina (-37° latitud, -66° longitud), caracterizados por un ambiente semiárido-árido en el sentido este-oeste. Para representar correctamente los establecimientos con destetes promedios superiores al 65 %, se estimó el tamaño muestral según el cálculo de razón de probabilidad con tamaño poblacional conocido (Lwanga & Lesmehow, 1991):

$$n = N * Z^2 * p * (1 - p) / (N - 1 * e^2 + Z^2 * p * (1 - p)) \quad (1)$$

Donde:

$n$  = tamaño de muestra mínimo (156)

$N$  = tamaño población objetivo (5000)

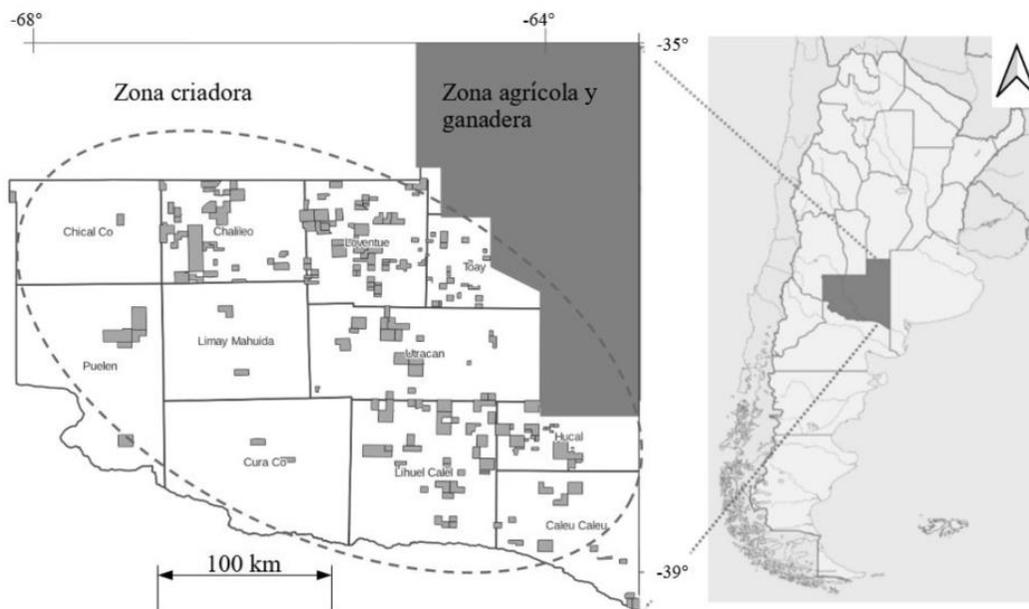
$Z$  = nivel de confianza (1,95)

$P$  = probabilidad a favor (0,12) (estadísticas del Senasa 2004-2017)

$1 - P$  = probabilidad en contra (0,88)

$e$  = error de estimación (0,05)

Una condición fue que todos los establecimientos estuvieran identificados con sus números de Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (Renspa). Esta identificación facilitó la reconstrucción de la información climática y productiva seriada del periodo 2004-2017 (figura 1). Así, la caracterización climática regional se analizó a partir de series temporales completas de temperatura del aire del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2020) y pluviométricas del Global Precipitation Climatology Centre (gpcc) (Schneider et al., 2018; Ziese et al., 2014) en grillas de  $0,5^\circ$ , correspondientes al periodo 1980-2020.



**Figura 1.** Distribución espacial de los establecimientos analizados en la zona criadora de la provincia de La Pampa

Fuente: Elaboración propia

Las relaciones ternero/vaca registradas durante las campañas de vacunación antiaftósica (periodo 2004-2017) fueron corregidas a partir de las declaraciones de movimiento de hacienda (Senasa, 2021), por lo que se seleccionaron 10 variables relacionadas con la disponibilidad de agua, forraje, temperatura y arbustización.

### ***Calidad de agua (Cal\_agua)***

Se generó un mapa de calidad de agua para bebida de ganado con base en la información físico-química de 1850 perforaciones realizadas en toda la región (Instituto de Hidrología de Llanuras & Secretaría de Recursos Hídricos, 2021) según normas de calidad establecidas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA (Sager, 2001), donde:

Sales totales = residuo seco( $\text{gl}^{-1}$ ) (2) y

Sales beneficiosas( $\text{gl}^{-1}$ ) = Sales totales – Sulfatos( $\text{SO}_4^{-2}$ ) (3)

Así, se complementó la información con las concentraciones halladas de arsénico (As) y flúor (F) y el agua con valores superiores a 0,3 y 2,0 ppm, respectivamente, fueron consideradas no aptas.

### ***Precipitación acumulada en otoño-invierno-primavera y verano-otoño (PPT OIP, PPT VO)***

Se analizó la precipitación previa y durante la fecha de servicio provista por un modelo de precipitación global (Schneider et al., 2018) validado para la provincia (Vázquez et al., 2013).

### ***Porcentaje del establecimiento incendiado (% de fuego)***

Se cuantificó la superficie afectada por fuego durante la temporada de incendios (noviembre-marzo) en cada establecimiento, a partir de digitalización directa sobre imágenes “near real time” (NRT) Modis Terra y Aqua de 250 m de resolución espacial, bandas 7-2-1, suministradas por la NASA (<https://lance.modaps.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?subset=LaPampa>).

### ***Presencia de arbustización (arbustización)***

Se utilizó un modelo desarrollado para la provincia de La Pampa que identificó procesos arbustivos en unidades de 260 hectáreas (Vázquez et al., 2016), basado en el algoritmo *Seasonal Trend Decomposition by Loess* (Lu, 2003), y se estimó el coeficiente de área arbustizada del establecimiento como:

$\text{ArbPred} = \text{arb}_{\text{STL}}(\text{ha}) / \text{establecimiento}(\text{ha})$  (4), donde:

ArbPred = coeficiente de arbustización del establecimiento.

$\text{arb}_{\text{STL}}(\text{ha})$  = hectáreas clasificadas con procesos arbustivos por algoritmo STL.

Establecimiento (ha) = hectáreas del establecimiento.

Para ajustar estos resultados a la situación predial, se analizó mediante el procedimiento no paramétrico Mann-Kendall (Terrset, 18.3 ©Clark University, 2017) dentro de estas unidades y la

tendencia de la cobertura de bosques a partir de la serie temporal (anual) del producto MOD44B del sensor Modis (Hansen et al., 2002), ajustada a los valores de los inventarios de bosque nativos realizados en 2018 (Roberto & Carreño, 2018). Se consideró como valor de corte  $Z \geq |1,95|$  ( $\alpha = 0,05$ ). Finalmente, se definió arbustización como:

Arbustización = ArbPred/Z medio anual (5), donde:

Arbustización  $\geq 1$ : hay proceso arbustivo ( $\approx \geq 30\%$  del establecimiento con arbustización).

Arbustización  $< 1$ : no hay proceso arbustivo importante.

### ***Carga térmica ambiental (estrés)***

Se estimó el estrés en todos los establecimientos monitoreados durante los 14 años estudiados a partir de temperaturas de superficie ( $T_s$ ), determinadas a partir de sensores remotos (Nicolòs et al., 2010). La  $T_s$  posee la capacidad de reflejar la influencia de la humedad relativa, la radiación incidente y la velocidad del viento (Sánchez et al., 2007), parámetros involucrados en el cálculo de indicadores de estrés calórico, como el índice de Temperatura-Humedad (THI) y el índice de carga calórica (HLI). Ello se estimó como:

$$\text{Estrés} = T_{s_{t(e-f)}} - T_{s_{2002-2020(e-f)}} \quad (6)$$

donde:

$T_{s_{t(e-f)}}$ : temperatura de superficie media del establecimiento, periodo enero-febrero, durante el año analizado.

$T_{s_{2002-2020(e-f)}}$ : temperatura de superficie media histórica del establecimiento, periodo enero-febrero (2002-2020).

Además, se utilizaron composiciones de ocho días de temperatura de superficie del sensor Modis Aqua (producto MYD11A2) con resolución espacial de  $1 \text{ km}^2$ , para el periodo 2002-2020.

### ***Distancia a las aguadas (distancia)***

Se censaron los pozos de agua (visualización de tanques australianos) y tajamares mediante imágenes de alta resolución espacial (0,5-2,0 m), disponibles entre los años 2010-2017 (©SAS.Planet, 2017) y se eliminaron del análisis los tanques secos. Una vez censadas las fuentes de agua (figura 5), se calculó la distancia media de cada establecimiento a las mismas mediante el procedimiento *Varcost* y *Distance* (Terrset, 18.3 ©Clark University, 2017) y se consideró que 2500 m es una distancia crítica a partir de la cual existe aprovechamiento mínimo del forraje para equilibrar posibles errores de omisión de aguadas (Bavera, 2011).

### ***Balance hídrico (BalHid)***

Se calculó la carga animal promedio anual, expresada en equivalente vaca (e.v.) (Cocimano et al., 1975) y se asumió un consumo de 70 l de agua diario por e.v., valor que refleja la mayor demanda diaria por animal adulto de razas británicas durante la lactancia o el periodo de calor intenso (Bavera, 2011). La demanda anual de agua del establecimiento se definió como:

$$\text{Demanda de agua anual (l)} = \text{e.v. establecimiento} * 70 \text{ l/e.v.} * 365 \text{ días} \quad (7)$$

La oferta anual de agua se estimó a partir del número de pozos funcionales, acceso al agua de acueductos y tajamares censados en los establecimientos; mientras que la cantidad de agua aportada por día se estimó a partir de los caudales de extracción recomendados (Instituto de Hidrología de Llanuras & Secretaría de Recursos Hídricos, 2009). Por su parte, el aporte de los tajamares se calculó estimando el volumen de cada uno, la precipitación registrada, la eficiencia de captación y la evapotranspiración local estimada por sensores remotos (Rivas, 2004). En promedio, estos tienen una dimensión de 60 x 40 x 2 m. y posteriormente se estimó el volumen de agua aportado como:

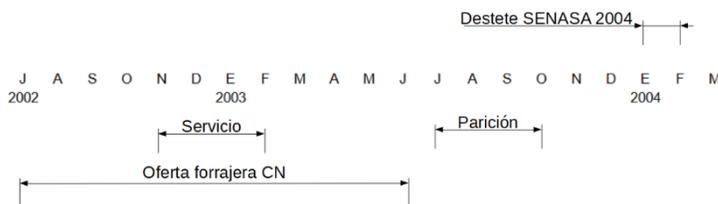
$$\text{Oferta agua anual (l)} = \Sigma[\text{pozos} * \text{caudal(l/h)} * \text{bombeo diario(h)}] + \text{aguatajamares(l)} \quad (8)$$

Finalmente se definió BalHid como:

$$\text{BalHid} = \text{Oferta de agua anual} - \text{Demanda de agua anual} \quad (9)$$

### ***Balance forrajero (BalFor)***

Se consideraron los requerimientos energéticos de los bovinos presentes en cada establecimiento y la oferta forrajera anual estimada a partir de los aportes del campo natural, pasturas y verdeos, expresados en e.v. (Cocimano et al., 1975), con lo que se modeló la producción forrajera anual del campo natural (oferta forrajera 1 kg MS ha/año) del año correspondiente al momento de servicio (Vázquez et al., 2016) (figura 2).



**Figura 2.** Esquema de cálculo de oferta forrajera del campo natural por establecimiento (CN) considerando el momento de servicio como periodo crítico para afectar el destete

Fuente: Elaboración propia

El aporte forrajero de cada recurso implantado se estimó considerando la eficiencia del uso del agua de los principales recursos forrajeros de la zona (Moreyra et al., 2014) y la precipitación registrada durante el ciclo de crecimiento (Schneider et al., 2018). Sobre una máscara de actividad

agrícola, se definieron parámetros biométricos en 14 series temporales anuales de 12 composiciones de NDVI (Vázquez et al., 2013). Con ellos se identificó la superficie ocupada por pasturas y verdes de invierno y verano (oferta forrajera 2).

$$\text{Oferta forrajera (2)} = \text{E. U. A. (kg MS/ha * mmagua}^{-1}) * \text{ppt(mm) * área(ha)} \quad (10)$$

Donde:

E. U. A.= eficiencia del uso del agua de pastura y verdes

ppt= precipitación

y

$$\text{BalFor} = [\text{Oferta forrajera 1 + 2}](\text{e. v.}) - \text{Demanda forrajera (e. v.)} \quad (11)$$

### Análisis estadístico

Se analizó el grado de asociación existente entre factores ambientales y de manejo con las tasas de destete de terneros obtenidas en la región, mediante el test no paramétrico de tablas de contingencia (Whitley & Ball, 2002). Las variables fueron categorizadas en 0 y 1, considerándose (1) a las relaciones ternero/vaca < 0,65 y a todas las condiciones de factores ambientales y de manejo que las favorecen (tabla 1). Su asociación fue probada mediante el test Chi-cuadrado de Pearson, ( $\chi^2$ ,  $\alpha = 0,10$ ).

**Tabla 1.** Sistematización y codificación de variables

Variables	Codificación	
	0	1
<b>Objetivo</b>		
Ternero/vaca	≥ 65 %	< 65 %
<b>Explicatorias</b>		
Cal_agua	Muy buena a regular	Mala a no apta
PPT OIP	≥ 80 % media	< 80 % media
PPT VO	≥ 80 % media	< 80 % media
% de fuego	≤ 20 %	> 20 %
% de bosque	≥ 20 %	< 20 %
Arbustización	< 1 (no arbustizado)	≥ 1 (arbustizado)
Estrés	Hasta 5 °C > a la media	+ de 5 °C > a la media
Distancia	≤ 2500 m	< 2500 m
BalHid	≥ 0	< 0
BalFor	≥ 0	< 0

Nota aclaratoria: calidad de agua (Cal\_agua); precipitación acumulada en otoño-invierno-primavera (PPT OIP); precipitación acumulada en verano-otoño (PPT VO); porcentaje del establecimiento incendiado (% de fuego); presencia de arbustización (arbustización); carga

térmica ambiental (estrés); distancia a las aguadas (distancia); balance hídrico (BalHid) y balance forrajero (BalFor).

Fuente: Elaboración propia

Para estimar la probabilidad de que una condición esperada esté presente en un grupo de la población frente al riesgo que ocurra en otro, se calculó el *odds ratio* de cada combinación significativa obtenida en la tabla de doble entrada (Cerdeira et al., 2013) como:

Odds ratio =  $(a/c)/(b/d)$ , (12) donde:

a = cantidad de resultados deseados obtenidos a partir de la aplicación de un tratamiento.

c = cantidad de resultados deseados obtenidos sin la aplicación de un tratamiento.

b = cantidad de resultados no deseados obtenidos a partir de la aplicación de un tratamiento.

d = cantidad de resultados no deseados obtenidos sin la aplicación de un tratamiento.

El intervalo de confianza se calculó como:

$$IC(95\%) = e^{(\ln(Odds\ ratio) \pm 1,96 * (1/a + 1/b + 1/c + 1/d)^{0,5})} \quad (13)$$

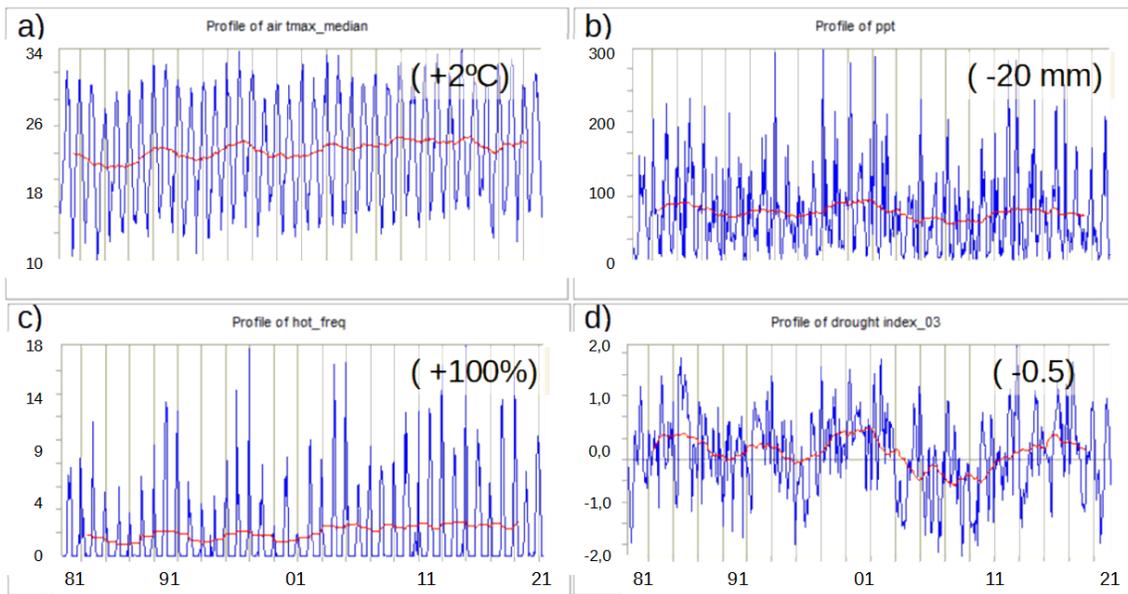
La probabilidad se estimó como en Whitley & Ball (2002):

$$Probabilidad (\%) = Odds\ ratio / (Odds\ ratio + 1) \quad (14)$$

## Resultados

### Caracterización de variables explicativas

Los parámetros climáticos observados en la provincia de La Pampa presentaron variaciones durante los últimos 40 años. Las temperaturas del aire máximas medias mensuales se incrementaron en 2 °C, la precipitación media mensual disminuyó 20 mm, se duplicó la frecuencia de días con temperaturas superiores a 35 °C y los valores de estrés hídrico trimestrales pasaron de un valor medio de 0,5 (moderadamente húmedo) durante la primera mitad del ciclo evaluado a -0,5 (moderadamente seco) en la segunda mitad (figura 3).

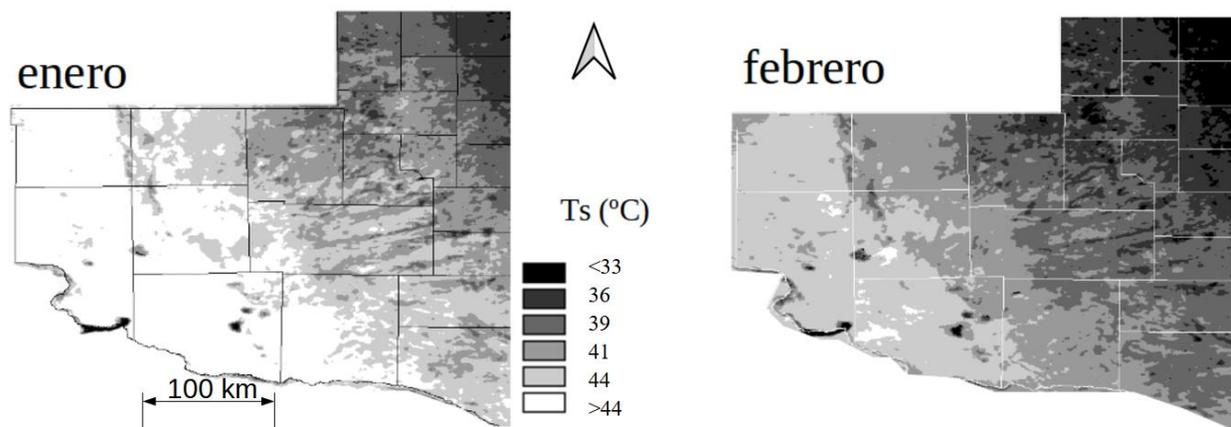


**Figura 3.** Valores medios mensuales observados y evolución de parámetros climáticos (valor entre paréntesis) en la zona de cría de la provincia de la Pampa, periodo 1980-2020.

Notas aclaratorias: a) temperatura máxima del aire, b) precipitaciones, c) frecuencia de días con temperaturas > 35 °C y d) índice de sequía trimestral.

Fuente: Elaboración propia

La carga térmica del periodo enero-febrero, analizado a partir de  $T_s$ , afectó a nueve de los diez millones de hectáreas de la región, con tendencia ascendente durante el periodo 2002-2020 (figura 4).



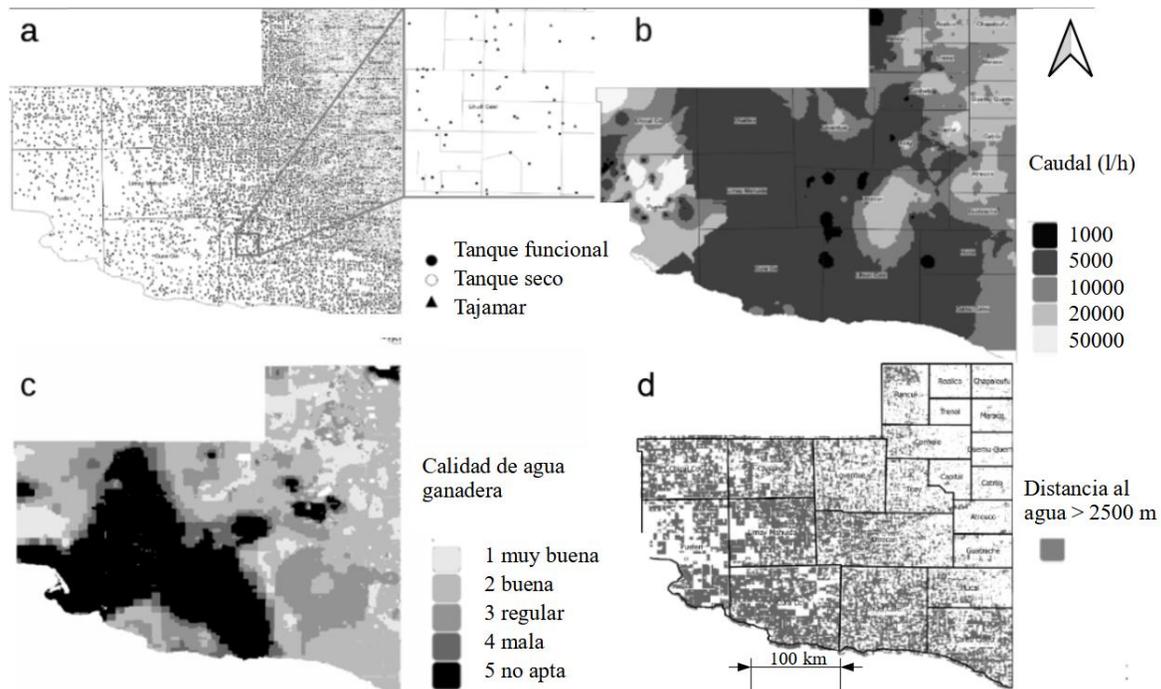
**Figura 4.** Temperaturas de superficie ( $T_s$ ) medias registradas en la provincia de La Pampa para los meses de enero y febrero, periodo 2002-2020

Fuente: Elaboración propia

### Factores limitantes de la relación ternero/vaca

La información obtenida a partir de los censos de fuentes de agua permitió reconstruir la calidad, la disponibilidad de agua y el balance hídrico a escala predial (figura 5).

La relación ternero/vaca  $< 0,65$  estuvo asociada significativamente a cargas térmicas ambientales elevadas (estrés = 1), precipitaciones estivales por debajo de la media histórica (PPT VO = 1) y balances hídricos del rodeo negativos (BallHid = 1) (tabla 2).



**Figura 5.** Reconstrucción de factores asociados a la disponibilidad de agua a escala predial en la provincia de La Pampa

Nota aclaratoria: a) censo de tanques australianos y tajamaras, b) caudales de pozos (l/h), c) calidad de agua para el ganado según la escala de Sager (2001) y d) distancia a las aguadas.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.** Odds Ratio (OR), intervalo de confianza (IC) y probabilidad (p) de ocurrencia de una relación ternero/vaca (Te/vc) < 0,65 en la provincia de La Pampa, en función de las variables analizadas

Variable	Código	N	Te/Vc < 0.65	$\chi^2$	sig.	OR	IC	p	
Estrés	1	296	77 %	7,249	0,007	**	1,5	(1,2-1,9)	60%
	0	1280	69 %						
PPT VO	1	776	75 %	15,678	0,001	***	1,6	(1,3-1,9)	61%
	0	800	66 %						
BalHid	1	580	75 %	9,236	0,002	**	1,4	(1,2-1,7)	60%
	0	996	68 %						
BalFor	1	979	70 %	0,001	0,969	ns			
	0	597	70 %						
PPT OIP	1	979	70 %	0,001	0,969	ns			
	0	597	70 %						
Arbustización	1	770	71 %	0,321	0,571	ns			
	0	806	70 %						
% de fuego	1	25	68 %	0,061	0,805	ns			
	0	1551	70 %						
Cal_agua	1	395	72 %	0,693	0,405	ns			
	0	1181	70 %						
Distancia	1	878	71 %	0,844	0,358	ns			
	0	698	69 %						
% de bosque	1	95	73 %	0,276	0,599	ns			
	0	1481	70 %						

\*:  $\alpha=0,10$ , \*\*:  $\alpha=0,05$ , \*\*\*:  $\alpha=0,001$ , ns: no significativo

Nota aclaratoria: calidad de agua (Cal\_agua); precipitación acumulada en otoño-invierno-primavera (PPT OIP); precipitación acumulada en verano-otoño (PPT VO); porcentaje del establecimiento incendiado (% de fuego); presencia de arbustización (arbustización); carga térmica ambiental (estrés); distancia a las aguadas (distancia); balance hídrico (BalHid) y balance forrajero (BalFor).

Fuente: Elaboración propia

La combinación estrés = 1, BalHid = 1 y BalFor = 1 tuvo una probabilidad del 83 % de obtener relaciones ternero/vaca < 0,65 (tabla 3).

**Tabla 3.** Odds ratio (OR), intervalo de confianza (IC) y probabilidad (p) de ocurrencia de una relación ternero/vaca (Te/vc) < 0,65 en función de la carga térmica (estrés), balance hídrico (BalHid) y balance forrajero (BalFor) en la provincia de La Pampa

Var 1	Código	Var 2 - Var3	Código	n	Te/Vc < 0,65	$\chi^2$	sig.	OR	IC	p		
Estrés	1	BalHid – BalFor	1 - 1	94	83 %	6,1	0,014 *	4,8	(1,5-15,2)	83 %		
			1 - 0	10	50 %							
			0 - 1	180	75 %						0	1,000 ns
			0 - 0	12	75 %							
	0	BalHid – BalFor	1 - 1	260	73 %	0,324	0,569 ns					
			1 - 0	216	75 %							
			0 - 1	445	64 %						1,032	0,31 ns
			0 - 0	359	68 %							

\*:  $\alpha=0,10$ , \*\*:  $\alpha=0,05$ , \*\*\*:  $\alpha=0,001$ , ns: no significativo

Fuente: Elaboración propia

La variable distancia no estuvo asociada a relaciones ternero/vaca < 0,65, pero permitió explicar el proceso arbustivo presente en la zona de cría. Los establecimientos con distancias medias a las aguadas mayores a 2500 m tuvieron una probabilidad de 66 % de estar afectados por procesos arbustivos y de 80 % si hubo incendios (tabla 4).

**Tabla 4.** Odds ratio (OR), intervalo de confianza (I.C) y probabilidad (p) de ocurrencia de procesos arbustivos (Arbust = 1) en función de la distancia a las aguadas (distancia) y ocurrencia de incendios (% de fuego).

Variable 1	Variable 2	Código	n	Arbust = 1	$\chi^2$	sig.	OR	IC	P			
Distancia		1	609	67 %	31,336	0,000	***	1,9	(1,6-2,3)	66 %		
		0	672	52 %								
Distancia	Fuego%	1-1	14	79 %	5,345	0,021	*	4,1	(1,4-12,0)	80 %		
		1-0	864	47 %								
		0-1	11	36 %							0,831	0,362 ns
		0-0	687	50 %								

\*:  $\alpha=0,10$ , \*\*:  $\alpha=0,05$ , \*\*\*:  $\alpha=0,001$ , ns: no significativo

Fuente: Elaboración propia

## Discusión

Las altas temperaturas estivales presentes en la región ( $T > 35\text{ °C}$ ) afectaron significativamente el rendimiento productivo de los bovinos y la incorporación de genotipos más rústicos o la suplementación de animales con selenio y zinc son opciones que han permitido incrementar las tasas de destete en un 25 % en condiciones similares (Burns et al., 2010; Nyamuryekung'e et al., 2021; Kassab et al., 2020).

Por su parte, las precipitaciones estivo-otoñales afectan directamente la producción forrajera y la persistencia de los pastizales. La mayor frecuencia de periodos secos y días con temperaturas elevadas halladas en este trabajo son situaciones características del proceso de cambio climático instaladas en la región (Armendano et al., 2020; Basile et al., 2021), coincidentes con lo hallado en otras zonas de pastoreo a escala mundial (Briske, 2017).

El balance hídrico animal en la región de estudio está ajustado a una demanda promedio de 35 l de agua por animal por día, valor característico en razas británicas. Esto es insuficiente si se consideran los 65 l requeridos durante los periodos de máximo requerimiento, afectando negativamente la capacidad de servicio, fertilidad y lactancia (Wagner & Engle, 2021).

El análisis espacial indicó que siete de las diez millones de ha están a más de 2500 m de distancia de una fuente de agua. Esto significa que 70 % de la superficie no es pastoreada eficientemente y el 30 % restante es sometida a sobrepastoreo, favoreciendo los procesos arbustivos (Blanco et al., 2008; Vázquez et al., 2016). Esta característica es una condición frecuente en áreas de pastoreo de zonas áridas y semiáridas de América, África y Australia (Briske, 2017).

Las razas índicas y criollas pueden desplazarse a mayores distancias en busca de forraje durante los periodos de altas temperaturas, comparadas con las razas británicas. Su locomoción y su capacidad de desplazarse a mayores distancias es una propiedad heredable en los bovinos, característica que permitiría desarrollar mayores índices de aprovechamiento de las parcelas de pastoreo (Nyamuryekung'e et al., 2021; Rivero et al., 2021).

Es de considerar que las altas temperaturas estivales y la escases de agua imponen la necesidad de evaluar e incorporar tecnologías no consideradas aún en la región para incrementar la producción de carne. Estas limitantes presentan una jerarquía superior a otras más comúnmente intervenidas y su control permitirá evidenciar los beneficios de aplicar tecnologías enfocadas a la disponibilidad y la calidad forrajera, el manejo reproductivo o el control de enfermedades.

## Conclusiones

Los resultados hallados indican que el sistema criador de la provincia de La Pampa debería ser replanteado si se desea incrementar sensiblemente su nivel productivo. Deberán considerarse la escasez de agua en la región y el aumento de las temperaturas estivales pronosticadas como limitantes a superar. La incorporación de rusticidad al ganado bovino ante las condiciones de cambio climático actual (y a futuro) debe ser considerado estratégicamente durante el proceso

de reestructuración del sistema criador, similar a lo ocurrido en países con condiciones equivalentes.

## Contribución de los autores

Pablo Mauricio Vázquez: definición de variables a analizar, construcción y análisis del sistema de información geográfico, análisis estadísticos, interpretación de datos y escritura. María del Carmen Rojas: análisis estadístico, construcción de las gráficas y figuras, escritura y revisión del artículo. Ezequiel Fernandez: adecuación y depuración de la base de datos histórica de existencias ganaderas provinciales y revisión del artículo, Ana Clara González: Adquisición de fotografías, definición de variables a analizar y revisión del artículo.

## Implicaciones éticas

No existen implicaciones éticas.

## Conflicto de interés

Los autores manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

## Financiación

El trabajo fue realizado con recursos destinados a la investigación por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, Proyecto Estructural Eje 1\_PI 001 Eficiencia y sostenibilidad en cría y recría vacuna y por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria SENASA.

## Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

## Referencias

Adema, E. (2015). Manejo integral de aguas para uso ganadero en el semiárido-árido de La Pampa. *INTA - Boletín de Divulgación Técnica*, 110. [https://www.produccion-animal.com.ar/agua\\_bebida/258-inta\\_divulgacion\\_tecnica\\_110.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/258-inta_divulgacion_tecnica_110.pdf)

- Arceo, N. (2017). La evolución del ciclo ganadero argentino en la segunda fase del modelo sustitutivo de importaciones. *América Latina en la Historia Económica*, 24(3), 161. <https://doi.org/10.18232/alhe.813>
- Arelovich, H. M., Bravo, R. D., & Martínez, M. F. (2011). Development, characteristics, and trends for beef cattle production in Argentina. *Animal Frontiers*, 1(2), 37-45. <https://doi.org/10.2527/af.2011-0021>
- Armendano, J., Monterubbianesi, G., Chayer, R., Pasqualini, M., Späth, E., Odeon, A., Echarte, L., & Callejas, S. (2020). Cambio climático y estrés por calor en bovinos para carne en provincia de Buenos Aires 1. Análisis estacional. *43º Congreso Argentino de Producción Animal. Ambiente y Producción Animal* [Virtual]. [https://www.researchgate.net/publication/346526839\\_Cambio\\_climatico\\_y\\_estres\\_por\\_calor\\_en\\_bovinos\\_para\\_carne\\_en\\_provincia\\_de\\_Buenos\\_Aires\\_1\\_Analisis\\_estacional](https://www.researchgate.net/publication/346526839_Cambio_climatico_y_estres_por_calor_en_bovinos_para_carne_en_provincia_de_Buenos_Aires_1_Analisis_estacional) <https://doi.org/10.2527/af.2011-0021> [Climate change and heat stress in beef cattle of the Buenos Aires province 1 Seasonal analysis](https://www.researchgate.net/publication/346526839_Cambio_climatico_y_estres_por_calor_en_bovinos_para_carne_en_provincia_de_Buenos_Aires_1_Analisis_estacional)
- Basile, S. M., Tognetti, J. A., Gandini, M. L., & Rogers, W. J. (2021). Climate Change in the Argentinean wheat region: Temperature and precipitation at two contrasting sites. *Research Square*, 17. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-435416/v1>
- Bavera, G. (2011). *Aguas y aguadas para el ganado* (4ta ed.). Imberti-Bavera. [https://www.produccion-animal.com.ar/libros\\_on\\_line/76-Aguas\\_y\\_Aguadas\\_4a\\_CD.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/76-Aguas_y_Aguadas_4a_CD.pdf)
- Blanco, L. J., Aguilera, M. O., Paruelo, J. M., & Biurrun, F. N. (2008). Grazing effect on NDVI across an aridity gradient in Argentina. *Journal of Arid Environments*, 72(5), 764-776. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.10.003>
- Briske, D. D. (2017). *Rangeland Systems: Processes, Management and Challenges*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46709-2>
- Brown-Brandl, T. M. (2018). Understanding heat stress in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47(0). <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>
- Burns, B. M., Fordyce, G., & Holroyd, R. G. (2010). A review of factors that impact on the capacity of beef cattle females to conceive, maintain a pregnancy and wean a calf- Implications for reproductive efficiency in northern Australia. *Animal Reproduction Science*, 122(1-2), 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.04.010>
- Cerda, J., Vera, C., & Rada, G. (2013). Odds ratio: Aspectos teóricos y prácticos. *Revista Médica de Chile*, 141(10), 1329-1335. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872013001000014>
- Cocimano, M., Lange, A., & Menvielle, E. (1975). Estudio sobre equivalencias ganaderas. *Producción Animal*, 4, 161-190.
- Hansen, M. C., De Fries, R. S., Townshend, J. R., Marufu, L., & Sohlberg, R. (2002). Development of a MODIS tree cover validation data set for Western Province, Zambia. *Remote Sensing of Environment*, 83(1-2), 320-335. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00080-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00080-9)
- Herrera Conegliano, O. A., Blanco, L. J., Utsumi, S. A., Cibils, A. F., Cendoya, M. G., Jaimes, F., Moltoni, A. F., & Ricci, P. (2022). Foraging behavior of Argentine Criollo and Angus cows grazing semi-desert rangelands in the Arid Gran Chaco region of Argentina. *Journal of Arid Environments*, 206, 104827. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104827>
- Hunt, L. P., McIvor, J. G., Grice, A. C., & Bray, S. G. (2014). Principles and guidelines for managing cattle grazing in the grazing lands of northern Australia: Stocking rates, pasture

- resting, prescribed fire, paddock size and water points - a review. *The Rangeland Journal*, 36(2), 105. <https://doi.org/10.1071/RJ13070>
- Instituto de Hidrología de Llanuras & Secretaría de Recursos Hídricos. (2009). *Base de Datos Hidrológica de la provincia de La Pampa*. <http://www.bdh.lapampa.gov.ar>
- Kassab, A., Hamdon, H., Senosy, W., Daghash, H., & Soliman, A. (2020). Impact of antioxidants supplementation on metabolic status and reproductive performance of aberdeen Angus cows during seasonal thermal stress in arid subtropical regions. *Egyptian Journal of Animal Production*, 57(1), 1-11. <https://doi.org/10.21608/ejap.2020.92753>
- Lu, H. (2003). Decomposition of vegetation cover into woody and herbaceous components using AVHRR NDVI time series. *Remote Sensing of Environment*, 86(1), 1-18. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00054-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00054-3)
- Lwanga, S. K., & Lesmehow, S. (1991). *Determinación del tamaño de las muestras en los estudios sanitarios: Manual práctico*. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/37589>
- Moreyra, F., Giménez, F., López, J., Tranier, E., Real Ortellado, M., Krüger, H., Mayo, A., & Labarthe, F. (2014). *Verdeos de invierno: Utilización de verdes de invierno en planteos ganaderos del sudoeste bonaerense*. Ediciones INTA. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-verdeos-de-invierno\\_1.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-verdeos-de-invierno_1.pdf)
- Nyamuryekung'e, S., Cibils, A. F., Estell, R. E., McIntosh, M., Van Leeuwen, D., Steele, C., González, A. L., Spiegel, S., Reyes, L. A., Rodríguez Almeida, F. A., & Anderson, M. (2021). Foraging behavior and body temperature of heritage vs. Commercial beef cows in relation to desert ambient heat. *Journal of Arid Environments*, 193, 104565. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104565>
- Niclòs, R., Estrela, M. J., Valiente, J. A., & Barberà, M. (2010). Análisis de correlaciones entre la temperatura del aire y la temperatura de las superficies vegetadas medida con radiometría térmica. *Revista de Teledetección*, 34, 36-43. <https://xdoc.mx/documents/analisis-de-correlaciones-entre-la-temperatura-del-aire-y-la-5ceaf2ce46291>
- NOAA. (2020). *NOAA Global Surface Temperature Dataset*. <https://www.ncei.noaa.gov/>
- Rivero, M. J., Grau-Campanario, P., Mullan, S., Held, S. D., Stokes, J. E., Lee, M. R., & Cárdenas, L. M. (2021). Factors Affecting Site Use Preference of Grazing Cattle Studied from 2000 to 2020 through GPS Tracking: A Review. *Sensors*, 21(8), 2696. <https://doi.org/10.3390/s21082696>
- Roberto, Z. E., & Carreño, L. V. (2018). *Estado actual del Bosque Nativo Pampeano: Tipos fisonómicos de vegetación*. Ediciones INTA. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/2895>
- Sager, R. (2001). Calidad de agua de bebida. Relación con la suplementación mineral y problemas sanitarios. Herramientas para un negocio ganadero competitivo. *Herramientas para un negocio ganadero competitivo*. Congreso de Ganadería de Zonas Áridas y Semiáridas, San Luis, Argentina. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Sánchez, J. M., Caselles, V., & Coll, C. (2007). Análisis de una metodología para la estimación de la evapotranspiración real diaria mediante teledetección a una escala regional. *Revista de Teledetección*, 27, 71-79. <http://www.aet.org.es/revistas/revista27/AET27-07.pdf>
- Schneider, U., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Ziese, M., & Becker, A. (2018). *Global Precipitation Analysis Products of the GPCC*. Alemania: Global Precipitation Climatology Centre.

- [https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/GPCC/PDF/GPCC\\_intro\\_products\\_v2018.pdf](https://opendata.dwd.de/climate_environment/GPCC/PDF/GPCC_intro_products_v2018.pdf)
- Senasa. (2021, diciembre 31). *Bovinos y Bubalinos Sector Primario*. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/senasa/mercados-y-estadisticas/estadisticas/>
- Terrset. 2017. 18.3, (c) Clark University. <https://clarklabs.org/download/>
- Umazano, A. M., Adema, E., & Aimar, S. (2005). Tajamares: Una tecnología alternativa para la zona árida-semiárida de La Pampa. *Ediciones INTA*, 52. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/82004>
- Vázquez, P. (2021). *Emergencia Agropecuaria en la provincia de La Pampa. Sequía. Julio 2020-Marzo 2021* [informe técnico]. Buenos Aires: EEA Anguil, Ediciones INTA. <https://inta.gob.ar/documentos/emergencia-agropecuaria-en-la-provincia-de-la-pampa-sequia-julio-2020-marzo-2021>
- Vázquez, P., Adema, E., & Fernández, B. (2013). Dinámica de la fenología de la vegetación a partir de series temporales de NDVI de largo plazo en la provincia de La Pampa. *Ecología Austral*, 23(2), 77-86. <https://doi.org/10.25260/EA.13.23.2.0.1163>
- Vázquez, P., Adema, E., Llorens, E. M., Butti, L., Poey, S., Stefanazzi, I., & Babinec, F. (2016). Modelado y predicción de la productividad neta de forraje en el árido-semiárido de la provincia de La Pampa. *Ediciones INTA*, 35. [https://www.researchgate.net/publication/328342530\\_Modelado\\_y\\_prediccion\\_de\\_la\\_productividad\\_neta\\_de\\_forraje\\_en\\_el\\_arido-semiarido\\_de\\_la\\_provincia\\_de\\_La\\_Pampa](https://www.researchgate.net/publication/328342530_Modelado_y_prediccion_de_la_productividad_neta_de_forraje_en_el_arido-semiarido_de_la_provincia_de_La_Pampa)
- Viglizzo, E. F. (2014). 2. Sistemas ganaderos y tecnología: Estado actual y prospectiva. En M. Cauhepe (ed.), *Manejo de la Cría Vacuna en la Región Pampeana* (pp. 19-37). Hem. Sur. [https://www.researchgate.net/publication/314417046\\_Sistemas\\_ganaderos\\_y\\_tecnologia\\_estado\\_actual\\_y\\_prospectiva](https://www.researchgate.net/publication/314417046_Sistemas_ganaderos_y_tecnologia_estado_actual_y_prospectiva)
- Wagner, J. J., & Engle, T. E. (2021). Invited Review: Water consumption, and drinking behavior of beef cattle, and effects of water quality. *Applied Animal Science*, 37(4), 418-435. <https://doi.org/10.15232/aas.2021-02136>
- Whitley, E., & Ball, J. (2002). Statistics review 6: Nonparametric methods. *Critical Care*, 6(6), 509. <https://doi.org/10.1186/cc1820>
- Ziese, M., Schneider, U., Meyer-Christoffer, A., Schamm, K., Vido, J., Finger, P., Bissolli, P., Pietzsch, S., & Becker, A. (2014). The GPCC Drought Index - a new, combined and gridded global drought index. *Earth System Science Data*, 6(2), 285-295. <https://doi.org/10.5194/essd-6-285-2014>