

# Componentes del paisaje que favorecen la aparición de carbunco en la Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires, Argentina)

M.C. Rojas<sup>(1)</sup>, P.M. Vázquez<sup>(2)</sup>, M. Verdier<sup>(3)</sup> & R. Nosedá<sup>(4)</sup>

(1) Estación Experimental Agropecuaria ANGUIA "Ing. Agr. Guillermo Covas", Ruta Nac. N°5 Km 580, Anguil, La Pampa, CP 6326, C.C. 11, Provincia de Buenos Aires, Argentina. E-mail: mrojas@correo.inta.gov.ar

(2) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA), Cuenca del Salado, Av. Belgrano 416, 7203 Rauch, Provincia de Buenos Aires, Argentina

(3) Laboratorio Regional Rauch, Ministerio de Asuntos Agrarios (MAA), Brown y Larrea, 7203 Rauch, Provincia de Buenos Aires, Argentina. E-mail: laboratorioregionalrauch@yahoo.com

(4) Laboratorio Azul Diagnóstico S.A., 25 de mayo 479, 7300 Azul, Provincia de Buenos Aires, Argentina. E-mail: mosedá@laboratorioazul.com.ar

Fecha de recepción: 2 de noviembre de 2009

Fecha de aceptación: 20 de abril de 2011

## Resumen

Los autores estudiaron los componentes del paisaje que favorecen la aparición de carbunco en la Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires, Argentina). Ubicaron espacialmente los focos de carbunco diagnosticados por laboratorios de veterinaria registrados en el área de influencia de la zona de estudio. Como variables a estudiar, diferenciaron las áreas anegadas con una frecuencia superior o igual al 20% y las vías de escurrimiento de primer y segundo orden. También se identificaron áreas con pastizales de baja productividad.

El análisis de regresión logística de la población de establecimientos, determinó que las vías de escurrimiento compartidas (coeficiente de posibilidades [OR] = 2,3; intervalo de confianza [IC] = 1,2; 4,7) y la presencia de pastizales de baja productividad en una proporción  $\geq$  al 40% (OR = 5,4; IC = 3,5; 8,3) son los componentes del paisaje que favorecen la aparición de focos de carbunco. Contrariamente a la hipótesis inicial, la anegabilidad no resultó una variable significativa (OR = 1,1; IC = 0,5; 2,1).

Los autores concluyeron que la identificación de variables de riesgo constituye una primera aproximación para la toma de decisiones y mejora de la eficiencia de la aplicación de futuros planes de control y erradicación de esta enfermedad.

## Palabras clave

Anegabilidad – Argentina – *Bacillus anthracis* – Buenos Aires – Carbunco – Foco – Pampa Deprimida – Pastizal de baja productividad – Vía de escurrimiento.

## Introducción

El carbunco bacteriano es una zoonosis que sigue afectando a muchos países del mundo. La enfermedad, también conocida como carbunco, es causada por el *Bacillus anthracis* (*B. anthracis*). Esta bacteria de tipo Gram-positivo y forma bacilar, es el único patógeno obligado del género *Bacillus* (44, 45). Para comprender la patogenia y epidemiología del carbunco, en primer lugar debe reconocerse la capacidad de la bacteria para formar esporas

de resistencia a efectos de sobrevivir fuera del hospedador. Al ingresar en un hospedador puede recuperar la capacidad infectiva, reconstituir su cápsula y generar las toxinas que provocan la muerte.

La enfermedad afecta, principalmente, a rumiantes domésticos (bovinos, ovinos, cabras) y silvestres (bisontes, antílopes, ciervos), y el síntoma principal es la muerte súbita. Equinos y porcinos también pueden contraerla, con el mismo resultado, aunque con una evolución más lenta

(26, 44). Asimismo, se han detectado casos en parques y reservas naturales (1, 13, 17, 18, 20, 24). Algunas aves rapaces y carroñeras, que consumen animales muertos por carbunco, pueden dispersarla al transportar las esporas en sus cuerpos, picos y plumas (8, 26). También se ha demostrado que las materias fecales de algunas de estas rapaces pueden dispersar las esporas (34, 53). Cuando los animales, principalmente rumiantes, ingieren las esporas, éstas germinan y producen formas vegetativas que se multiplican, matando al hospedador. La sangre no coagulada, eliminada por los orificios corporales de los animales muertos, es rica en formas vegetativas que forman esporas al entrar en contacto con el oxígeno. Estas últimas resisten a temperaturas ambientales extremas, sequía y anegamiento; sobreviven en suelos con pH 6, en especial en suelos calcáreos, ricos en materia orgánica, y los productos químicos, como los desinfectantes, no las afectan (67).

La supervivencia de las esporas en la naturaleza está condicionada por aspectos ambientales como el clima, la topografía y la vida microbiana (6, 14, 59, 62). Se sabe que son muy estables, pero su resistencia es similar a la de las esporas que generan otras bacterias. La persistencia en el ambiente por largos periodos dio origen a los llamados "campos malditos". Posteriormente se los denominó áreas incubadoras y se formuló la hipótesis de que allí se registra un ciclo saprófito (19, 69, 70). Este concepto no ha podido probarse aún, ya que la forma vegetativa de *B. anthracis* es incapaz de competir con otros microorganismos en el suelo (17, 38, 71). Si bien se sabe que la presencia de calcio en el suelo es de vital importancia para la persistencia de las esporas (19, 22, 28, 29, 47, 48, 58), el concepto de áreas incubadoras (70) contempla al agua como otro elemento importante de la ecología de los brotes de carbunco.

El escurrimiento del agua arrastraría las esporas de *B. anthracis*, concentrándolas en las zonas bajas del relieve (19, 27, 68). A su vez, un revestimiento con cubierta hidrofóbica facilitaría su transporte junto con conglomerados de materia orgánica en momentos de lluvias (3, 19, 27). Dicha propiedad también les permitiría subir por la vegetación en momentos de alta evaporación (27). El carbunco es considerado una enfermedad estacional y las condiciones que favorecen los brotes varían localmente. A escala mundial, se observa que está asociada a las estaciones más cálidas, especialmente a climas cálidos y secos (27). Esas condiciones favorecen directamente el crecimiento y la esporulación de *B. anthracis* en los fluidos corporales de animales muertos por esta enfermedad, contaminando el suelo y la vegetación circundante (21, 26). Asimismo, el clima actúa de manera indirecta, influyendo en la manera en que los animales entran en contacto con las esporas y su estado de salud (67). Como la producción de forraje es escasa durante los periodos cálidos y secos, los animales se ven obligados a pastorear

cerca del suelo, lo cual favorece el contacto con las esporas. La falta de agua y el excesivo calor generan una condición de estrés que afecta tanto la respuesta inmunitaria específica, como la resistencia local no específica de la piel y las membranas de las mucosas, facilitándose la entrada de patógenos (27).

Las primeras descripciones del carbunco se deben a las civilizaciones egipcia, griega, romana y de la India. Durante la última parte del siglo XIX y comienzos del XX, fue una de las principales causas de mortalidad en el ganado en todo el mundo. Si bien la enfermedad es de distribución mundial, la situación epidemiológica varía regionalmente. Durante las últimas tres décadas, la implementación de programas de control y erradicación ha reducido progresivamente el número de casos en animales y seres humanos a escala internacional (67).

Si bien se conoce el grado de endemicidad de la enfermedad en casi todo el mundo, la deficiencia de los diagnósticos clínicos y de laboratorio ha impedido establecer la situación de Sudamérica (26). Se conocen casos en Bolivia, Chile, Guatemala, México, Perú, Venezuela y Uruguay (67). En Argentina los antecedentes se remontan al siglo XVI. En las actas del Cabildo del Virreinato del río de la Plata (1590-1609) ya se mencionaba que el carbunco afectaba a animales y seres humanos (10).

Argentina ocupa un importante lugar en el mundo como país ganadero. Sus extensas praderas y clima propicio favorecen el desarrollo de esta actividad, pilar fundamental de la economía nacional. Dicha actividad se concentra principalmente en el centro del país, en la región conocida como Pampeana (Fig. 1). En ella puede delimitarse una extensa área denominada Pampa Deprimida (Fig. 1), donde se concentra el 30% de la cabaña nacional y donde la cría bovina es la principal actividad (55). Esta región es una unidad fisiográfica de características específicas poco corrientes en el mundo (65). Se trata de una extensa llanura anegable, con clima templado húmedo y un promedio de precipitaciones de 900 mm anuales. Se caracteriza por la presencia de suelos alcalino-sódicos, con problemas de drenaje, dentro de un relieve extremadamente plano, suavemente deprimido, con una pendiente regional inferior al 0,01% y una red de drenaje muy poco desarrollada (15, 37, 57). El balance hídrico es peculiar. Durante el otoño e invierno se registran excesos hídricos y anegamientos prolongados. En el verano las precipitaciones son mayores que en el período anterior y la alta evapotranspiración, así como la escasa velocidad de infiltración del agua en el perfil, producen un pronunciado déficit de humedad en los pastizales. Este proceso se debe en gran parte a que los suelos de la región presentan elevados valores de sodio de intercambio, contenido de materia orgánica superior al 3% y un alto porcentaje de



**Fig. 1**  
**Ubicación geográfica de la Pampa Deprimida**

materiales finos (limos y arcillas) (4). El sodio afecta negativamente la estructura del suelo, provocando la dispersión y/o expansión de las partículas de arcilla, con la consiguiente destrucción de agregados (16, 51).

En los últimos 15 años, la situación productiva de la región sufrió un cambio muy importante. De ser un área netamente ganadera de cría extensiva, donde sólo el 12% de la superficie estaba destinada a la agricultura, pasó a ser una región en que la ganadería tiende a realizar el ciclo completo (cría – engorde) y donde se concentran los animales en los suelos menos productivos para ceder espacio al avance de la agricultura (74), duplicando la carga animal histórica de 0,7 a 1,2 E.V. ha<sup>-1</sup>. Esta unidad de medida se desarrolló para comparaciones relativas de requerimiento ganadero. Corresponde al promedio anual de energía que requiere una vaca de 400 kg para criar y destetar un ternero de 160 kg en un sistema pastoril y equivale a 18,5 megacalorías de energía metabolizable por día (14). Si bien desde principios de siglo pasado se cuenta con la manera más efectiva y barata para controlar la enfermedad, a saber, la vacunación, y pese a los intentos de implementar campañas locales voluntarias para controlar la enfermedad, el carbunco sigue siendo endémico (30). Es así que los focos se suceden año tras año, siendo la Pampa Deprimida la región donde aparece con mayor frecuencia (30, 39, 40, 41, 42, 43). Laboratorios privados y oficiales

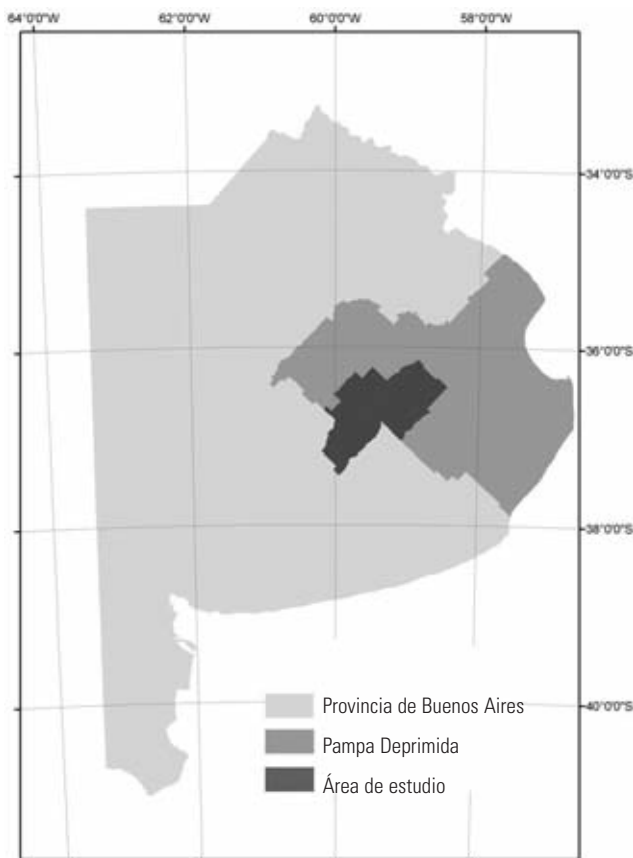
aportan los antecedentes casuísticos mediante el aislamiento del agente etiológico que confirma los diagnósticos de los veterinarios de campo.

La identificación de las condiciones ecológicas del paisaje que favorecen la aparición de carbunco es un elemento fundamental para ubicar áreas potencialmente riesgosas. Conocer la distribución geográfica de estas condiciones permite mejorar y aumentar las estrategias para erradicar y/o controlar la enfermedad. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas que permiten evaluar hipótesis a escala regional dentro de un marco de conocimientos adquiridos. Estos sistemas han aportado muchas ventajas al estudio epidemiológico de las enfermedades animales (7, 23, 35, 46, 60, 61). Existen antecedentes de uso de SIG para modelar áreas potencialmente peligrosas e identificar factores de riesgo de carbunco (5, 33, 46, 73). Con esos conocimientos se podrán ajustar las hipótesis con objeto de poder afectar los recursos humanos y económicos de manera más eficiente para mitigar el impacto del carbunco en la Pampa Deprimida. Partiendo de la hipótesis de que el agua y la cubierta vegetal estarían vinculadas a la presencia de focos en la región de estudio, este trabajo tiene por objetivo cuantificar la influencia de esos componentes del paisaje en la manifestación de la enfermedad como primer paso para modelar cuantitativamente el riesgo de aparición de carbunco en la Pampa Deprimida.

## Materiales y métodos

### Zona de estudio

La Pampa Deprimida es una extensa área anegable de aproximadamente 7 millones de hectáreas. Debido a la falta de registros documentados sobre la ubicación de los diferentes focos de carbunco, fue preciso trabajar en la zona de influencia de dos laboratorios de diagnóstico veterinarios, uno privado (Laboratorio Azul Diagnóstico S.A.) y otro oficial (Laboratorio Regional Rauch, Ministerio de Asuntos Agrarios [MAA] de la provincia de Buenos Aires). Esta área incluye los departamentos de Azul y Rauch, que ocupan una superficie de 1.085.670 hectáreas (Fig. 2) y concentran más de 1 millón de cabezas de ganado (55). Sus condiciones ambientales permiten afirmar que el área es representativa de la mayor parte de la Pampa Deprimida (28). El paisaje presenta pequeñas variaciones topográficas que generan una acumulación de agua diferencial, dando lugar a una estructura de comunidades vegetales en forma de parches (9, 76). La vegetación más frecuente en estos suelos es una estepa gramínea baja, con una cobertura rala de baja productividad (aproximadamente 2.500 kg de materia seca ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) (32).



**Fig. 2**  
**Delimitación del área de estudio en la Pampa Deprimida**

## Identificación de los focos de carbunco

### Diagnóstico de laboratorio

Para diagnosticar la presencia de *B. anthracis*, el veterinario extrae un hueso largo (metacarpo o metatarso) y, previa limpieza, desarticulación y envoltura en cobertura de nylon, lo embala en cajas de Telgopor<sup>®</sup> refrigeradas para su envío al laboratorio de diagnóstico microbiológico. Asimismo, extrae una muestra del canal medular con un hisopo de algodón estéril con mango de madera a efectos de realizar la coloración de Gram para identificar morfologías bacterianas compatibles. Posteriormente, se siembra sangre de equino al 5% en Agar y se incuba a 36,5°C durante 24 h para determinar la morfología, hemólisis, plasticidad y consistencia de las colonias desarrolladas (44).

### Focos de carbunco estudiados

Se estudiaron los focos de carbunco declarados durante el periodo 1989 – junio de 2010. Como su declaración es obligatoria, cada uno de ellos se identificó con el número

del Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (RENSPA) del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) para individualizar las unidades productor-establecimiento.

## Sistemas de información geográfica

### Establecimientos

Todos los establecimientos ganaderos de la zona rural y periurbana del área de estudio se digitalizaron con el programa Arc Gis 9.2 (2) e identificaron con su correspondiente número del RENSPA. Con esta información, se ubicaron espacialmente los focos registrados en el periodo 1989 – junio de 2010. Los establecimientos se codificaron con el sistema binario (establecimientos con focos declarados = 1, establecimientos sin focos declarados = 0).

### Aspectos ambientales I: agua

Se reconoce que el agua es un aspecto a tener en consideración en la Pampa Deprimida y, al tratarse de una llanura anegable, es un elemento predominante del paisaje durante largos periodos del año. Sin embargo, pueden presentarse dos formas diferentes: como área anegable o como vía de escurrimiento.

Se entiende por áreas anegables las zonas plano-cóncavas del relieve anegadas con una frecuencia superior o igual al 20% (75), ya que están asociadas a suelos con problemas hidromórficos (grupos acuoles y acualfes) (57). Para calcular esta variable se utilizó el mapa de riesgo hídrico desarrollado por Vázquez y col. (75) con imágenes Landsat Thematic Mapper 5 (TM 5) y Enhanced Thematic Mapper 7 (ETM 7).

En el sistema hidrológico de la depresión del Salado se observa un escurrimiento superficial inferior al 10% (4). Por lo tanto, puede suponerse que las precipitaciones caídas en la zona no se evacúan por canales y arroyos, sino que el sistema conduce el agua de manera aleatoria hacia los sectores más bajos del relieve, concentrando el agua no infiltrada en depresiones (50, 54). En la zona de estudio pueden identificarse vías de escurrimiento de primer y segundo orden. Las de primer orden están representadas por seis arroyos (Azul, La Corina, Cortaderas, Langueyú, Chapaleufú y Gualicho) y tres canales (9, 11 y 12) que desaguan la región en el mar Argentino (Fig. 4). Para determinar las de segundo orden, se aplicó un modelo detector de corrientes (toolbox Stream Order – Arc Gis) a un modelo digital de terreno de 90 m de resolución espacial obtenido con el sensor Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (56) corregido para la zona (36). Este procedimiento permite identificar los sectores de drenaje temporario con mayor pendiente, que reúnen mejores condiciones para transportar y concentrar las esporas de *B. anthracis* en un radio de dispersión mayor al de los

predios. Esta propiedad ya presentó antecedentes de asociación positiva a focos de carbunco (73).

### Aspectos ambientales II: cubierta vegetal

La disponibilidad de forraje es una condición para la manifestación de esta enfermedad, ya que puede modular el contacto del ganado con las esporas de *B. anthracis*. En épocas de baja productividad, y ante la imposibilidad de poder trasladarse a otros sitios, el ganado doméstico se ve obligado a pastorear muy cerca del suelo, aumentando el riesgo de contagio. La Pampa Deprimida es una de las mayores extensiones del mundo ocupada por pastizales naturales que comprenden un mosaico de comunidades vegetales compuestas por una gran diversidad de especies nativas y exóticas (9, 12, 49, 52, 76). Este patrón de mosaico puede observarse tanto a escala de parche (10 m<sup>2</sup>), como de comunidad (5.000 m<sup>2</sup>) y de paisaje (50.000 m<sup>2</sup>) (11), y responde a la asociación comunidad vegetal – suelo predominante. La intensificación agropecuaria en la región ha empujado la ganadería de cría hacia suelos más marginales, donde predominan los pastizales de baja productividad (2.500 kg – 3.000 kg de materia seca ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). El pastoreo del ganado doméstico fue borrando esa asociación vegetal – ambiente a escalas detalladas, pudiéndose observar claramente solo a escala de paisaje.

La evolución temporal de la actividad fotosintética puede definirse como la huella dactilar de una comunidad vegetal. La visualización de esta actividad puede inferirse a partir del índice diferencial de vegetación normalizado (IDVN, más conocido por su sigla en inglés NDVI) (66). Ese índice permite estimar la actividad fotosintética de las cubiertas vegetales a grandes escalas, ya que puede establecerse por medio de sensores remotos instalados comúnmente en una plataforma espacial. La principal propiedad es su alta correlación con la tasa de actividad fotosintética y el índice de área foliar (IAF, cuya sigla en inglés es LAI) (64). Para localizar áreas ocupadas por pastizales de baja productividad se establecieron patrones promedio de evolución del NDVI. Estos se calcularon utilizando promedios mensuales de NDVI a partir de una serie temporal de 10 años de imágenes del Espectroradiómetro de Resolución Moderada (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer – MODIS de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio–NASA) de 250 m de resolución espacial (producto MOD13Q1; ftp://e4ftl01u.ecs.nasa.gov/MOLT/MOD13Q1.005/). Las escalas de resolución espacial y temporal de este sensor son óptimas para trabajar a la escala de paisaje definida en la región de estudio. Por medio del algoritmo KMEANS, disponible en el programa IDRISI Taiga del Laboratorio Clark (Universidad de Clark, Massachusetts, Estados Unidos de América), se realizó una clasificación no supervisada para agrupar áreas con patrones de evolución de NDVI similares. El número de patrones de NDVI se

restringió a 14, valor coincidente con las comunidades definidas para la zona (76). Durante el verano de 2009 se realizó una transecta de 1.200 km para ubicar espacialmente muestras de diferentes comunidades e identificar aquellos patrones asociados a pastizales de baja productividad. Una vez establecidos, se reclasificaron los patrones de NDVI, obteniéndose únicamente las áreas ocupadas por el pastizal objetivo.

## Procesamiento de productos preliminares

Todos los productos se vectorizaron y desplegaron en la plataforma de trabajo Arc Gis. Para identificar establecimientos que comparten vías de escurrimiento, se interceptaron los catastros digitalizados con las vías de escurrimiento de primer y segundo orden. Los campos seleccionados fueron identificados con el número 1, mientras que el resto fue identificado con el 0.

Para determinar la superficie anegada de cada establecimiento, se realizó una intersección entre el catastro vectorial y las áreas anegables extraídas del mapa de riesgo hídrico (75). Posteriormente se calculó el porcentaje anegable de cada establecimiento. Se utilizó un procedimiento similar para determinar el área porcentual ocupada por pastizales de baja productividad en cada uno de ellos. Los valores de corte aplicados a las variables porcentaje de área anegada y porcentaje de área ocupada por pastizales de baja productividad, para definir las como situaciones asociadas a carbunco (valor 1 en codificación binaria), fue del 40% en ambos casos. Este valor representa la anegabilidad media de las parcelas en el área de estudio (75) y la asociación existente entre anegabilidad y suelos hidrohalmórficos, muy relacionados a este tipo de pastizales (72). Las variables utilizadas, que se resumen en el Cuadro I, se analizaron con el programa Systat 11 (63).

**Cuadro I**  
**Descripción y codificación de las variables utilizadas en el análisis**

Variables	Codificación
Establecimientos con focos declarados	1
Establecimientos sin focos declarados	0
Establecimientos con una superficie anegable $\geq$ 40%	1
Establecimientos con una superficie anegable $<$ 40%	0
Establecimientos que comparten vías de escurrimiento	1
Establecimientos que no comparten vías de escurrimiento	0
Establecimiento con una superficie $\geq$ 40% de pastizales de baja productividad	1
Establecimiento con una superficie $<$ 40% de pastizales de baja productividad	0



### Análisis estadístico

La regresión logística es un instrumento estadístico de análisis multivariado utilizado para identificar factores de riesgo y su uso resulta tanto explicativo, como predictivo. Con este método se cuantificaron los riesgos de cada aspecto ambiental mencionado. Una de las características interesantes de esta metodología es que los coeficientes del modelo logístico (más conocidos por su nombre en inglés odds ratio = OR) cuantifican el riesgo (25).

## Resultados

Se digitalizaron 4.979 establecimientos del área de estudio, y se individualizaron 84 de ellos donde se había registrado algún foco de carbunco (Fig. 3). En el 39% de ellos se verificó la condición de compartir alguna vía de escurrimiento (Fig. 4). La superficie anegable determinada en el área de estudio fue de 421.000 hectáreas (39%), donde el 30% de los establecimientos cumplió con la condición de anegabilidad (Fig. 5).

El análisis de las imágenes promedio mensuales de NDVI estableció 13 patrones de evolución de ese índice diferencial, correspondientes a 13 comunidades vegetales diferenciables a escala de paisaje. A partir de los

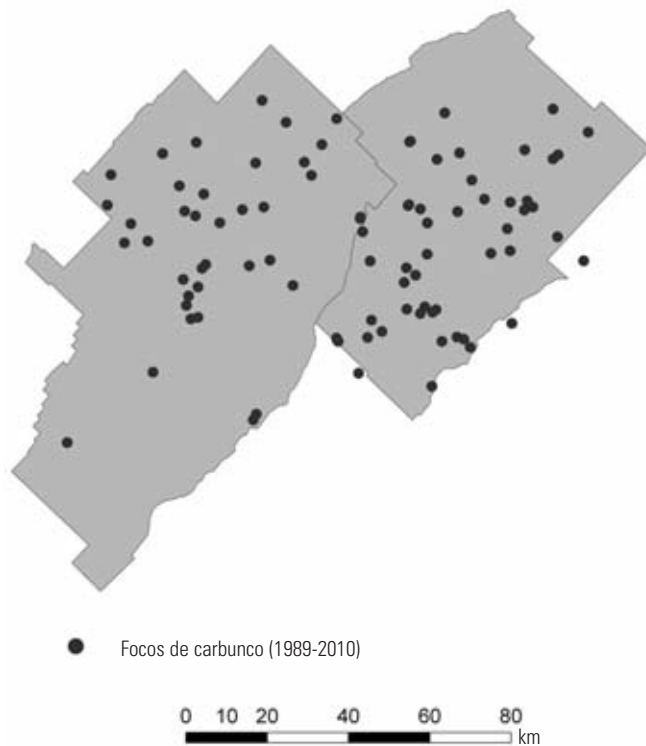
183 puntos de control realizados a campo, se determinó que 5 patrones correspondían a pastizales de baja productividad, caracterizados por la presencia de comunidades del tipo B4, C3, D (31), lotes enmalezados por *Cynodon* spp. y pasturas viejas degradadas (Cuadro II).

**Cuadro II**  
Participación porcentual de pastizales de baja productividad por cada patrón del NDVI identificado

Patrón NDVI	Comunidades de baja productividad (%)	
1	93	**
2	0	
3	100	**
4	44	
5	49	
6	69	**
7	67	**
8	0	
9	0	
10	21	
11	2	
12	13	
13	100	**

\*\* Identifican los patrones considerados pastizales de baja productividad NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index* (Índice Diferencial de Vegetación Normalizado).

a) Punto de GPS

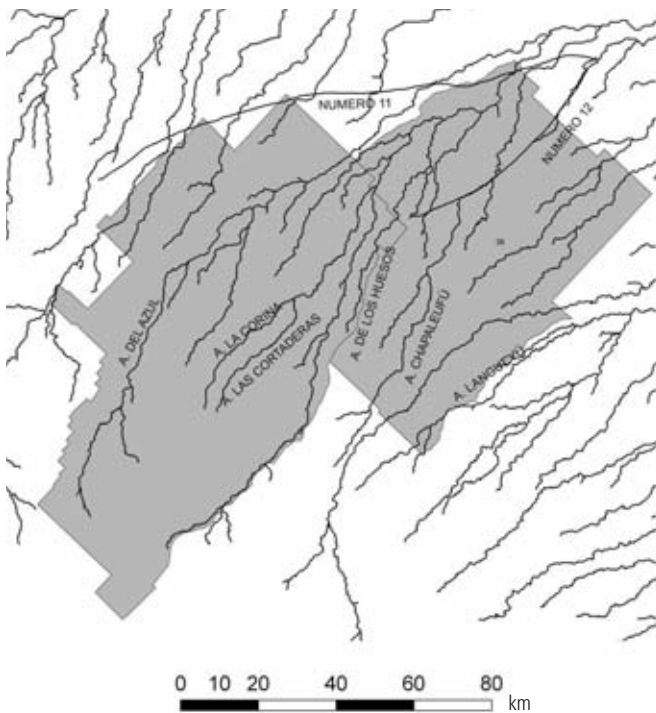


b) Establecimientos afectados



**Fig. 3**  
Ubicación espacial de los focos de carbunco

a) Delineamiento general e identificación de arroyos y canales



b) Establecimientos conectados por vías de escurrimiento

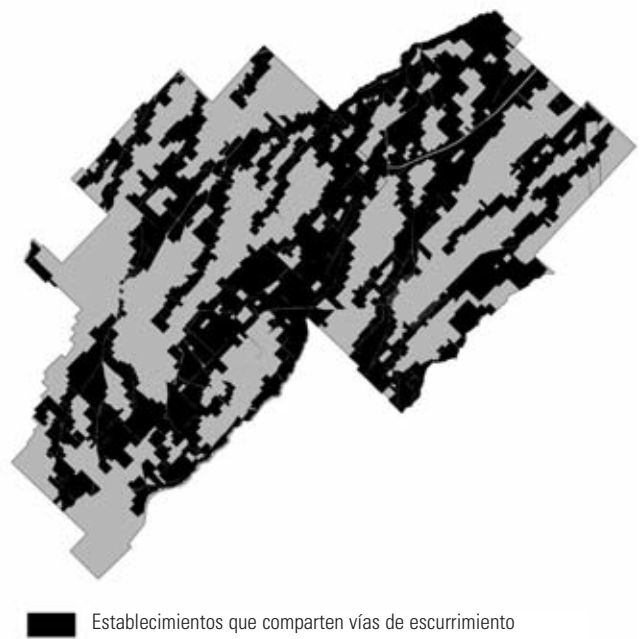
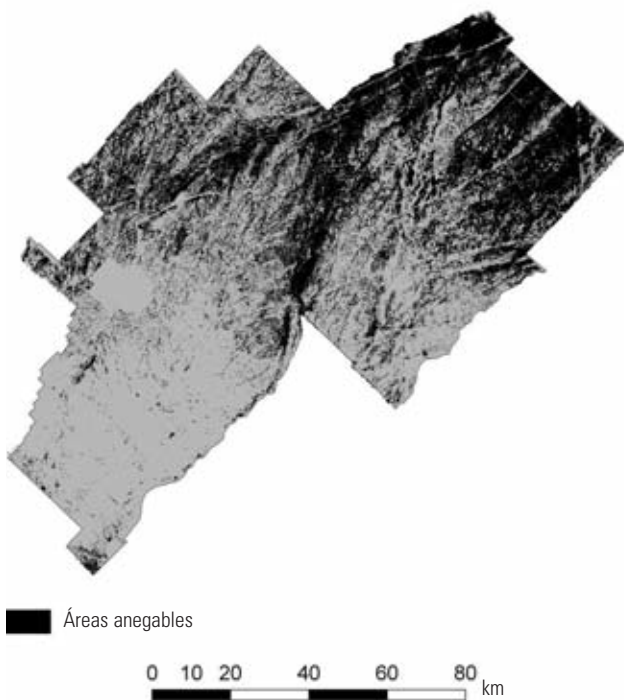


Fig. 4  
Vías de escurrimiento de primer y segundo orden

a) Delimitación de áreas anegables



b) Identificación de los establecimientos con una superficie anegable  $\geq 40\%$

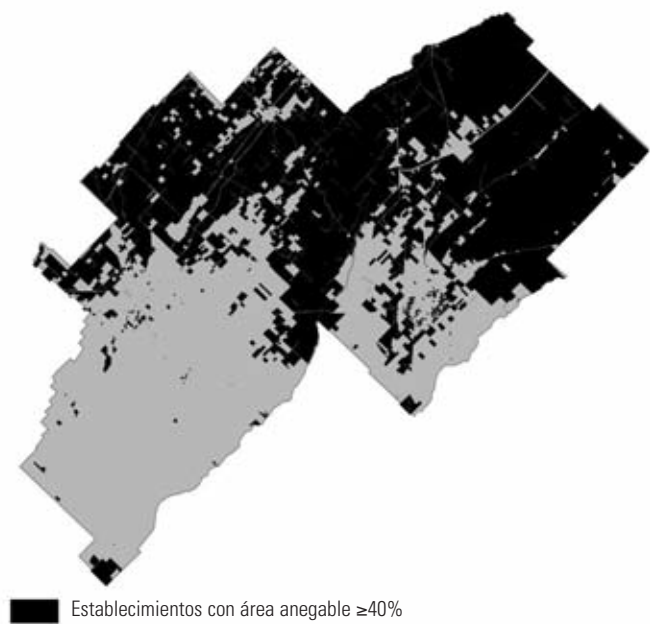


Fig. 5  
Áreas anegables en la zona de estudio

Se reclasificaron los patrones, logrando identificar 378.000 hectáreas de pastizales de baja productividad (34% del área de estudio) (Fig. 6). En el 18% de los establecimientos se cumplió la condición de presencia de pastizales de baja productividad  $\geq 40\%$ .

El análisis de regresión logística de la población de establecimientos determinó que las vías de escurrimiento compartidas, así como la presencia de pastizales de baja productividad en una proporción  $\geq$  al 40%, son los componentes del paisaje que favorecen la aparición de focos de carbunco, mientras que la anegabilidad no resultó ser una variable significativa (Cuadro III). A pesar de que, teóricamente, la anegabilidad es una condición que favorece la aparición del carbunco debido a su estrecha relación con la acumulación del agua y la presencia de suelos hidrohalmórficos, puede suponerse que el paisaje circundante debería tener una mayor energía morfogenética y pendientes superiores al 0,5% para que la variable tuviera la respuesta esperada. Esta condición facilitaría el transporte de esporas por efecto de arrastre, como puede verificarse perfectamente cuando se consideran las vías de escurrimiento compartidas. Los establecimientos que las comparten presentan un riesgo 2,3 veces mayor que aquellos que no las comparten (Cuadro III).

**Cuadro III**  
**Resultados del análisis de regresión logística**

Categorías		Nº
0	Referencia	4.895
1	Respuesta	84
<b>Total</b>		<b>4.979</b>

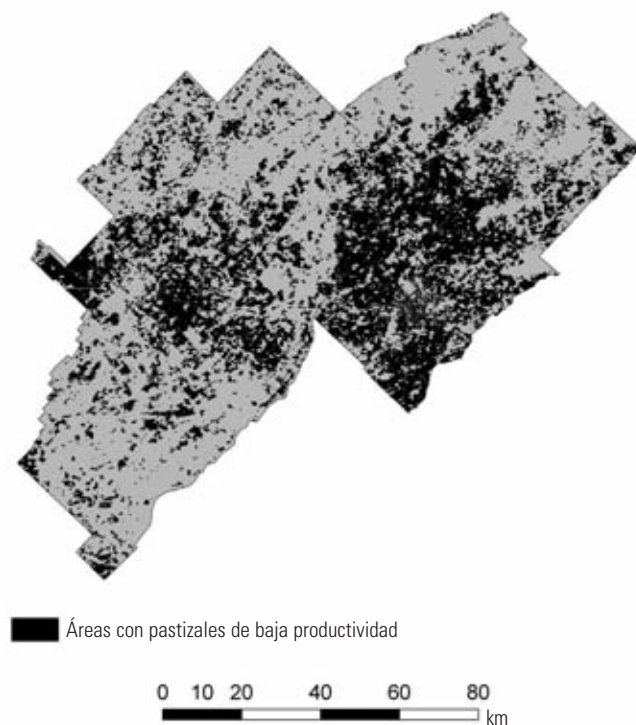
Parámetros	Coeficiente de posibilidades (odds ratio)	IC a= 0,05		
		Superior	Inferior	Valor P
Anegabilidad $\geq 40\%$	1,064	2,112	0,536	0,859
Vía de escurrimiento	2,338	4,679	1,168	0,016
Pastizales baja prod. $\geq 40\%$	5,399	8,351	3,491	0,000

$2*[LL(N)-LL(0)] = 68.290$ , 3 gl,  $\text{Chi}^2$  Valor P = 0,000  
 $\text{Rho}^2$  (McFadden) = 0,080

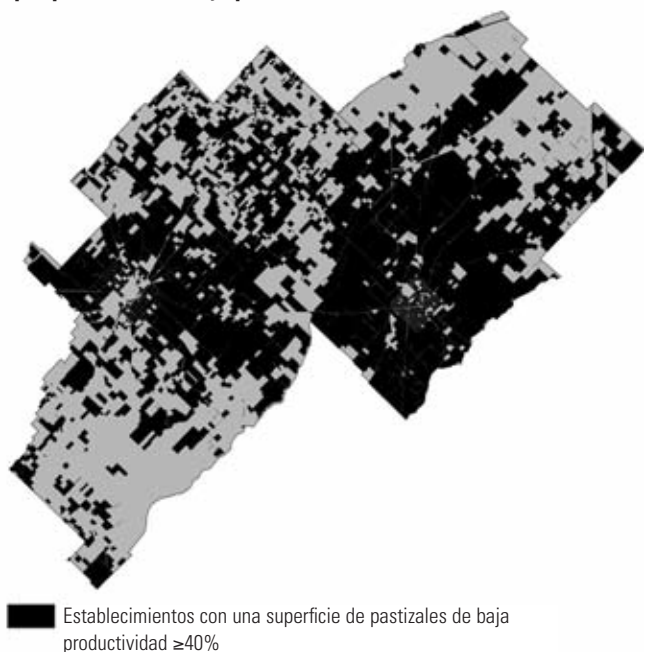
La presencia de pastizales de baja productividad fue el principal componente asociado a la aparición de focos de carbunco. Los establecimientos con una superficie  $\geq 40\%$  presentaron un riesgo 5,4 veces mayor que los que no cumplían esta condición.

Si bien el modelo logístico ajustó significativamente desde el punto de vista del riesgo ( $2*[LL(N) - LL(0)] = 68.290$ , con 3 gl,  $\text{Chi}^2$  p = 0,00001), se obtuvo un

**a) Áreas ocupadas por pastizales de baja productividad**



**b) Establecimientos con una superficie  $\geq 40\%$  ocupada por pastizales de baja productividad**



**Fig. 6**  
**Pastizales de baja productividad**



Rho<sup>2</sup> bajo (McFadden = 0,08). Los valores de Rho<sup>2</sup> superiores a 0,20 se consideran satisfactorios. El modelo obtenido resultó específico y poco sensible, por lo cual no se consideró para el modelado probabilístico de riesgo de carbunco (Cuadro III).

## Discusión

El conocimiento del comportamiento hidrológico en la Pampa Deprimida es un importante factor para entender el carbunco en la zona de estudio. En ocasiones, las vías de escurrimiento son imperceptibles al ojo humano y solo se hacen evidentes con algunos milímetros precipitados. A medida que se colmatan, estas vías de escurrimiento unen establecimientos, volviéndose factores de riesgo de la enfermedad. Para que la anegabilidad juegue un rol destacado respecto del carbunco, a su capacidad de acumular agua y presentar suelos hidrohalomórficos, deberían sumarse pendientes superiores al 0,5% en áreas circundantes, aportando energía morfogenética al paisaje. Esta condición facilitaría el transporte de esporas por efecto de arrastre, como puede verificarse perfectamente cuando se consideran las vías de escurrimiento compartidas. Si se observa muy rápidamente, la vegetación de la Pampa Deprimida parece uniforme debido al escaso desarrollo del paisaje y al reducido tamaño de los diferentes parches que conforman el mosaico suelo – comunidades vegetales. La diferenciación de los ambientes florísticos puede apreciarse con claridad cuando se observa “a cierta distancia” (escala). Así, los que favorecen el carbunco se encuentran en terrenos bajos, alcalinos, bajo condiciones de desarrollo vegetal muy marginales, por lo cual es frecuente encontrar suelo desnudo. Estas áreas son las que mantienen la cubierta vegetal cuando el forraje comienza a escasear y es el lugar que busca el ganado para alimentarse durante el período estival. Si bien el ambiente tiene aspectos que favorecen la aparición de focos de carbunco, es claro que el hombre lo facilita más aún. Tanto la presencia en estos sitios de una

elevada concentración de animales durante prolongados períodos, como la falta de un calendario sanitario riguroso, con planes de vacunación intermitente, agravan la situación. Este elemento de juicio podría explicar el incremento del promedio anual de focos observados en el sector oeste de la zona de estudio (departamento de Azul). Se considera que la actividad agropecuaria se intensificó en la Pampa Deprimida en 2002. El promedio de focos previos a ese año era de 2,5, mientras que posteriormente ascendió a 4,5. No puede concluirse aún sobre este aspecto ya que no se dispone de la información regional que permitiría confirmar la hipótesis. Pero podría verificarse si un mayor número de laboratorios de diagnóstico veterinario suministraran información cronológica sobre los focos y su ubicación.

## Conclusión

En la Pampa Deprimida, el carbunco seguirá siendo una problemática que debe tenerse en cuenta, no solo respecto del ganado, sino también para el personal de campo y profesionales veterinarios. Como en otros lugares del mundo, para erradicarla debería aplicarse un plan de control generalizado. Uno de los principales problemas a resolver es la necesidad de sensibilizar a los productores ganaderos sobre la importancia de la vacunación contra el carbunco. La identificación de variables de riesgo es una primera aproximación para la toma de decisiones y la mejora de la eficiencia de la aplicación de futuros planes de control y erradicación de esta enfermedad.

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al personal técnico del Laboratorio Azul Diagnóstico S.A. y del Laboratorio Regional Rauch (MAA), así como a los veterinarios de campo que día a día redoblan sus esfuerzos en pos de mejorar la calidad del diagnóstico.



# Landscape components favouring the occurrence of anthrax in the Flooding Pampa grasslands (Buenos Aires province, Argentina)

M.C. Rojas, P.M. Vázquez, M. Verdier & R. Nosedá

### Summary

The authors studied the landscape components that favour the occurrence of anthrax in the Flooding Pampa grasslands (Buenos Aires province, Argentina). They made spatial locations of anthrax outbreaks diagnosed by registered

veterinary laboratories in the study area's zone of influence. As variables for study, they differentiated areas that are flooded for 20% of the time or more from primary and secondary runoff channels. They also identified areas with low-productivity pasture.

Logistic regression analysis of farm populations revealed that landscape components favouring the occurrence of anthrax outbreaks are shared runoff channels (odds ratio (OR) = 2.3; confidence interval (CI) = 1.2; 4.7) and  $\geq 40\%$  low-productivity pasture (OR = 5.4; CI = 3.5; 8.3). Contrary to initial assumptions, susceptibility to flooding was not a significant variable (OR = 1.1; CI = 0.5; 2.1).

The authors concluded that the first step in decision-making and ensuring more efficient implementation of future anthrax control and eradication plans was to identify risk variables.

#### Keywords

Susceptibility to flooding – Argentina – *Bacillus anthracis* – Buenos Aires – Anthrax – Outbreak – Flooding Pampa grasslands – Low-productivity pasture – Runoff channel. ■

## Composantes du paysage favorisant l'apparition de la fièvre charbonneuse dans la Pampa Deprimida (province de Buenos Aires, Argentine)

M.C. Rojas, P.M. Vázquez, M. Verdier & R. Nosedá

#### Résumé

Les auteurs ont étudié les composantes du paysage susceptibles de favoriser l'apparition de la fièvre charbonneuse dans la Pampa Deprimida (province de Buenos Aires, Argentine). Pour ce faire, ils ont déterminé la localisation précise des foyers de fièvre charbonneuse que les laboratoires vétérinaires avaient diagnostiqués dans la zone d'étude. Les variables prises en compte pour délimiter les zones d'étude étaient notamment une fréquence des inondations supérieure ou égale à 20 % ainsi que la présence de voies d'écoulement primaires et secondaires. Les zones contenant des prairies peu productives ont également été identifiées.

L'analyse de régression logistique des établissements étudiés a révélé que les composantes du paysage favorisant l'apparition des foyers de fièvre charbonneuse sont la présence de voies d'écoulement communes (odds ratio [OR] de 2,3 avec un intervalle de confiance [IC] compris entre 1,2 et 4,7) ainsi que l'existence de prairies peu productives représentant 40 % ou plus des parcelles (OR de 5,4 avec un IC compris entre 3,5 et 8,3). Contrairement à l'hypothèse de départ, la fréquence des inondations ne s'est pas avérée être une variable significative (OR de 1,1 avec un IC compris entre 0,5 et 2,1).

En conclusion, les auteurs estiment que l'identification des facteurs de risque constitue une approche préalable à toute prise de décision visant à améliorer l'efficacité des futurs plans de contrôle et d'éradication de la fièvre charbonneuse.

#### Mots-clés

Argentine – *Bacillus anthracis* – Buenos Aires – Fièvre charbonneuse – Foyer – Pampa Deprimida – Prairie peu productive – Terre inondable – Voie d'écoulement. ■

## Bibliografía

1. Ambrosioni P. & Creminini Z.E. (1948). – Epizootia de carbonchio ematico negli animali del giardino zoologico di Roma. *Clin. vet.* (Milán), **71**, 143-151.
2. Anón. (2006). – ArcView GIS 9.2. Manual del Usuario. ESRI.
3. Bakken L.B. (1985). – Separation and purification of bacteria from soil. *Appl. environ. Microbiol.*, **49**, 1482-1487.
4. Barbagalo J. (1983). – Las áreas anegables de la Pampa Deprimida. Un planteo agrohidrológico para su solución. En Coloquio internacional sobre hidrología de grandes llanuras. 11-20 de abril, Olavarría, Argentina, 73 págs.
5. Blackburn J.K., McNyset K.M., Curtis A. & Hugh-Jones M.E. (2007). – Modeling the geographic distribution of *Bacillus anthracis*, the causative agent of anthrax disease, for the contiguous United States using predictive ecologic niche modeling. *Am. J. trop. Med. Hyg.*, **77** (6), 1103-1110.
6. Böhm R. (1990). – Resistance, survival, sterilization and disinfection of spores of *Bacillus anthracis*. *Salisbury Med. Bull.*, (Supl. especial), **68**, 99-101.
7. Briggs D.J. & Elliott P. (1995). – The use of geographical information systems in studies on environment and health. *World Health Stat. Q.*, **48** (2), 85-94.
8. Bullock D.S. (1956). – Vultures as disseminators of anthrax. *Auk*, **73**, 283-284.
9. Burkart S.E., León R.J.C. & Movia C.P. (1990). – Inventario fitosociológico del pastizal de la Depresión del Salado (Prov. de Bs. As.) en un área representativa de sus principales ambientes. *Darwiniana*, **30**, 27-69.
10. Carrazoni J.A. (1993). – Historia de Ganaderos y de Veterinarios. Altuna, Buenos Aires, Argentina, 224 págs.
11. Chaneton E.J. (2005). – Factores que determinan la heterogeneidad de la comunidad vegetal en diferentes escalas espaciales. En La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León (Coords.: M. Oosterheld, M.R. Aguiar, C.M. Ghersa & J.M. Paruel). Facultad de Agronomía de Buenos Aires, Argentina, 19-42.
12. Chaneton E.J., Perelma S.B., Omacini M. & León R.J.C. (2002). – Grazing, environmental heterogeneity, and alien plant invasions in temperate pampa grasslands. *Biol. Invas.*, **4**, 7-24.
13. Choquette L.P.E. & Broughton E. (1981). – Anthrax. En Infectious diseases of wild mammals, 2.ª Edición (Coords.: J.W. Davis, L.H. Karstad & D.O. Trainer). Iowa State University Press, Ames, Iowa.
14. Cocimano M., Lange A. & Menvielle E. (1975). – Estudio sobre equivalencias ganaderas. Producción Animal, Buenos Aires, Argentina. **4**, 161-190.
15. Consejo Federal de Inversiones (Provincia de Buenos Aires) (1980). – Estudio de la zona deprimida del Salado. Informe final (1.ª etapa): Estudios de suelos y vegetación. Vol. III, D. La Plata, Argentina.
16. Crescimanno G., Iovino M. & Provenzano G. (1995). – Influence of salinity and sodicity on structural and hydraulic characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **59**, 1701-1708.
17. De Vos V. (1990). – The ecology of anthrax in the Kruger National Park. *Salisbury Med. Bull.* (Supl. especial), **68**, 19-23.
18. De Vos V. & Bryden H.B. (1995). – The epidemiology of a major anthrax outbreak in the Kruger National Park. En Abstracts of the International Workshop on Anthrax, 19-21 de septiembre, Winchester, Reino Unido, 25-26.
19. Dragon D.C. & Rennie R.P. (1995). – The ecology of anthrax spores: tough but not invencible. *Can. vet. J.*, **36** (5), 295-301.
20. Dragon D.C. & Elkin B.T. (2001). – An overview of early anthrax outbreaks in northern Canada. Field reports of the Health of Animals Branch, Agriculture Canada, 1962-1971. *Arctic*, **54** (1), 32-40.
21. Dragon D.C., Bader D.E., Mitchell J. & Woollen N. (2005). – Natural dissemination of *Bacillus anthracis* spores in Northern Canada. *Appl. environ. Microbiol.*, **71** (3), 1610-1615.
22. Foerster H.F. & Foster J.W. (1966). – Endotrophic calcium, strontium and barium spores of *Bacillus megaterium* and *Bacillus cereus*. *J. Bacteriol.*, **91**, 1333-1345.
23. French N.P., Berriatua E., Wall R., Smith K. & Morgan K.L. (1999). – Sheep scab outbreaks in Great Britain between 1973 and 1992: spatial and temporal patterns. *Vet. Pathol.*, **83**, 187-200.
24. Gainer R.S. (1987). – Epizootiology of anthrax and Nyasa wildebeest in the Selous Game Reserve, Tanzania. *J. Wildl. Dis.*, **23**, 175-178.
25. Hosmer D.W. & Lemeshow S. (1989). – Applied Logistic Regression. Wiley, Nueva York.
26. Hugh-Jones M.E. & De Voss V. (2002). – Carbunco bacteridiano y fauna salvaje. En Enfermedades infecciosas de los animales salvajes: detección, diagnóstico y gestión (2.ª Parte) (Coord.: R.G. Bengis). *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, **21** (2), 359-383.
27. Hugh-Jones M. & Blackburn J. (2009). – The ecology of *Bacillus anthracis*. *Molec. Asp. Med.*, **30** (6), 356-367.
28. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (1977). – La Pampa Deprimida, condiciones de drenaje de sus suelos. Departamento de suelos. Serie Suelos, **154**, 166 págs.

29. Kamat A.S., Lewis N.F., Pradhan D.S. (1985). – Mechanism of Ca<sup>+</sup> and dipicolinic acid requirement for L-alanine induced germination of *Bacillus cereus* BIS-59 spores. *Microbios*, **44**, 33-44.
30. Laboratorio Azul Diagnóstico S.A. (2010). – Novedades Carbunco Rural. Página web: [www.laboratorioazul.com.ar/laboratorioazul/html/novedades.html](http://www.laboratorioazul.com.ar/laboratorioazul/html/novedades.html) (consultada en junio 2010).
31. León R.J.C., Agnusdei M., Burkart S., Fernández Grecco R., Movia C., Oesterheld M., Perelman S. & Rusch G. (1985). – Las comunidades vegetales del pastizal del sur de la Depresión del Salado. Resúmenes 12.<sup>a</sup> Reunión Argentina de Ecología, Misiones, Argentina.
32. León R.J.C. (1991). – Geographic limits of the region, geomorphology and geology, regional subdivisions, floristic aspects, description of the vegetation. *En* Natural grasslands: introduction and western hemisphere (Coord.: R.T. Coupland). Elsevier, Amsterdam, Países Bajos, 369-387.
33. Lin L., Yang Y., Wang H., Dong J., Zhao Y., He J. & Fan H. (2010). – Monitoring Method of Cow Anthrax based on GIS and Spatial Statistical Analysis (Coords.: L. Li & Y. Zhao). International Federation for Information Processing (IFIP) Advances in Information and Communication Technology Series, **317**, 21-26.
34. Lindeque P.M. & Turnbull P.C.B. (1994). – Ecology and epidemiology of anthrax in Etosha National Park, Namibia. *Onderstepoort J. vet. Res.*, **61**, 71-83.
35. Marsh W.E., Damrongwatanapokin T., Larntz K. & Morrison R.B. (1991). – The use of geographic information system in an epidemiological study of pseudorabies (Aujeszky's disease) in Minnesota swine herds. *Prev. vet. Med.*, **11**, 249-254.
36. Masuelli S., Vázquez P. & Faure O. (2006). – Adecuación del DEM del STRM de 90 metros para usos hidrológicos en llanuras. *En* 12.<sup>o</sup> Simposio Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica, 24-29 de septiembre, Cartagena, Colombia.
37. Miaczynski C. (1995). – Los suelos hidromórficos e hidrohalomórficos de la provincia de Buenos Aires. *Rev. Fac. Agr. (UBA)*, **15**, 23-36.
38. Minett F.C. & Dhanda M.R. (1941). – Multiplication of *B. anthracis* and *B. chauvoei* in soil and water. *Indian J. vet. Sci. anim. Husb.*, **11**, 308-321.
39. Nosedá R.P., Martínez A.H., Bardón J.C. & Cordeviola J.M. (1986). – Carbunco bovino en un área de 20 partidos de la provincia de Buenos Aires. Prevalencia aparente y presencia estacional durante 1977-1984. *Rev. Therios.*, **7** (33), 36.
40. Nosedá R.P., Cordeviola J.M., Bardón J.C., Martínez A.H. & Combessies G. (1995). – Carbunco bovino, distribución porcentual anual y estacional en 30 partidos de la provincia de Buenos Aires. I Congreso Argentino de Zoonosis. *Vet. Argent.*, **12** (110), 606.
41. Nosedá R.P., Cordeviola J.M., Fiscalini B., Bardón J.C., Martínez A.H. & Combessies G.M. (2001). – Carbunco bovino: Encuesta epidemiológica sobre 46 focos en la provincia de Buenos Aires y su relación con la enfermedad humana. *Vet. Argent.*, **18** (178), 578-587.
42. Nosedá R.P., Mock M., Leux M., Cordeviola J.M., Fiscalini B., Bigalli C., Combessies G.M., Martínez A.H., Bardón J.C. & Acuña C.M. (2002). – Carbunco bovino: su infección al humano, diagnóstico por métodos tradicionales y caracterización molecular (PCR). *Vet. Argent.*, **19** (188), 581-590.
43. Nosedá R., Álvarez Prat R., Vázquez P., Combessies G., Seoane J., Pazos S. & Bolpe J. (2006). – Programa de alerta y respuesta ante epidemia de ocurrencia natural, accidental o deliberada de *B. anthracis*, Azul, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Acta Bioqu. Clín. Latinoam.*, **3**.
44. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) (2008). – Manual de las Pruebas de Diagnóstico y de las Vacunas para los Animales Terrestres. Capítulo 2.1.1. Página web: [www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health\\_standards/tahm/2.01.01.%20Carbunco%20bacteridiano.pdf](http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/2.01.01.%20Carbunco%20bacteridiano.pdf) (consultada en junio de 2010).
45. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) (2009). – Código Sanitario para los Animales Terrestres. Capítulo 8.1. Página web: [http://www.oie.int/index.php?id=169&L=2&htmfile=chapitre\\_1.8.1.htm](http://www.oie.int/index.php?id=169&L=2&htmfile=chapitre_1.8.1.htm) (consultada en junio de 2010).
46. Parkinson R., Rajic A. & Jenson C. (2003). – Investigation of an Anthrax outbreak in Alberta in 1999 using a Geographic Information System. *Can. vet. J.*, **44**, 315-318.
47. Pazos M.S., Roca N., Nosedá R. & Combessies G. (2006). – Relación entre las propiedades edáficas y los brotes de ántrax de ocurrencia natural. *En* Resumen completo 20.<sup>o</sup> Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo y I Reunión de Suelos de la Región Andina, Salta, Jujuy, 19-22 de septiembre, Argentina.
48. Pazos M.S., Roca N., Nosedá R. & Combessies G. (2007). – Impacto de las propiedades del suelo en los brotes de ántrax de ocurrencia natural en la Pampa Húmeda Argentina: estudio de caso. *En* XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. León, Guanajuato, México, 17-21 de septiembre.
49. Perelman S.B., León R.J.C. & Oesterheld M. (2001). – Cross-scale vegetation patterns of Flooding Pampa grasslands. *J. Ecol.*, **89**, 562-577.
50. Posadas C. (1934). – La solución al problema de las inundaciones y desagües en la provincia de Buenos Aires. Ministerio de Obras Públicas de la provincia de Buenos Aires, La Plata, 117 págs.
51. Rengasamy P. & Olsson K.A. (1991). – Sodicity and soil structure. *Aust. J. Soil Res.*, **29**, 935-952.



52. Rusch G.M. & Oesterheld M. (1997). – Relationship between productivity, and species and functional group diversity in grazed and non-grazed Pampas grassland. *Oikos*, **78**, 519-526.
53. Saggese M.D., Nosedá R.P., Uhart M.M., Sharon L.D., Ferreyra H., Romano M.C., Ferreyra-Armas M.C. & Hugh-Jones M.E. (2007). – First detection of *Bacillus anthracis* in feces of free-ranging raptors from Central Argentina. *J. Wildl. Dis.*, **43** (1), 136-141.
54. Sala J. (1983). – La problemática en las investigaciones geohidrológicas en grandes llanuras con escasa información. En Coloquio Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras, 11-20 de abril, Olavarría, Argentina, 21 págs.
55. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) (2010). – Página web: [www.senasa.gov.ar/contenido.php?to=n&in=260&rio=1368](http://www.senasa.gov.ar/contenido.php?to=n&in=260&rio=1368) (Fecha de consulta en junio de 2010).
56. Shuttle Radar Topography Mission (2003). – Página web: <http://srtm.csi.cgiar.org/> (consultada en junio 2010)
57. Soil survey staff (2006). – Keys to Soil Taxonomy. 10ª Edición. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA), Servicio para la Conservación de los Recursos (NRCS). Washington D.C., 341 págs.
58. Stastna J. & Vinter V. (1970). – Spores of microorganisms. XXIII. Interdependence of intra- and extracellular levels of calcium: Its effects on the germination of bacterial spores in different media. *Folia microbiol.*, **15**, 103-110.
59. Sterne M. (1959). – Anthrax. En *Infectious diseases of animals*, Vol. I (Coords.: A.W. Stableforth & I.A. Galloway). Diseases due to Bacteria. Butterworths Scientific Publications, Londres, 16-52.
60. Stevenson M., Morris R., Wilesmith J., Ryan J., Lockhart J., Lin D. & Jackson R. (2000). – Temporal aspects of the bovine spongiform encephalopathy epidemic in Great Britain: individual animal associated risk factors for disease. *Vet. Rec.*, **147**, 349-354.
61. Stevenson M., Morris R., Lawson A., Wilesmith J., Ryan J. & Jackson R. (2005). – Area-level risks for BSE in British cattle before and after the July 1988 meat and bone meal feed ban. *Prev. vet. Med.*, **69**, 129-144.
62. Sussman A.S. & Halvorson H.O. (1966). – Spores, their dormancy and germination. Harper & Row, Nueva York, 354 págs.
63. Systat (2006). – Systat 11, Manual del Usuario. Systat Software Inc., Chicago.
64. Tieszen L.L., Reed B.C., Blis N.B. Wylie B.K. & DeJong D.D. (1997). – NDVI, C3 and C4 production, and distributions in great plains grassland land cover classes. *Ecol. Applic.*, **7** (1), 59-78.
65. Tricart J. (1973). – La geomorfología de la Pampa Deprimida como base para los estudios edafológicos y agronómicos. Plan mapa de suelos de la región pampeana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). XII Colección Científica, Buenos Aires, Argentina, 202 págs.
66. Tucker C.J. (1979). – Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing Environ.*, **8**, 127-150.
67. Turnbull P.C.B. (1998). – Guidelines for the Surveillance and Control of Anthrax in Humans and Animals (3ª edición). Organización Mundial de la Salud (OMS), Ginebra, 97 págs. (WHO/EMC/ZDI/98.6).
68. Turner A.J., Galvin J.W., Rubira R.J., Condrón R.J. & Bradley T. (1999). – Experience with vaccination and epidemiological investigations on an anthrax outbreak in Australia in 1997. *J. appl. Microbiol.*, **87**, 294-297.
69. Van Ness G.B. (1959). – Soil relationship in the Oklahoma Kansas anthrax outbreak of 1957. *J. Soil Water Conserv.*, **14**, 70-71.
70. Van Ness G.B. (1971). – Ecology of anthrax. *Science*, **172**, 1303-1307.
71. Vasileva V.M. (1959). – A study of soil bacteria as antagonists of anthrax bacilli. *Sbornik Nanchnykh Trudov Lvovskii Zoovet Ins.*, **9**, 149-153.
72. Vázquez P., Entraigas I., Varni M., Gandini M. & Usunoff E. (2003). – Identificación de patrones de anegamiento en la cuenca del arroyo del Azul mediante el uso de imágenes Landsat. *Rev. Asoc. Esp. Teledetección*, **19**, 43-49.
73. Vázquez P., Nosedá R.P., Combessies G., Cordeviola J.M., Bigalli C., Fiscalini B., Bardón J.C. & Martínez A.H. (2005). – *Bacillus anthracis*, utilización de un Sistema de Información Geográfico (SIG) para el análisis espacio temporal de 54 brotes de carbunco rural en el partido de Azul, Buenos Aires, Argentina. *Vet. Argent.*, **22** (218), 579-590.
74. Vázquez P., Rojas M.C. & Burges J. (2008). – Caracterización y tendencias de la ganadería bovina en la cuenca del Salado. *Vet. Argent.*, **25** (248), 572-584.
75. Vázquez P., Masuelli S., Platzeck G. & Boolsen O. (2008). – Recurrencia de anegamiento en la depresión del río Salado: subcuenca B4. *Rev. Teledetección*, **30**, 47-59.
76. Vervoort FB. (1967). – Las comunidades herbáceas de la Depresión del Salado. En *La Vegetación de la República Argentina. Serie Fitogeográfica, N° VII*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires, Argentina, 296 págs.

