

Priorización de áreas para control sanitario de carbunco en la provincia de La Pampa en base a factores ecológicos

Prioritization of areas for anthrax control in the province of La Pampa based on ecological factors

Vázquez, P.M.^{1*}; Rojas, M.C.¹; Fernández, E.A.²

¹ Estación Experimental Agropecuaria “Guillermo Covas”. INTA Anguil. Ruta Nacional N°5 Km 580. L6320. Anguil, La Pampa, Argentina.

² Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Regional La Pampa-San Luis. Corrientes 80, L6300. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

* Correspondencia: Pablo Vazquez, INTA Anguil | vazquez.pablo@inta.gob.ar

Recibido 29/05/2025 – Aceptado 11/09/2025

Resumen: El carbunco bacteridiano, causado por *Bacillus anthracis*, es una zoonosis endémica de alta letalidad con persistencia ambiental debida a la formación de esporas. Este estudio buscó identificar factores ambientales asociados a la ocurrencia de brotes registrados entre 2008 y 2025 en la provincia de La Pampa, con el objetivo de priorizar áreas para intervenciones sanitarias. Se georreferenciaron 59 brotes y se analizaron cinco variables de riesgo: humedad del suelo, evapotranspiración real, índice de sequía previo a la ocurrencia del brote, hidrografía superficial y carga animal. Mediante pruebas de proporciones (Z-test), se determinó que el 81% de los brotes ocurrió en establecimientos ubicados sobre divisorias de aguas, en ambientes con humedad de suelo $\geq 2,8$ kg/m² y evapotranspiración ≥ 600 mm/año. La mayor frecuencia de brotes se registró en condiciones de humedad normal o alta y en sistemas con carga ganadera igual o inferior a la media. Se identificó un corredor ecológico de riesgo de 7,9 millones de hectáreas, siendo 3,3 millones de prioridad inmediata por su localización sobre límites de cuenca. Se recomienda implementar vacunación obligatoria en establecimientos con antecedentes positivos y en zonas definidas por características hidrotopográficas y climáticas.

Palabras clave: *Bacillus anthracis*, modelado espacial, riesgo ambiental, priorización sanitaria, semiárido.

Summary: Anthrax, caused by *Bacillus anthracis*, is a highly lethal zoonosis with global distribution, sustained by the environmental persistence of bacterial spores. This study aims to identify environmental drivers of anthrax outbreaks reported between 2008 and 2025 in La Pampa Province, Argentina, to spatially prioritize zones for disease control interventions. Fifty-nine outbreak locations were georeferenced and analyzed using five risk-related variables: annual soil moisture, actual evapotranspiration, pre-outbreak drought index, surface runoff features, and grazing pressure. Proportion tests (Z-test) revealed that 81% of outbreaks occurred on watershed limits, in areas with annual soil moisture ≥ 2.8 kg/m² and evapotranspiration ≥ 600 mm/year. Most outbreaks coincided with wet or normal moisture periods and occurred under average or below-average livestock stocking rate. An ecological corridor of 7.9 million hectares was delineated as a high-risk zone, with 3.3 million hectares prioritized due to their positioning along watershed divides. Mandatory vaccination is recommended for farms with prior outbreaks and for those situated in hydrologically and climatically defined risk areas.

Keywords: *Bacillus anthracis*, spatial modeling, environmental risk, vaccination prioritization, semiarid region.

Introducción

La infección por *Bacillus anthracis* es una zoonosis de distribución mundial que afecta principalmente a rumiantes domésticos y silvestres (Fasanella *et al.*, 2010). En estas especies se caracteriza por ocasionar muerte súbita. Sin embargo, en equinos y porcinos esta enfermedad puede presentar una evolución más lenta (Hugh-Jones y De Voss, 2002; OMSA 2023). En humanos puede variar la forma de presentación clínica, dependiendo de la vía de transmisión. La presentación más frecuente es cutánea, donde las personas se infectan al manipular animales enfermos o han estado en contacto con esporas. La presentación gastrointestinal o por inhalación son menos frecuentes y más letales (OMS, 2008).

Bacillus anthracis es una bacteria Gram positiva aeróbica, patógena obligada (OMSA 2023). El ciclo del carbunco bacteridiano alterna un estadio entre esporas ambientales e infectantes con uno vegetativo interno. La spora persiste en el ambiente y será ingerida durante el pastoreo. Tras la ingesta, esa spora se transforma en la forma vegetativa que se multiplica rápidamente, liberando las toxinas que provocaran la muerte del hospedador (Fasanella *et al.*, 2010). Al tomar contacto la sangre coagulada de los animales muertos con el oxígeno dará lugar a la formación de nuevas esporas (WHO, 2008). Para controlar la contaminación ambiental se requiere gestionar los animales muertos, reducir el contacto con animales infectados, vacunar el ganado y vigilar los establecimientos ganaderos afectados y vecinos. La falta de una gestión integral que contemple la persistencia de la bacteria en el suelo dificulta la erradicación de la enfermedad (Dey *et al.*, 2012).

Las esporas permanecen viables bajo diversas condiciones ambientales durante largos periodos de tiempo (Dragon y Rennie, 1995; Lee *et al.* 2007; Hugh-Jones y Blackburn, 2009; Schuch y Fischetti 2009; Carlson *et al.*, 2018; Che *et al.*, 2022). Estas esporas pueden sobrevivir a temperaturas y pH extremos, a la desecación y a algunos agentes químicos (Dragon y Rennie, 1995; Lee *et al.* 2007). La persistencia de las esporas se ve favorecida por suelos ricos en materias orgánicas y alternancia de periodos de lluvias abundantes seguidos de condiciones prolongadas de sequía (Hugh-Jones y Blackburn, 2009; Maksimovic *et al.*, 2017). La distribución de las esporas también está sujeta a aspectos del paisaje que influyen en su diseminación (Rojas *et al.*, 2011).

B. anthracis presenta distribución mundial, pero existen regiones consideradas endémicas (Lewerin *et al.*, 2010; Shadomy *et al.*, 2016; Carlson *et al.*, 2019; Brownlie *et al.*, 2020; Sushma *et al.*, 2021; Deka *et al.*, 2022). Trabajos recientes asociados al modelado de nichos ecológicos indican zonas de alto riesgo en el noroeste de Brasil, la región del Valle Central de Chile y el norte de Argentina, no siempre respondiendo a condiciones climáticas definidas previamente (Brownlie *et al.*, 2020, Deka *et al.*, 2022). Los registros de casos de carbunco afectando a animales y humanos en nuestro país se remontan a la época colonial (Carrazoni, 1993). En Argentina el carbunco se presenta como una enfermedad endémica en la región central del país, de alta letalidad, que se presenta fundamentalmente durante el verano. Esta estacionalidad permite planear y administrar las estrategias de intervención más adecuadas. En la provincia de Buenos Aires el compromiso de productores y veterinarios en la aplicación de un calendario de vacunación apropiado, junto a un protocolo para la eliminación correcta de cadáveres, redujo drásticamente el número de casos en esa región (Nosedá, 2023).

El clima en la provincia de La Pampa presentó variaciones significativas durante los últimos 40 años. La precipitación media mensual disminuyó en 20 mm y se duplicó la frecuencia de días con temperaturas superiores a 35 °C (Vázquez *et al.*, 2023). La relación existente entre la temperatura, la lluvia, la producción forrajera y la humedad del aire son variables para considerar por su estrecha relación con la presencia de brotes de carbunco. La ocurrencia de casos durante periodos secos se asocia a inmunidad innata reducida por una condición estresante. La probabilidad de enfermarse con una baja dosis infectante sería mayor (Fasanella *et al.*, 2010). Si bien la enfermedad es de declaración obligatoria a nivel nacional, y su casuística administrada por SENASA (2025), son escasos los trabajos referidos a esta problemática en la provincia de La Pampa (Fort *et al.*, 2004). Hasta la fecha, la vacunación en la provincia no es obligatoria, quedando su aplicación a criterio del productor. El objetivo de este trabajo fue identificar factores ambientales asociados a la ocurrencia de brotes de carbunco registrados durante los últimos 17 años para priorizar áreas de vacunación en la provincia de La Pampa.

Materiales y Métodos

Área de estudio y ubicación de brotes

La provincia de La Pampa cuenta con una superficie de 14 millones de ha. La provincia presenta características semiáridas a áridas de noreste a sudoeste, con un régimen de lluvia principalmente estival que puede totalizar entre 950 a 250 mm al año, respectivamente (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, provincia de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa, 2004). La actividad ganadera se extiende a lo largo de todo el territorio provincial. El número de cabezas ganaderas bovinas ronda los 3,2 millones distribuidos en más de 7500 establecimientos ganaderos (SENASA 2025). La ubicación de los 59 brotes de carbunco ocurridos entre 2008 y 2025 se realizó a partir de las protocolizaciones realizadas por SENASA en la provincia.

Variables ambientales evaluadas

Se seleccionaron cinco variables asociadas al riesgo que corren los animales a tomar contacto con las esporas. Estas representan condiciones ambientales regionales, condiciones climáticas actuales, paisaje y manejo:

-Humedad de suelo promedio anual a 10 cm profundidad (kg m⁻²). Período 1970-2025

Esta propiedad fue seleccionada de una colección de variables ambientales modeladas a nivel global (Rui y Beaudoin, 2022) para relacionar la distribución de los brotes de carbunco con condiciones de humedad de suelo que afecten la supervivencia de las esporas. Este criterio se definió a partir de la distribución espacio-temporal de casos en relación con la humedad de suelo promedio, siguiendo un enfoque ecoepidemiológico.

-Evapotranspiración real promedio anual (mm año⁻¹). Período 2000-2025

Representa la capacidad de almacenamiento y utilización del agua por el ambiente. Se estableció un umbral de 600 mm de evapotranspiración real acumulada (ET_r) como límite ambiental para la aparición de la enfermedad, dado que los casos registrados se concentraron en áreas con valores iguales o superiores a dicho umbral. Este criterio se definió a partir de considerar una ET_r=600 mm como el límite definido entre ambientes semiáridos y subhúmedos secos (Feddema, 2005). Una mayor capacidad de evapotranspiración representa mejores condiciones de crecimiento vegetal, y mejores condiciones de supervivencia de las esporas. Esta propiedad fue modelada y validada para la región (Vázquez y Elorriaga, 2024).

-Índice de sequía trimestral previo al brote de carbunco (sin unidades)

Se analizará un índice que contemple un período de sequía que afecte la producción forrajera e incremente la ventana de oportunidad para que los animales tomen contacto con las esporas de carbunco. Se seleccionó el Global Precipitation Climatology Centre Drought Index (GPCC-DI) para un período de tres meses acumulados (Ziese *et al.*, 2014). La variable resulta de una combinación del Índice de Precipitación Estandarizado con adaptaciones del Servicio Meteorológico Alemán (SPI-DWD) y el Índice de Evapotranspiración de Precipitación Estandarizado (SPEI). Los datos de precipitación se obtuvieron del Centro Global de Climatología de Precipitaciones (GPCC), validados en la provincia (Vazquez *et al.*, 2023), y los de temperatura del Centro de Predicción Climática (CPC) de NOAA. Se considerará sequía a aquellas zonas con valor trimestral de GPCC-DI $\leq -0,5$.

-Zonas de escurrimiento superficial - cuencas

Se delimitaron cuencas y vías de escurrimiento superficial a partir de imágenes radar S Alos Palsar (30m) calibradas por el Instituto Geográfico Nacional (<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones>). El procesado se realizó con los algoritmos WATERSHEDS y RUNOFF del software TERRSET 18.31 (© Clark University. 1987-2017). Esta variable se utilizó para identificar alineamientos de los brotes respecto de las vías de escurrimiento o de las divisorias de aguas entre cuencas en función de anteriores experiencias en el país (Vázquez *et al.*, 2005; Rojas *et al.*, 2011).

-Carga animal al momento del brote respecto de la media histórica (E.V. ha⁻¹/E.V.)

Se asociará la ocurrencia de brotes respecto la presión de pastoreo de cada año en particular. El cálculo de carga animal se realizó en función de las existencias históricas de cada *Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios* (RENSPA) afectado. Estas son declaradas durante las campañas de vacunación anti aftosa de animales totales (información suministrada por SENASA 2008-2025). La superficie de los establecimientos se obtuvo a partir del catastro provincial digitalizado (Rentas de la provincia de La Pampa 2015) y el etiquetado de las parcelas con los RENSPAs correspondientes (SENASA 2025). El valor de carga, expresado en equivalente vaca por hectárea (E.V. ha⁻¹) se calculó según los requerimientos energéticos de cada categoría (Cocimano *et al.*, 1977).

Análisis estadístico

Debido a que solo se dispone de casos positivos, la información fue analizada mediante una prueba de proporciones (Z-test).

La estadística z para comparar dos proporciones se calcula utilizando:

$$z = \frac{p1 - p2}{\sqrt{p(1-p) \left(\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2} \right)}}$$

donde:

- p1 = proporción de muestra en la primera muestra
 - p2 = proporción de la muestra en la segunda muestra
 - n1 = tamaño de la primera muestra
 - n2 = tamaño de la segunda muestra
 - p = proporción agrupada, calculada como $p = \frac{i1 + i2}{n1 + n2}$, que son los recuentos de éxitos en las dos muestras.
- El intervalo de confianza para la diferencia entre dos proporciones, basado en las definiciones anteriores, es:

$$(p1 - p2) \pm \frac{z\alpha}{2} \sqrt{\frac{p1(1-p1)}{n1} + \frac{p2(1-p2)}{n2}}$$

donde:

- $z\alpha/2$ es el valor crítico de la distribución normal estándar (por ejemplo, 1,96 para un nivel de confianza del 95%).

Resultados

Se ubicaron espacialmente los 59 brotes registrados en la provincia de La Pampa entre 2008 y 2025 (Figura 1)

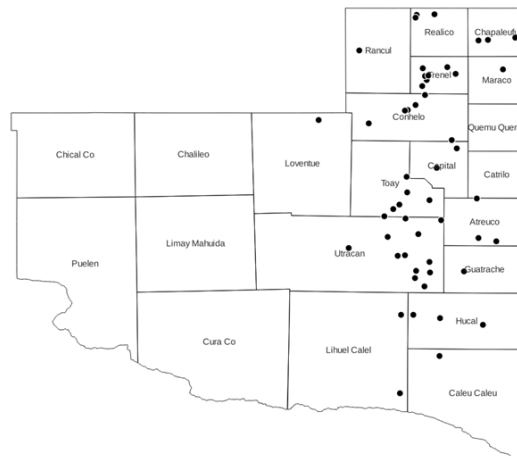


Figura 1. Distribución espacial de los 59 brotes de carbunco declarados a SENASA durante el período 2008-2025 en la provincia de La Pampa.

El contenido de humedad promedio anual en los primeros 10 cm de suelo $\geq 2,8 \text{ kg m}^{-2}$ quedó definido como el límite hasta donde el carbunco se extendió, no superando el meridiano de -65° (Tabla 1 y Figura 2).

Tabla 1. Prueba de proporciones z para brotes de carbunco ocurridos en áreas con contenido de humedad promedio anual en los primeros 10 cm de suelo (Hum) \geq 2.8 kg m⁻².

	Hum \geq 2,8	Hum < 2,8	Total
carbunco (+)	55	4	59

$z = 8,8527$, $p < 0,00001$. $\alpha < 0,01$.

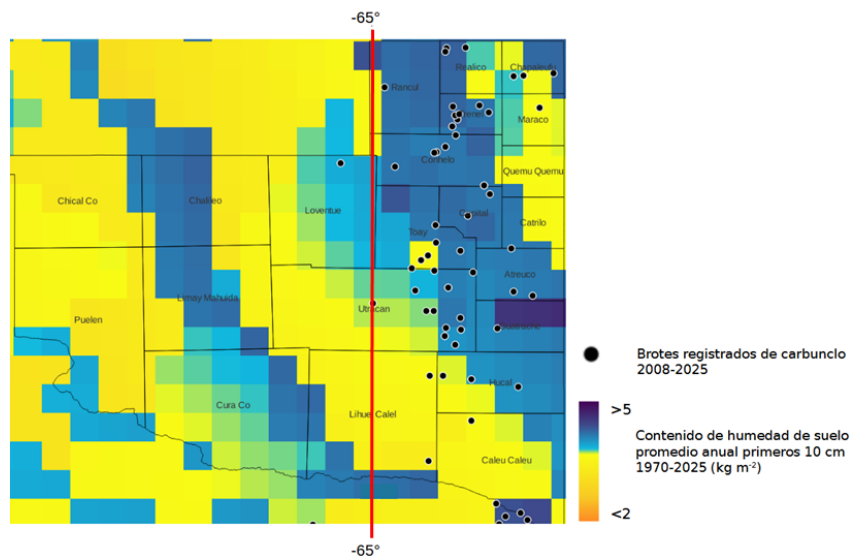


Figura 2. Ocurrencia de brotes de carbunco en función del contenido de humedad promedio anual en los primeros 10 cm de suelo.

La evapotranspiración real promedio anual definió de manera más eficiente los sitios susceptibles a brotes de carbunco. El total de los casos ocurrió en áreas con evapotranspiraciones medias anuales \geq 600 mm (Figura 3 y Tabla 2).

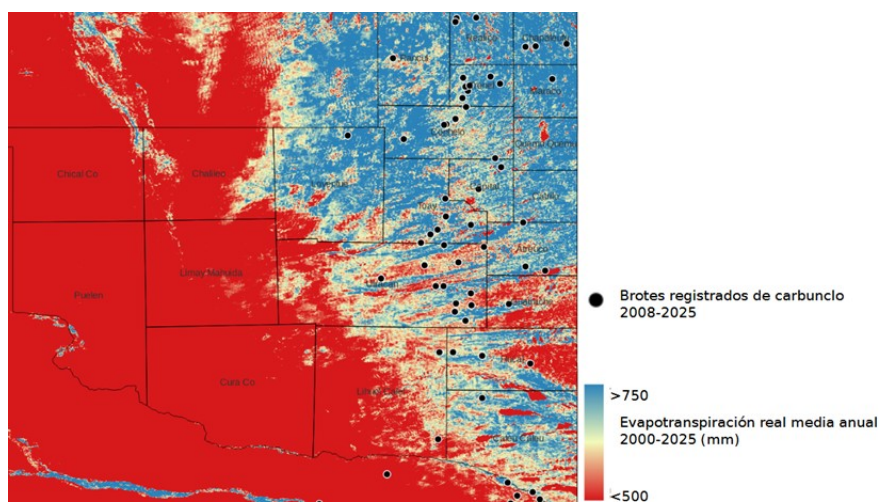


Figura 3. Ocurrencia de brotes de carbunco en función de la evapotranspiración real promedio anual.

Tabla 2. Prueba de proporciones z para brotes de carbunco ocurridos en áreas con evapotranspiración real

donde la concentración de esporas sería mayor (Rojas *et al.*, 2011). Tampoco coincide con lo hallado por Hugh-Jones y Blackburn (2009) ni Dey *et al.* (2012), ya que la mayor proporción de brotes ocurrió durante periodos húmedos, en suelos excesivamente drenados y pobres en materia orgánica (1,5% o menor). La presión de pastoreo, contrariamente a lo esperable, fue inversamente proporcional a la aparición de brotes. Aunque estas zonas aparentan ser menos aptas para la aparición de esta enfermedad, tienen la capacidad de secarse más rápido asegurando condiciones óptimas para el desarrollo de esporas (Dragón *et al.*, 1995; Brownlie *et al.*, 2020). Una humedad del suelo $\geq 2,8$ kg/m² y ETr > 600 mm/año indican que el ambiente no está seco ni saturado. Son condiciones que se corresponden con un ambiente subhúmedo, el cual brinda un equilibrio que permite actividad biológica del suelo sin degradar las esporas. La persistencia del carbunco en el ambiente dependerá de la resistencia de las esporas, de la generación de biofilms y su interacción con microorganismos (amebas) para persistir en el suelo (Schuch y Fischetti 2009; Dey *et al.* 2012; Carlson *et al.*, 2018). Estos aspectos dejan un gran interrogante respecto del ciclo de vida de *B. anthracis* en ecosistemas considerados marginales para su desarrollo. La humedad atmosférica por debajo de 60% inhibe la esporulación, pero cuando es superior, la velocidad aumenta con temperaturas en ascenso (WHO, 2008). Para que ocurra un brote deben conjugarse condiciones ambientales, presencia de esporas, susceptibilidad del hospedador, su sistema inmune deprimido y el manejo del establecimiento (Brownlie *et al.*, 2020).

El trabajo permite identificar un corredor ecológico o área de exposición a carbunco en la provincia de La Pampa. Queda definida un área de riesgo de 7,9 millones de hectáreas, con 2,3 millones de cabezas y 7800 productores expuestos a la enfermedad. Si priorizamos las áreas de mayor riesgo (establecimientos en los límites de cuencas, en color gris en la Figura 4), totalizarían 3,3 millones de hectáreas, 700000 animales y 2100 productores. En primera instancia, deberían vacunarse aquellos establecimientos que ya resultaron positivos, seguidos de aquellos que están ubicados sobre las divisorias de aguas entre cuencas (Figura 4).

Los brotes de carbunco en La Pampa se concentran claramente en zonas elevadas, sobre suelos bien a excesivamente drenados, durante periodos sin estrés hídrico y con abundante oferta forrajera. Estos ambientes, lejos de ser hostiles a carbunco, ofrece un nicho ecológico donde la spora puede mantenerse viable y activarse ante condiciones propicias. Sería necesario analizar la ecología de *B. anthracis* en este tipo de ambientes considerados marginales. Su conocimiento podría favorecer futuras estrategias de mitigación de la enfermedad.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración del Med. Vet. Mauro Ledesma (Coordinador de Sanidad Animal de SENASA, regional La Pampa-San Luis) por el curado de los datos correspondientes a los brotes de carbunco utilizados en este trabajo.

Referencias

- Brownlie T, Bishop T, Parry M, Salmon SE, Hunnam JC. 2020. Predicting the periodic risk of anthrax in livestock in Victoria, Australia, using meteorological data. *Int. J. Biometeorol.* 64: 601-610. DOI: 10.1007/s00484-019-01849-0
- Carlson CJ, Getz WM, Kausrud KL, Cizauskas CA, Blackburn JK, Bustos Carrillo FA, Colwell R, Easterday WR, Ganz HH, Kamath PL, Økstad OA, Turner WC, Kolstø AB, Stenseth NC. 2018. Spores and soil from six sides: interdisciplinarity and the environmental biology of anthrax (*Bacillus anthracis*). *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 93: 1813-1831. DOI: 10.1111/brv.12420
- Carlson CJ, Kracalik IT, Ross N, Alexander KA, Hugh-Jones ME, Fegan M, Elkin BT, Epp T, Shury TK, Zhang W, Bagirova M, Getz WM, Blackburn JK. 2019. The global distribution of *Bacillus anthracis* and associated anthrax risk to humans, livestock and wildlife. *Nat. Microbiol.* 4: 1337-1343. DOI: 10.1038/s41564-019-0435-4
- Carrazoni JA. 1993. Historia de Ganaderos y de Veterinarios. Ed. Altuna, Buenos Aires, Argentina, 224 pp.
- Chen H, Verplaetse E, Jauslin T, Cosson P, Slamti L, Lereclus D. 2022. The fate of bacteria of the *Bacillus cereus* group in the amoeba environment. *Microb. Ecol.* 83: 1088-1104. DOI: 10.1007/s00248-021-01828-2

- Cocimano M, Lange A, Menvielle E. 1977. Equivalencias ganaderas para vacunos de carne y ovinos: escalas simplificadas. AACREA. 22 pp.
- Deka MA, Vieira AR, Bower WA. 2022. Modelling the ecological niche of naturally occurring anthrax at global and circumpolar extents using an ensemble modelling framework. *Transbound. Emerg. Dis.* 69: e2563-e2577. DOI: 10.1111/tbed.14602
- Dey R, Hoffman PS, Glomski IJ. 2012. Germination and amplification of anthrax spores by soil-dwelling amoebas. *Appl. Environ. Microbiol.* 78: 8075-8081. DOI: 10.1128/AEM.02034-12
- Dragon DC, Rennie RP. 1995. The ecology of anthrax spores: tough but not invincible. *Can. Vet. J.* 36: 295-301.
- Fasanella A, Galante D, Garofolo G, Jones MH. 2010. Anthrax undervalued zoonosis. *Vet. Microbiol.* 140: 318-331. DOI: 10.1016/j.vetmic.2009.08.016
- Feddema JJ. 2005. A Revised Thornthwaite-Type Global Climate Classification. *Phy. Geogr.* 26: 442-466. DOI: 10.2747/0272-3646.26.6.442
- Fort M, Rojas MC, Bedotti DO, Pérez L, Esaín FY. 2004. Carbunco bacteridiano en bovinos en la provincia de La Pampa durante el periodo enero 2000 - junio 2004. *Publicación Técnica N° 58*. INTA, EEA Anguil: 5-8.
- Hugh-Jones M, de Vos V. 2002. Anthrax and wildlife. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 21: 359-383. DOI: 10.20506/rst.21.2.1336
- Hugh-Jones M, Blackburn J. 2009. The ecology of *Bacillus anthracis*. *Mol. Aspects. Med.* 30: 356-367. DOI: 10.1016/j.mam.2009.08.003
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, provincia de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa. 2004. *Inventario Integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa*. Segunda edición. INTA, Buenos Aires. 471 pp.
- Lee K, Costerton JW, Ravel J, Auerbach RK, Wagner DM, Keim P, Leid JG. 2007. Phenotypic and functional characterization of *Bacillus anthracis* biofilms. *Microbiology* 153: 1693-1701. DOI: 10.1099/mic.0.2006/003376-0
- Lewerin SS, Elvander M, Westermarck T, Hartzell LN, Norström AK, Ehre S, Knutsson R, Englund S, Andersson AC, Granberg M, Bäckman S, Wikström P, Sandstedt K. 2010. Anthrax outbreak in a Swedish beef cattle herd - 1st case in 27 years: case report. *Acta Vet. Scand.* 52: 7. DOI: 10.1186/1751-0147-52-7
- Maksimovic Z, Cornwell MS, Semren O, Rifatbegovic M. 2017. The apparent role of climate change in a recent anthrax outbreak in cattle. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 36: 959-963. DOI: 10.20506/rst.36.3.2727
- Nosedá RP. 2023. Situación del carbunco rural en la Argentina. 2023. <https://anav.org.ar/produccion-cientifica/temas-de-actualidad/#:~:text=No%20se%20produjeron%20brotes%20de,22%20partidos%2C%20resultando%20todas%20negativas>
- Organización Mundial de la Salud, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización Mundial de Sanidad Animal. 2008. *Ántrax en humanos y animales*. Cuarta edición. Ginebra (Suiza): Organización Mundial de la Salud. 208 pp.
- Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) 2023. *Código Sanitario para los Animales Terrestres*. <https://www.woah.org/es/que-hacemos/normas/codigos-y-manuales/>
- Rojas MC, Vázquez PM, Verdier M, Nosedá R. 2011. Componentes del paisaje que favorecen la aparición de carbunco en la Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 30: 897-909.
- Rui H, Beaudoin H. 2022. README Document for NASA GLDAS version 2 Data Products. Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC). <http://disc.gsfc.nasa.gov/>
- Schuch R, Fischetti VA. 2009. The secret life of the anthrax agent *Bacillus anthracis*: bacteriophage-mediated ecological adaptations. *PLoS ONE* 4: e6532. DOI: 10.1371/journal.pone.0006532

- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). 2024. Cuarto informe de notificaciones de enfermedades denunciadas - Carbunco bacteriano. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/08/informe_carbunco_2013-2022.pdf
- Shadomy S, El Idrissi A, Raizman E, Bruni M, Palamara E, Pittiglio C, Lubroth J. 2016. Anthrax outbreaks: a warning for improved prevention. Control and heightened awareness EMPRES Watch, FAO, Rome. Vol. 37: 8 pp. <http://www.fao.org/ag/empres.html>
- Sushma B, Shedole S, Suresh KP, Leena G, Patil SS, Srikantha G. 2021. An estimate of global anthrax prevalence in livestock. A meta-analysis. *Vet. World* 14: 1263-1271. DOI: 10.14202/vetworld.2021.1263-1271
- Vázquez P, Rojas M, Fernandez E, Gonzalez A. 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. *Cienc. Tecnol. Agropecuaria* 24: 1-18. DOI: 10.21930/rcta.vol24_num2_art:2712
- Ziese M, Schneider U, Meyer-Christoffer A, Schamm K, Vido J, Finger P, Bissolli P, Pietzsch S, Becker A. 2014. The GPCCI Drought Index – a new, combined and gridded global drought index. *Earth Syst. Sci. Data* 6: 285-295. DOI: 10.5194/essd-6-285-2014