



¿Podemos a través de imágenes satelitales detectar pasturas de festuca alta infectadas con endófito?

Una propuesta para mapear la vulnerabilidad a la *festucosis* en el sudeste bonaerense

Luciano Lacoste^{1*}, Lucas Petigrosso¹,
Florencia Jaimes^{1,2}, Celina Borrajo³,
Jorge Castaño^{1,2}, Mabel Colabelli¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP).

² EEA INTA Balcarce.

³ EEA INTA Cuenca del Salado

lm_lacoste@hotmail.com

“Festuca alta” es una gramínea perenne de crecimiento otoño-inverno-primaveral sembrada en ambientes templados húmedos de todo el mundo. En Argentina, a mediados del siglo XX, esta especie fue añadida en las mezclas forrajeras con un gran impulso del Programa de Desarrollo Productivo conocido como “Plan Balcarce”. La incorporación de festuca en las pasturas perennes tuvo como objetivo incrementar la producción forrajera y compensar los “baches de forraje” generados fundamentalmente durante el invierno. Actualmente, esta gramínea forma parte de las pasturas mono y polifiti-

cas más implantadas en la región. Crece también espontáneamente entre las comunidades vegetales del campo natural y banquinas de la Cuenca del Salado. En los últimos años, esta especie ha colonizado y dominado los bordes de caminos, favorecida por la simbiosis con el hongo endófito *Epichloë coenophiala* que le otorga a las plantas mayor tolerancia a estreses, mayor vigor y competitividad. Sin embargo, las plantas que se encuentran infectadas con endófito sintetizan metabolitos tóxicos (ergocalcoides) para el ganado que las consume, provocando la sintomatología conocida como *festucosis*.

Considerando tanto la problemática de toxicidad para los animales que consumen festuca infectada (en adelante E+), como la alta dominancia de plantas de festuca E+ que, en particular genera la exclusión de otras especies y disminuye la riqueza florística y biodiversidad de dichos recursos forrajeros, es importante contar con un seguimiento y monitoreo no sólo a escala local (o predial) sino también a escala de paisaje del avance de la *festucosis*. En este sentido, hasta el momento es escasa la información que permita identificar zonas de mayor o menor susceptibilidad a la invasión de plantas de festuca E+. Por esta razón, es de gran importancia

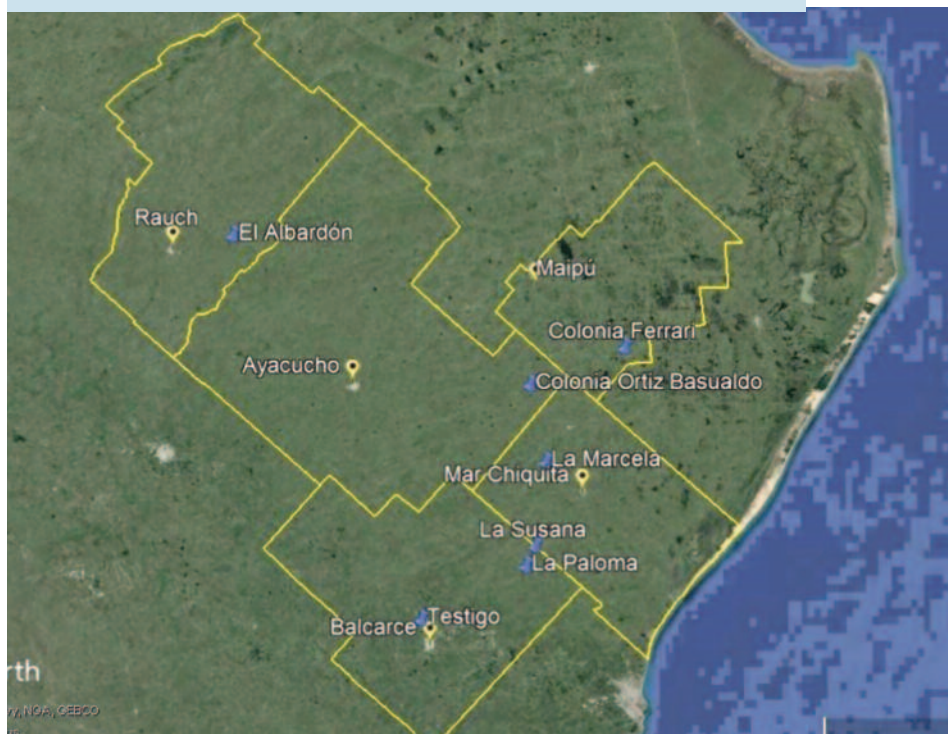


generar mapas de vulnerabilidad, es decir, zonas donde la probabilidad de aumentos en los niveles de *festucosis* son altas, con el fin de prevenir nuevas poblaciones infectadas en los próximos años y promover estrategias eficientes de control a escala territorial.

Dentro de los métodos para observar el uso de la tierra, la teledetección es uno de los más eficaces. El análisis multi-temporal de imágenes satelitales provistas por los satélites MODIS-TERRA o LANDSAT es una herramienta clave para caracterizar el comportamiento fenológico de los cultivos, pasturas y pastizales. La representación de firmas fenológicas que resultan de índices de vegetación podría permitirnos discriminar entre diferentes usos de la tierra, caracterizar estadios fenológicos o condiciones nutricionales contrastantes y discernir posibles coberturas donde la festuca infectada predomina. En este sentido, la construcción de firmas fenológicas de pasturas de festuca infectadas puede ser una herramienta de suma importancia en la detección, cuantificación y caracterización del nivel de riesgo de *festucosis* en nuestra región.

Los objetivos en el trabajo que presentamos fueron a) construir y comparar las firmas fenológicas de las pasturas de festuca alta infectadas respecto a una pastura libre de endófito, y b) elaborar mapas de vulnerabilidad a la *festucosis* a partir de las firmas fenológicas de las pasturas estudiadas. Para ello, durante la campaña 2016 se estudiaron diferentes lotes pertenecientes a cinco partidos del Sudeste de la provincia de Buenos Aires (n=18). En el partido de Rauch se analizaron tres lotes de establecimientos privados, en Ayacucho tres

Figura 1 | Ubicación de los establecimientos estudiados en los cinco partidos del sudeste de la provincia de Buenos Aires.



lotes de la Colonia Ortiz Basualdo, en Balcarce seis lotes de establecimientos privados, en Maipú dos lotes de la Colonia Ferrari y en Mar Chiquita tres lotes de establecimientos privados (Figura 1). En la totalidad de los lotes festuca alta fue el principal componente de las coberturas forrajeras analizadas (pasturas con algún nivel de degradación principalmente, Figura 2). En cuanto a la superficie de los lotes analizados, los mismos presentaron un promedio de 75 ha. El lote testigo con festuca alta libre de endófito pertenece a la Reserva N°7 del INTA Balcarce. Esta reserva está ubicada en un suelo ganadero y consiste en un módulo demostrativo de cría bovina

intensiva. Las pasturas muestreadas en el mismo, compuestas mayoritariamente por festuca alta pura y festuca alta consociada con alfalfa, tenían cuatro años de implantación. Asimismo, esta pastura presentaba un manejo intensivo del pastoreo por lo que se encontraba en niveles óptimos, contrariamente a la degradación observada en la mayoría de los lotes con presencia del endófito.

En cada lote se tomaron entre 10 y 40 muestras dependiendo de su superficie y la heterogeneidad del relieve. Para ello, se recorrieron los lotes en zig-zag y se muestrearon panojas y macollos de plantas de fes-

#SemanaDelGirasolBuck

Campaña 20|21

www.semillasbuck.com.ar

BUCK 363CL

BUCK 355CL

BUCK El apellido de la semilla

tuca alta según el estado fenológico de la pastura. Luego, se realizó el análisis microscópico de endófito en las muestras recolectadas. De esta manera, las semillas y/o macollos que contenían el endófito fueron diagnosticadas como positivas (E+) y las no infectadas como negativas (E-). Con estos resultados, se calculó el porcentaje de infección de la pastura por lote.

Las imágenes satelitales utilizadas para la construcción de firmas fenológicas fueron provistas por el sensor MODIS (<https://modis.gsfc.nasa.gov/>) que se encuentra a bordo de los satélites Terra o EOS-AM y Aqua o EOS-PM. Para la construcción de las firmas fenológicas se utilizó el producto MOD13Q1, el cual consiste en imágenes de NDVI compuestas por datos obtenidos durante 16 días temporal.

En cada lote se construyeron firmas fenológicas utilizando imágenes multi-temporales de NDVI-MODIS. La firma fenológica (FF) realizada comprendió el periodo entre enero y diciembre del año 2016 (Tabla 1) y está compuesta por 23 imágenes quincenales que fueron compiladas en una sola con el objetivo de facilitar la metodología de análisis con el software QGIS.

Para la identificación de zonas de vulnerabilidad a la *festucosis* se utilizaron dos fuentes de información. Por un lado, las firmas fenológicas (FF) promedio de los lotes infectados en cada partido y por otro, las FF de cada píxel de cada uno de los partidos analizados. Con ambas fuentes, se construyó un árbol de decisiones, los cuales permitieron identificar zonas en donde el comportamiento espectral (NDVI) de los píxeles tuvieron un comportamiento similar al de las firmas fenológicas de las pasturas de festuca E+. El procedimiento se repitió en cada uno de los partidos analizados. Una vez obtenida la salida del árbol de decisiones se mapeó y zonificó en cada partido las áreas que posiblemente presenten una mayor vulnerabilidad a la *festucosis*.

Tabla 1 | Descripción de la firma fenológica (FF) donde se presentan las bandas temporales y quincenas correspondientes a cada una de ellas.

Banda temporal	Desde - Hasta
1	01 ene - 16 ene
2	17 ene - 01 feb
3	02 feb - 17 feb
4	18 feb - 05 mar
5	06 mar - 21 mar
6	22 mar - 06 abr
7	07 abr - 22 abr
8	23 abr - 08 may
9	09 may - 24 may
10	25 may - 09 jun
11	10 jun - 25 jun
12	26 jun - 11 jul
13	12 jul - 27 jul
14	28-jul - 12 ago
15	13 ago - 28 ago
16	29 ago - 13 sep
17	14 sep - 29 sep
18	30 sep - 15 oct
19	16 oct - 31 oct
20	01 nov - 16 nov
21	17 nov - 02 dic
22	03 dic - 18 dic
23	19 dic - 31 dic

Figura 2 | Imágenes de cuatro lotes pertenecientes a distintos establecimientos muestreados durante la campaña 2016.



Resultados

Porcentaje de infección con endófito en pasturas muestreadas

Los lotes analizados en los cinco partidos presentaron alto porcentaje de infección, con variaciones entre 70 y 100%. Los partidos de Mar Chiquita, Maipú y Rauch fueron los que presentaron mayor porcentaje de infección (100%). El lote testigo, por su parte, presentó un 0% de infección.

Análisis de las firmas fenológicas

A partir de las firmas fenológicas de cada lote con presencia de festuca infectada se construyó una firma promedio para el área total de estudio y para cada uno de los partidos en estudio. La FF promedio del área total presentó una curva bimodal en la que se evidencian los periodos de crecimiento estacional de las pasturas perennes templadas en donde predomina festuca alta. Se pueden observar dos picos de producción de forraje, uno primaveral y otro otoñal con

valores de NDVI de 0,75 y 0,71 pertenecientes a los meses de marzo y septiembre, respectivamente. A su vez, los valores más bajos del año se registraron en enero y julio (valores de NDVI 0,55 y 0,51, respectivamente) correspondiendo al menor crecimiento de esta forrajera por la sequía de verano o las bajas temperatura de invierno (Figura 3a).

Los lotes de Balcarce, Ayacucho y Mar Chiquita presentaron firmas fenológicas similares. En estos lotes la variabilidad intraanual fue menor, presentando inviernos menos pronunciados respecto a la FF promedio para toda la zona. Por otro lado, en los tres casos se observó una caída durante la segunda quincena de enero y primera de febrero, siendo los lotes de Balcarce, los que presentaron los menores valores en ese período (Figura 3b). Los partidos de Maipú y Rauch presentaron una mayor variación intraanual (Figura 3c). Los valores del invierno fueron más bajos y los mínimos muy acentuados en el perio-

do invernal (0,40 en el caso de Maipú y 0,54 en el caso de Rauch). En primavera mostraron un comportamiento similar a los demás partidos no superando valores superiores a 0,80. Por otro lado, la FF de Maipú presentó valores otoñales superiores a Rauch (0,75 vs 0,65) mientras que los valores primaverales de Rauch superaron a los de Maipú (comenzando en 0,6 y llegando a 0,8 en el primer caso y comenzando en 0,4 y llegando a 0,65 en el segundo caso). El lote testigo (Figura 3d) presentó una diferencia clave en cuanto a la variabilidad intraanual aunque el rango de valores fue similar a los lotes infectados (0,40 a 0,80). Se puede observar que la festuca infectada tiene valores más altos de NDVI que se sostienen durante más quincenas del año, mientras que las pasturas de festuca libres de endófito presentan una mayor variación quincena a quincena.

Las poblaciones de festuca E- presentaron valores de NDVI más bajos que E+, y, posiblemente menores

 **Casaro & Cia S.A.**
Tecnología de bovinos en producción

25
AÑOS

CALIDAD EN
NUTRICION


www.casaroycia.com.ar

DISTRIBUIDOR OFICIAL

 **vetifarma**
especialistas en nutrición y salud animal

Ruta 226 Km. 65,5 / 7620 Balcarce / Pcia. Bs. As.

Tel.: 2266 42 4460 | contacto@casaro.com.ar

 /CasaroBalcarce |  Casaroycia

Fertilizante foliar

VitaGrow

Bioestimulante de aplicación foliar

Provee 16 micro y macronutrientes de rápida absorción, movilidad y biodisponibilidad. Mejora la eficiencia energética y la absorción de nutrientes para lograr:

- desarrollo radicular
- área foliar
- eficiencia fotosintética
- rendimiento a cosecha

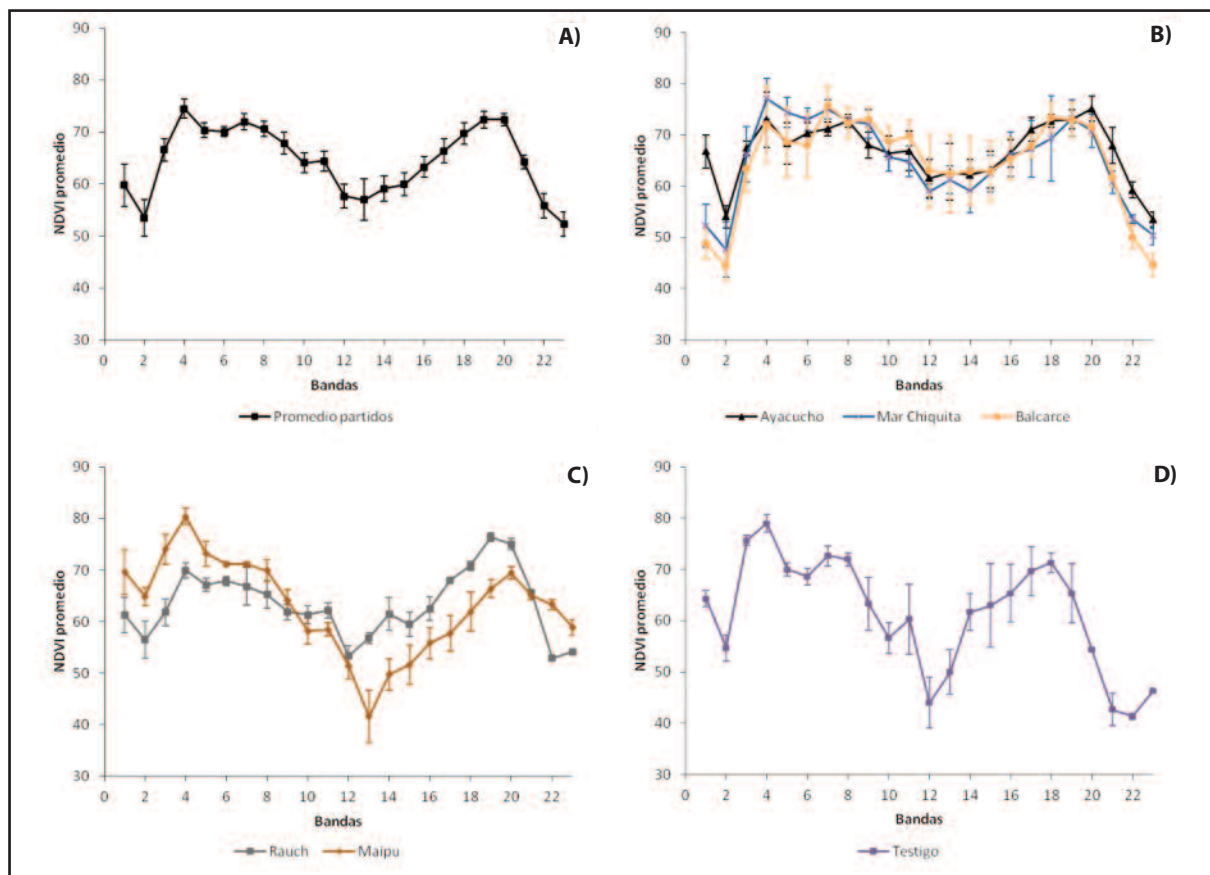


Preguntá por Vitagrow.
El nuevo fertilizante foliar de Rizobacter.

 **RIZOBACTER**

<https://rizobacter.com.ar/vitagrow/>

Figura 3 | Firmas fenológicas de *Festuca infectada* para los partidos estudiados. **A)** Promedio del área de estudio, **B)** Promedio de los partidos de Ayacucho, Mar Chiquita y Balcarce, **C)** Promedio de los partidos de Rauch y Maipú y **D)** Firma fenológica de festuca libre de endófito Las líneas verticales representan los errores estándar por quincena estudiada.



tasas de crecimiento. Pero, además mostraron un comportamiento más variable durante el año. Esto puede deberse a la mejor adaptación que posee festuca frente a las distintas condiciones ambientales cuando está infectada con el hongo endófito. En base a estas diferencias contrastantes a lo largo del período de estudio analizado entre las FF de festucas E+ vs FF de festucas E- se estableció la zonificación de los partidos.

Zonificación de las áreas más vulnerables

Como se puede observar en la Figura 4, los partidos de Balcarce y Mar Chiquita presentaron una zona con mayor vulnerabilidad comprendida por un tramo a ambos lados de la Ruta 55 a la altura de Colonia El Retamo, pasando por Cnel. Vidal para luego extenderse hasta Mar de Cobo comprendiendo tres arroyos significativos de la región como son el Arroyo Grande, Arroyo Dulce y Arroyo Pantanoso.

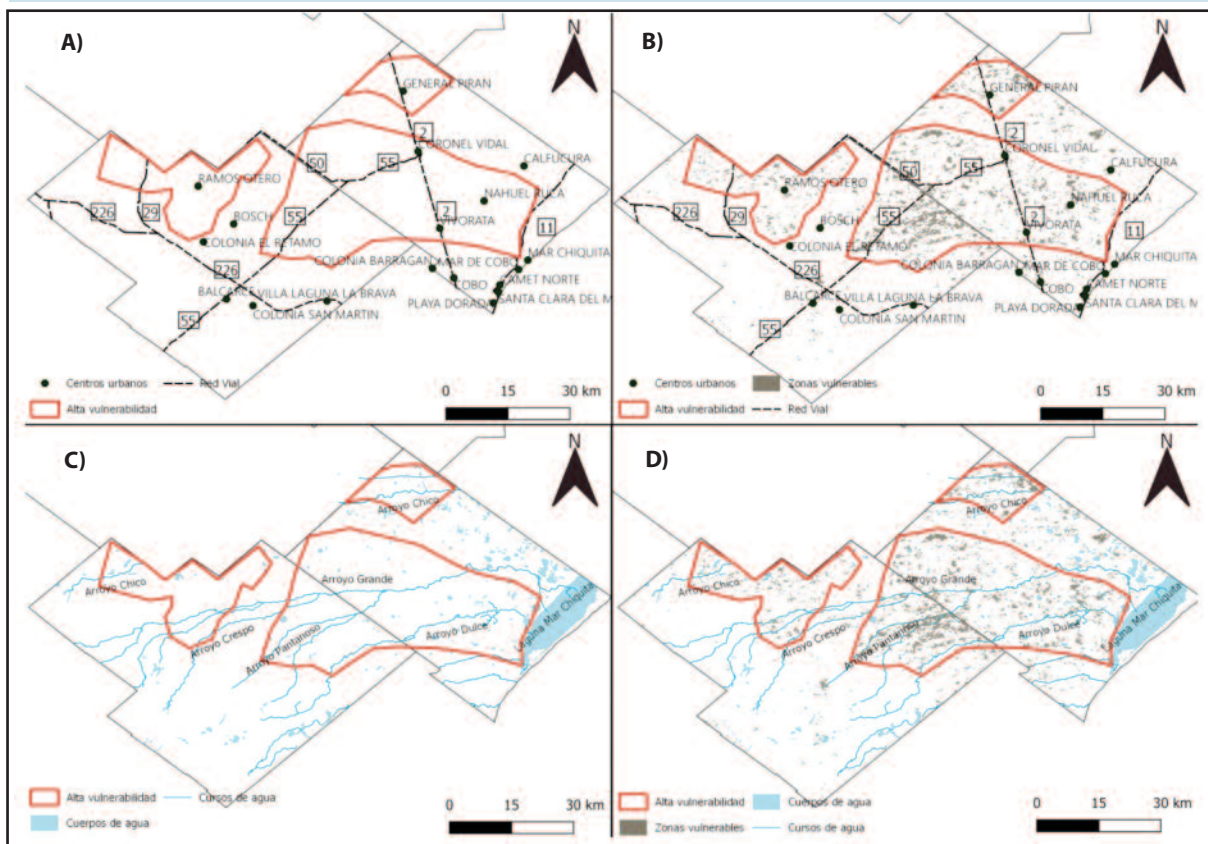
También se distinguieron otras dos zonas, una localizada al noroeste del partido de Balcarce ocupando los alrededores de Ramos Otero y extendiéndose desde el Arroyo Chico hasta el Arroyo Crespo. La tercera zona que presentó una alta probabilidad de infección se encuentra al noroeste del partido de Mar Chiquita a la altura de General Piran.

Rauch presentó una distribución más homogénea de las zonas vulnerables que Balcarce y Mar Chiquita, no obstante, como se puede observar en la Figura 5 hay cuatro regiones en las cuales la densidad de áreas vulnerables es mayor que en el resto del partido. En primer lugar, se puede distinguir una región comprendida entre las Rutas 30, 60 y otras tres regiones que se encuentran en los alrededores de los Arroyos Chapaleofú y Languéyu. En este caso, posiblemente la diseminación pueda ser más importante por los arroyos y ya no por la red vial.

En la actualidad no hay un monitoreo o seguimiento del avance de la *festucosis* en el Sudeste Bonaerense; tampoco se ha generado una cartografía que permita identificar las zonas más vulnerables a la enfermedad en el área de estudio. Aunque es de total conocimiento que la superficie ocupada por festuca infectada ha avanzado en las pasturas perennes, bordes de camino rurales y zonas ribereñas aledañas a ríos y arroyos, no existe información sobre niveles de avance de la enfermedad, superficie ocupada ó zonas vulnerables a la *festucosis* como tampoco políticas públicas a nivel municipal ó regional que se encuentren trabajando en la temática.

Desde el punto de vista del paisaje y uso de la tierra, ha ocurrido un proceso de transformación similar al resto de la Región Pampeana con un incremento de la agricultura y una simplificación del paisaje rural disminuyendo la provisión de servicios ecosistémicos. En este contexto existieron inicia-

Figura 4 | Zonas de mayor riesgo de infección en los partidos de Balcarce y Mar Chiquita (polígonos rojos y áreas grises en las figuras B y D) y ubicación de los principales redes viales y centros urbanos (A y B) y cursos de agua (C y D).
Fuente: Producto SIG-250, Instituto Geográfico Nacional (www.ign.gov.ar) y este estudio.



Cabaña "Mizqui Nemul"

dedicada a la raza

Limangus

"La raza argentina..."

Examen de
Aptitud reproductiva
y capacidad
de servicio
★★★★★



Rodeo de cría:



Est° "Boca de la Sierra"
Azul (Bs. As.)

- *Facilidad de parto.
- *Mayor potencial de entore.
- *Alta capacidad de servicio.
- *Destetes 15% más pesados.
- *Habilidad materna.

Cabaña, invernada y Feed Lot:

Est° "MizquiNemul"
San Gregorio (Sta. Fe)



- *Mejor conversión.
- *Rindes superiores.
- *Mas % cortes caros.
- *Grasa justa.
- *Precios máximos.

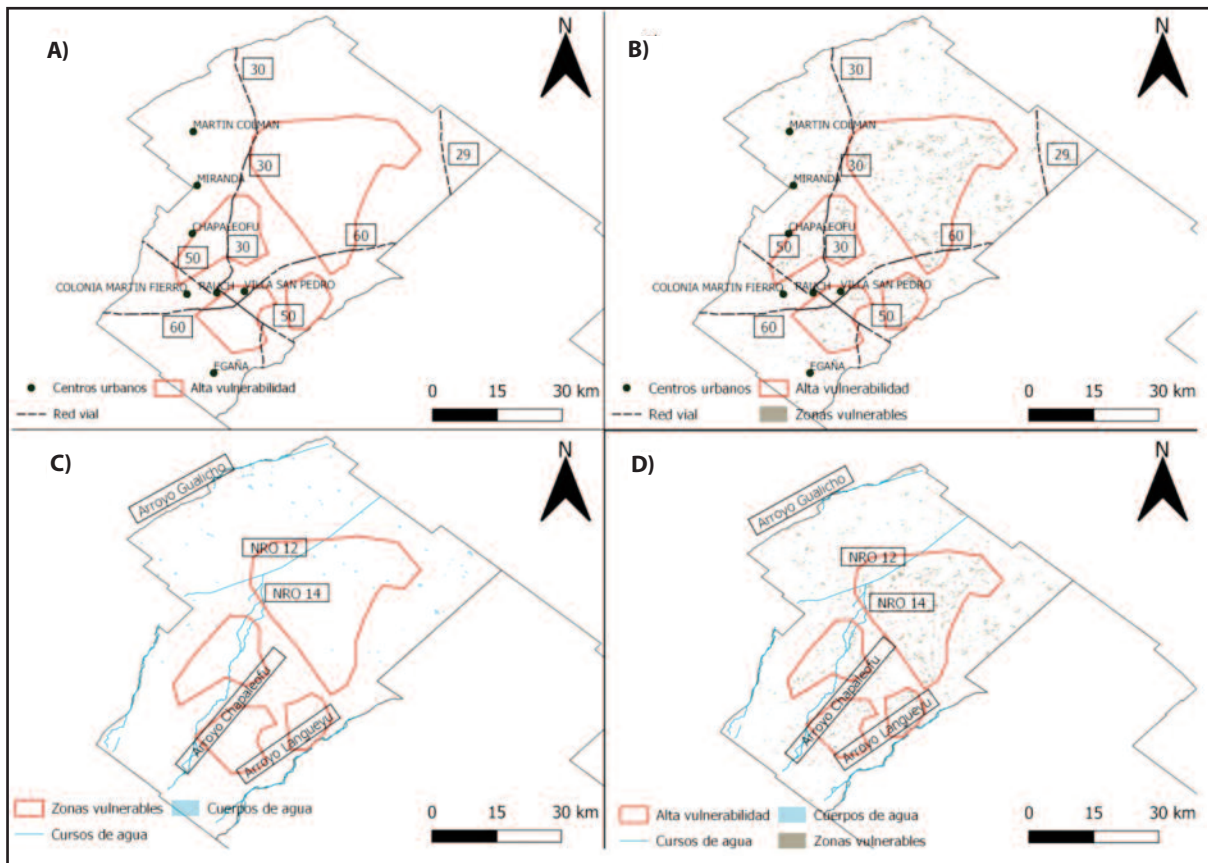


Servicio de Transporte de Hacienda y de Bateas con Balanza

Av. Figueroa Alcorta 3151, 2° Piso • (1425) C.A.B.A.

Tel. +54 3462 660547 • e-mail: luisoscarcarrelli@hotmail.com • cabafamizquinemul@gmail.com

Figura 5 | Zonas de mayor riesgo de infección en el partido de Rauch para la campaña 2016 (polígonos rojos y áreas grises en la figura B y D) y ubicación de los principales redes viales y centros urbanos (A y B) y cursos de agua (C y D). Fuente: Producto SIG-250, Instituto Geográfico Nacional (www.ign.gov.ar) y este estudio.



tivas de ordenamiento territorial en el Partido de Balcarce (Plan de Ordenamiento Territorial) y Mar Chiquita (PlanMar). Conocer patrones de avance de la *festucosis* o bien zonificar las áreas más vulnerables puede ser un insumo clave para desarrollar sistemas de monitoreo en el avance de la problemática en la zona, generar planes de manejo estratégicos y

fomentar buenas prácticas de manejo del pastoreo (BPMP). Es por ello que el aporte de este trabajo es una herramienta fundamental para comenzar a trabajar en la problemática no sólo a escala predial sino a escala regional, aunando esfuerzos con los distintos municipios involucrados.



Agradecemos a Eduardo Gez, a Agustín Schang, a la Colonia Ortiz Basualdo y a la Colonia Ferrari por facilitar sus establecimientos para la toma de datos como así también a los Laboratorios de Ecología y de Pasturas de la Unidad Integrada Balcarce por brindar su espacio y equipamiento para el análisis de las muestras.

GUERRERO Y LUCIANO

MAQUINAS AGRICOLAS

CONCESIONARIO OFICIAL **PAUNY**



Av. Centenario 1520 e/51 y 53
7620 BALCARCE
Tel. (02266) 420016 / 421983
guerreroylucianos@speedy.com.ar

