



DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE BAJO RIEGO CON PIVOT CENTRAL EN EL SUDOESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (ARGENTINA) UTILIZANDO IMÁGENES SATELITALES

Mario Fabián Marini

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. Agencia de Extensión Bahía Blanca de la Estación Experimental Bordenave. San Andrés 8000 - Campus Universitario. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.
marini.fabian@inta.gob.ar

Recibido: 16-12-14

Aceptado 11-09-15

RESUMEN

Se efectuó un relevamiento de la superficie regada con pívot central en nueve partidos del sudoeste bonaerense para la campaña agrícola 2013/14. Para ello se han empleado técnicas de teledetección, utilizando el satélite Landsat 8 - Operational Land Imager (OLI) en virtud de su óptima disponibilidad y adecuada resolución espacial. La superficie total regada con lotes bajo pívot central asciende a 26.936 ha, habiéndose detectado 285 lotes. Coronel Suárez presenta la mayor cantidad de agua regada por este sistema (175 lotes-15.540 ha). Si se compara la campaña agrícola 2006/07 con la 2013/14, se registra un significativo incremento en el uso de este sistema de riego en toda el área. El mismo es del 150%.

Palabras clave. Riego, Pívot central, Landsat, Cultivos.

DETERMINING THE IRRIGATED AREA UNDER CENTER-PIVOTS SYSTEMS IN THE SOUTHWESTERN OF BUENOS AIRES PROVINCE (ARGENTINA) EMPLOYING SATELLITE IMAGES

SUMMARY

The irrigated area under center-pivots systems was determined for nine districts of southwestern Buenos Aires Province during the 2013/14 crop year. Several remote sensing techniques were used. Landsat 8 - Operational Land Imager (OLI) satellite was chosen because of its optimal availability and spatial resolution. Irrigated land under center-pivots systems ascends to 26,936 ha and 285 irrigation circles has been detected. Coronel Suárez has the largest area under center-pivots systems (175 irrigation circles-15,540 hectares). The number of irrigation circles increased by 150% compared to the 2006/07 cropping year.

Key words. Irrigation, Center-pivots systems, Landsat, Crops.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola ubica a la República Argentina entre los principales países a nivel mundial. Sus favorables condiciones climáticas han contribuido al desarrollo de cultivos de granos en importante cantidad y variedad. La agricultura se halla estrechamente vinculada a cereales como trigo, maíz, avena, sorgo y oleaginosas como girasol, maní y soja. Dicha actividad guarda estrecha relación tanto con la superficie consagrada a su producción como con los significativos ingresos que generan sus exportaciones. Entre las regiones productoras más importantes se encuentra la Región Pampeana. En líneas generales, el área que involucra abarca la zona norte, centro, sudeste y mixta cerealera de la provincia de Buenos Aires y de las provincias de Santa Fe, Córdoba, Corrientes y Entre Ríos. Dentro de dicho región, concretamente en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, se encuentra el área de influencia de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Bordenave.

El área de influencia EEA Bordenave abarca una superficie de 3.931.945 ha y está conformada por nueve partidos. Ellos son (Fig. 1): Guaminí, Adolfo Alsina, Coronel Suárez, Coronel Pringles, Bahía Blanca, Coronel Rosales, Saavedra, Puan y Tornquist. Dicha estación experimental impulsa diversas iniciativas, entre las que merecen destacarse la conservación y el manejo de suelos, el manejo integrado y control biológico de malezas, el pastoreo rotativo intensivo, diversos diagnósticos de fertilización y mejoramiento genético de diversos cultivos del área y el destete precoz en vacunos, entre otras.

Dentro de los nueve partidos mencionados, el sistema de riego complementario por aspersion es el más común, siendo el equipo automatizado de pivó central el más empleado. Marinissen (1999) ha estimado mediante diversas encuestas en el terreno, que más del 70% de quienes realizan riego emplean este sistema. Entre los principales factores que explican la preferencia por el pivó central por sobre otros equipos de

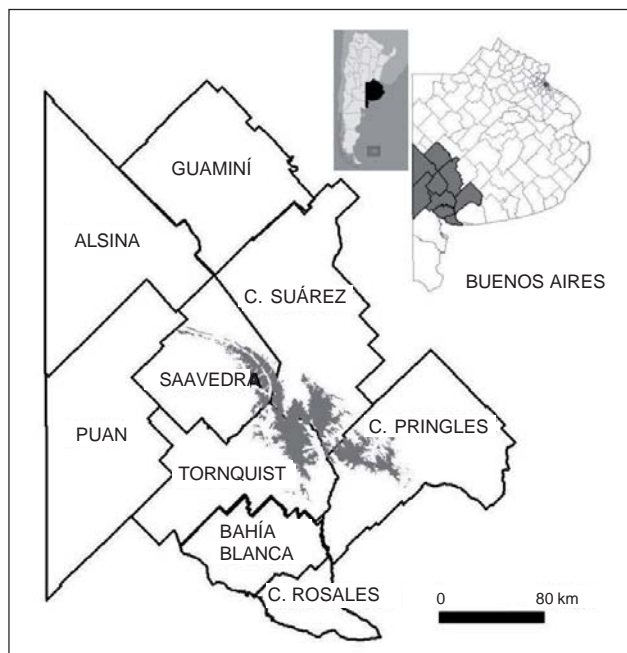


Figura 1. Localización de los nueve partidos que conforman el área de influencia de la EEA Bordenave. En el sector central, se aprecia el sistema serrano de Ventania.

aspersión pueden mencionarse: a) la economía en la mano de obra, b) la mayor diferencia de aplicación y c) la posibilidad de realizar fertilización simultánea. En virtud de su mejor adecuación al tamaño de los lotes y a su relativa facilidad de movimiento, el pivot de mayor uso es el de siete torres. Cabe destacar que para el 70% de los propietarios de las empresas que riegan, la actividad más importante como fuente de ingresos es la agropecuaria.

En Coronel Suárez, el partido que más riego complementario realiza, la calidad del agua es del tipo C2S1 y C3S1, la cual se encuadra como de mediana a alta peligrosidad en sales y baja en sodio (de acuerdo a la clasificación del Laboratorio de Salinidad de Riverside-EEUU). Los caudales medios oscilan entre 120 y 180 m³/h y las profundidades de los pozos de exploración oscilan entre 80 y 100 m (Marinissen, 2009). El auge de la instalación de equipos de riego complementario en este partido llevó a la creación del Grupo Riego en 2007. Esta agrupación se conformó con el fin de evacuar dudas técnicas y de evaluar la sustentabilidad de esta actividad. De hecho, dicho grupo lleva a cabo en conjunto con la UBA (Universidad de Buenos Aires) un estudio de medición de napas y de caudal de agua que fue en principio solventado con fondos propios y que luego consiguió un aporte del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

Para exhibir el impacto del riego complementario, la Figura 2 presenta los rendimientos en casos típicos para tres cultivos: maíz, trigo y soja, comparando dicho parámetro en seco y con el uso del riego durante diversas campañas agrícolas. Se observa claramente la influencia de este tipo de riego, especialmente en el maíz, en donde durante algunas campañas los valores con riego complementario llegan a duplicar los de seco.

Existen diversos estudios que han empleado la teledetección para determinar la superficie ocupada por círculos de riego de pivot central. En la Argentina se han llevado a cabo diversos rele-

vamientos de este tipo de riego a nivel regional valiéndose de imágenes satelitales y empleando el análisis visual (Barrionuevo y Feler (2015), Martellotto y Feler (2005) o Zelmer *et al.* (2015)). Por su parte, en el plano internacional pueden mencionarse similares estudios como los de Bauder *et al.* (2004), Braga *et al.* (2005) o Wrublack *et al.* (2013) realizados para áreas de significativa extensión aprovechando las ventajas de cobertura de amplias superficies que poseen las imágenes de satélite.

Por todo lo expuesto, y teniendo en cuenta tanto la preponderancia que posee la agricultura en el área como la relevancia que ha adquirido el uso del pivot central por sobre otros equipos, el objetivo de este artículo es el de efectuar un relevamiento de lotes que empleen este sistema de riego. Para ello se ha hecho uso de la teledetección, utilizando imágenes provenientes del satélite Landstat 8 OLI de diversas fechas para la campaña agrícola 2013/2014. Asimismo y a fin de evaluar el incremento de dichos sistemas de riego en el área de trabajo, se ha efectuado una comparación con un estudio similar llevado a cabo para la campaña 2006/07 en los nueve partidos involucrados (Marini y Marinissen, 2010).

En líneas generales, el área está conformada por una gran planicie ondulada. No obstante, se destacan dos accidentes geográficos significativos: el rosario de lagunas que atraviesan los partidos de Guaminí y Adolfo Alsina por su sector central y el sistema serrano conocido como Sistema de Ventania.

Las principales precipitaciones se observan durante el semestre más cálido, con extremos registrados en los meses de febrero y marzo. De hecho, estos últimos valores duplican a los del semestre invernal, siendo el período que oscila entre junio y agosto el más seco. Este dato adquiere relevancia, ya que genera una condición hídrica desfavorable en el suelo durante los meses próximos al inicio de la espigazón de los cultivos invernales, lo que hace necesaria la práctica del barbecho en lotes agrícolas. El clima domi-

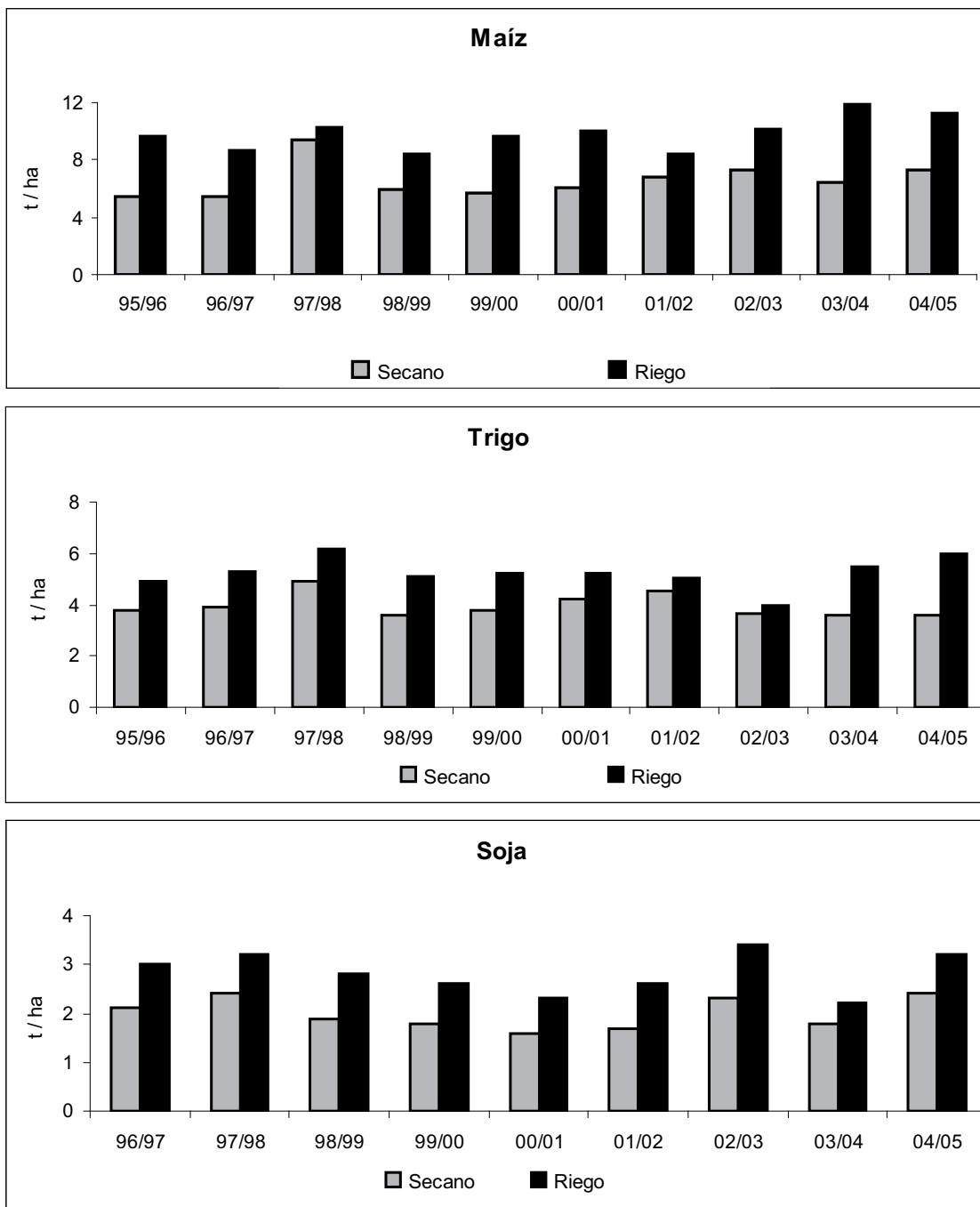


Figura 2. Rendimientos en secano y con el uso del riego complementario para casos típicos en cultivos de maíz, trigo y soja (Extraído de Marinissen, 2009).

nante en el región puede definirse como semiárido templado de régimen térmico, con tendencia al tipo continental, aunque atenuado por la influencia marítima (RADAR, 2000).

En los nueve partidos que conforman el área de influencia de la EEA Bordenave se han identificado diversas zonas agroecológicas (RADAR, 2001). En el centro-norte del partido de Guaminí y Norte de Adolfo Alsina se distinguen tres grandes unidades geomorfológicas: a) la Llanura Periserrana, hacia el Sur, b) la Llanura Arenosa Occidental, al norte y c) la Zona Deprimida (también conocida como Faja Colectora) separando las dos anteriores. Los suelos adyacentes a las lagunas y los bajos se encuentran muy poco desarrollados, mientras que en las regiones con relieve plano cóncavo son más evolucionados (argiudoles típicos). Debido a estas características, los sistemas productivos predominantes son ganadero-agrícolas, siendo la principal actividad la de ciclo completo. Entre los cultivos anuales se encuentran los invernales (trigo, avena y centeno) y los estivales como girasol, maíz, sorgo y soja.

Al sur de los partidos de Adolfo Alsina y Tornquist, del sector central del partido de Puan, del sector sur de Coronel Pringles y en los partidos de Bahía Blanca y Coronel Rosales el paisaje corresponde a planicies altas extendidas, adosadas al pedemonte noroccidental de las sierras australes. En este caso los suelos presentan una significativa heterogeneidad constitutiva, pudiéndose mencionar como los grandes grupos predominantes los molisoles y los entisoles. Su aptitud en este caso se define como ganadero-agrícola en rotación, siendo el trigo el principal recurso agrícola, seguido en importancia por el girasol y la cebada cervecera.

Un área particular la constituye el sistema serrano de Ventania (Fig. 1), que conforma un cordón que posee una extensión de 105 km. Presenta una amplia superficie de roca aflorante donde su abrupto relieve ha impedido la deposición del loess, razón por la que predominan suelos muy someros, además de la roca consolidada.

Los sistemas productivos predominantes son ganadero-agrícolas en su eje central, ya que sólo es apto para el desarrollo de pastos naturales, siendo la producción principalmente la bovina (invernada-recría-tambo). Por su parte el flanco sur presenta un relieve mesetiforme, en cuyos valles se han depositado importantes mantos de loess. De esta forma, la aptitud de estos flancos serranos es predominantemente agrícola-ganadera en el nordeste y ganadero-agrícola en el sudeste. El trigo, la avena y en menor medida la cebada cervecera son los principales cultivos de invierno en este sistema serrano, mientras que el girasol y el sorgo forrajero se destacan entre los cultivos de verano.

Finalmente, resta por describir el área limitada entre el sudeste del partido de Guaminí, el este del de Adolfo Alsina, nordeste del partido de Coronel Pringles y el partido de Coronel Suárez. En el sector norte de éste área, los suelos son argiudoles típicos asociados a hapludoles y no poseen limitaciones. En cambio hacia el sur presentan erosión hídrica y escasa profundidad del suelo como principales limitantes, mientras que los de los sectores central y noroeste se caracterizan por poseer exiguas pendientes y agudos problemas de escurrimientos de las aguas superficiales. En líneas generales, los cultivos exhiben una mayor diversidad, destacándose los trigos pan y candeal, el girasol, el maíz, la soja, la cebada cervecera, la avena para forraje y para cosecha, el centeno y el alpiste. La principal actividad ganadera es la invernada y la cría (RADAR, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

El satélite Landsat presenta diversas ventajas. Entre ellas, la de poseer en una resolución temporal de 16 días, lo que permite contar con información satelital en momentos claves de los diversos ciclos fenológicos. Dicha característica es de fundamental importancia para la identificación de los diferentes cultivos, ya que aporta información imprescindible.

ble durante las etapas de siembra, crecimiento, desarrollo y cosecha de los mismos. En el caso particular del satélite Landsat 8 - Operational Land Imager (OLI), además de las características ya señaladas, merece destacarse su resolución espacial. La misma es de 15 metros en la banda pancromática y de 30 metros en las bandas multiespectrales, con un ancho de barrido de 185 kilómetros. Otra gran ventaja es que desde el mes de mayo de 2013 las imágenes se obtienen de manera gratuita desde la página web (<http://www.usgs.gov/>).

Es por los diversos motivos expuestos que este tipo de imágenes satelitales ha sido escogido como el más adecuado para realizar el relevamiento de lotes con cultivos afectados al riego de pivot central. En tal sentido, para poder abarcar la totalidad de los nueve partidos que comprenden el área de influencia de la EEA INTA Bordenave son necesarias cinco escenas satelitales. Las captaciones del satélite Landsat se dividen en una grilla de columnas y filas denominadas respectivamente *path* y *row*. Los path y row requeridos para el área de estudio son: a) 227-086, b) 227-085, c) 227-087, d) 226-086 y e) 226-087.

Las imágenes han sido descargadas gratuitamente desde el USGS (United States Geological

Survey) en su sitio web <http://glovis.usgs.gov>. Las fechas escogidas involucran los distintos estados fenológicos de cada cultivo a fin de lograr su correcta discriminación. Teniendo en cuenta la disponibilidad y la ausencia total o parcial de nubes, se seleccionaron las siguientes fechas (Cuadro 1).

La metodología empleada para identificar lotes con riego de pivot central se realiza en forma visual, ya que este tipo de usos se reconocen por su forma de círculo. No obstante, para evitar que queden sectores sin relevar se confeccionó un grillado uniforme sobre cada una de las imágenes satelitales mencionadas. Dicha grilla constituye una red conformada por cuadrados que posee una dimensión de 50 píxeles cuadrados (1500 m por cada lado). Esta metodología posibilita recorrer cuadro por cuadro en forma minuciosa cada sector de la imagen (Fig. 3). Cada círculo de riego detectado fue digitalizado manualmente en formato vectorial, lo que permite el posterior cálculo de la superficie de cada lote.

Las imágenes Landsat 8 recibidas desde el USGS están georeferenciadas en el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 20 Sur. A fines de utilizar la proyección mejor adaptada a la República Argentina, dichas imágenes

Cuadro 1. Escenas Landsat 8 OLI utilizadas para el relevamiento de lotes con riego de pivot central en los nueve partidos del área de trabajo, campaña 2013/14.

Escena	Año 2013	Año 2014
227/ 87	8 agosto	15 enero
	12 noviembre	20 marzo
	28 noviembre	
227/ 86	8 agosto	15 enero
	12 noviembre	20 marzo
	28 noviembre	
227/ 85	8 agosto	15 enero
	12 noviembre	20 marzo
	28 noviembre	
226/ 86	17 agosto	8 enero
	5 noviembre	9 febrero
	21 noviembre	
	7 diciembre	
226/ 87	23 diciembre	
	17 agosto	8 enero
	5 noviembre	9 febrero
	21 noviembre	
	7 diciembre	
	23 diciembre	

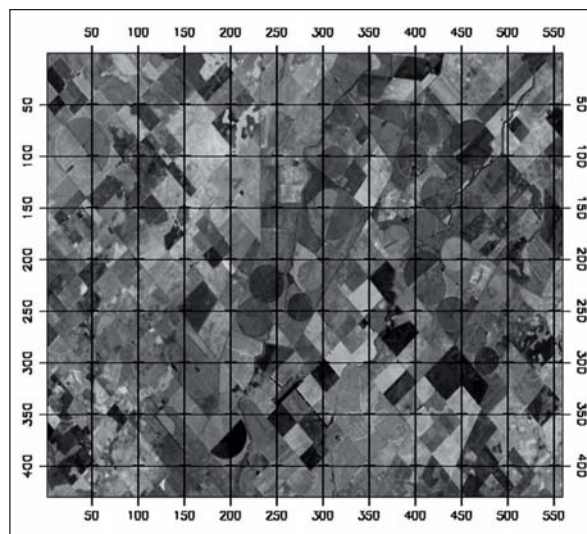


Figura 3. Ejemplo del uso del grillado para la detección de lotes bajo riego de pivot central en una imagen satelital Landsat 8 OLI (escena del 9/2/2014).

nes fueron luego re proyectadas a la proyección Gauss Krugger Faja 4 (Datum WGS 1984-POSGAR 1998).

A los fines de este artículo, los lotes detectados han sido clasificados en tres categorías: a) Cultivos de Invierno, b) Cultivos de Verano y c) Uso Mixto. Los dos primeros involucran aquellos lotes ocupados íntegramente por tales cultivos sin que medie una sucesión entre uno y otro, al menos durante la campaña 2013/14. Los lotes denominados de Uso Mixto son aquellos en donde la superficie del círculo se reparte entre un cultivo de invierno y uno de verano posterior. En estos círculos es frecuente encontrar la mitad del lote o un cuarto de su superficie ocupada por un cultivo estacional y el resto destinada al de otra estación (Fig. 4).

La discriminación entre cultivos de invierno y de verano en cada círculo de riego se logró realizar óptimamente merced a que se dispone de fechas claves en el ciclo fenológico de cada cultivo. Esto se debe a que dichas fechas involucran los períodos de siembra, desarrollo y cosecha. De esta manera, se ha utilizado la combinación de bandas 4-5-6 en el RGB (rojo, azul y verde) para la interpretación visual de los círculos. En tal combinación, los tonos rojizos o naranjas se corresponden a lotes con significativa presencia de biomasa (pleno desarrollo del culti-

vo), mientras que los predios de tonos cian o claros se identifican tanto con lotes sembrados con los aquellos recientemente cosechados. Esta característica, muy utilizada en los análisis visuales multi-temporales, evita asimismo involucrar en el relevamiento a huellas de círculos de riego que no presentan cultivos durante la campaña agrícola analizada.

Finalmente, se empleó un Sistema de Información Geográfico (SIG) para realizar la cartografía con la localización de cada círculo de riego y para el cálculo por partido de la superficie total ocupada por los distintos tipos de cultivos involucrados en lotes bajo riego de pívot central por partido. Asimismo, dicha herramienta permitió conocer los valores de superficie máximos y mínimos registrados para cada caso y fue también utilizada para llevar a cabo los distintos límites políticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución de los lotes con riego de pivot central discriminados con imágenes satelitales dentro del área de influencia de la EEA Bordenave se exhibe en las Figuras 5, 6 y 7 (campaña 2013/14). Los cultivos de invierno (Fig. 4) presentan una gran expansión en Coronel Suárez (38 lotes), Tornquist (10) y Guamini (5). No obstante, la mayor cantidad de círculos de pivot central se ha detectado para aquellos destinados a cultivos de verano y de uso mixto (Figs. 5 y 6). En tal sentido, Coronel Suárez exhibe un notable desarrollo de lotes regados para dichos fines (109 lotes de cultivos estivales y 28 de uso mixto), Coronel Pringles ostenta 16 y 14 círculos respectivamente y Tornquist 13 destinados a cultivos de verano y 9 a los de uso mixto. Por su parte, Guamini y Alsina exhiben 15 y 7 lotes respectivamente regados para uso mixto, aunque sólo 8 y 2 lotes destinados a cultivos de verano. Cabe acotar que en el resto de los partidos estudiados (Bahía Blanca, Rosales, Saavedra y Puan) la cantidad total de círculos detectados oscila entre 1 y 4.

El Cuadro 2 presenta los resultados del relevamiento efectuado en los nueve partidos objeto de este estudio. Aquellos en donde se regis-

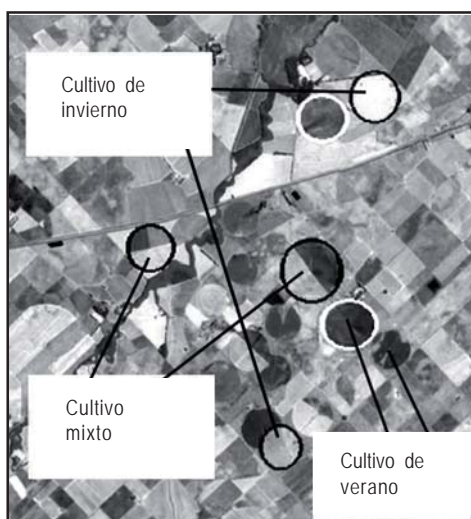


Figura 4. Visualización de lotes bajo riego de pivot central con distintos tipos de cultivo. Imagen Landsat 8 OLI del 15/1/2014.

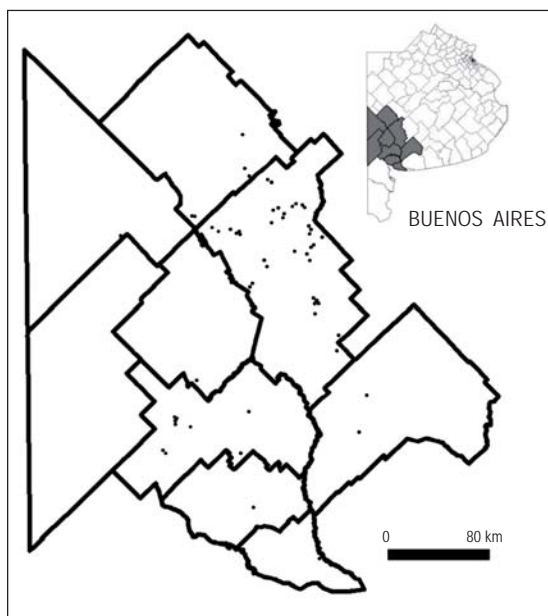


Figura 5. Distribución de los lotes con riego de pivote central con cultivos de invierno en el área de estudio, campaña 2013/14.

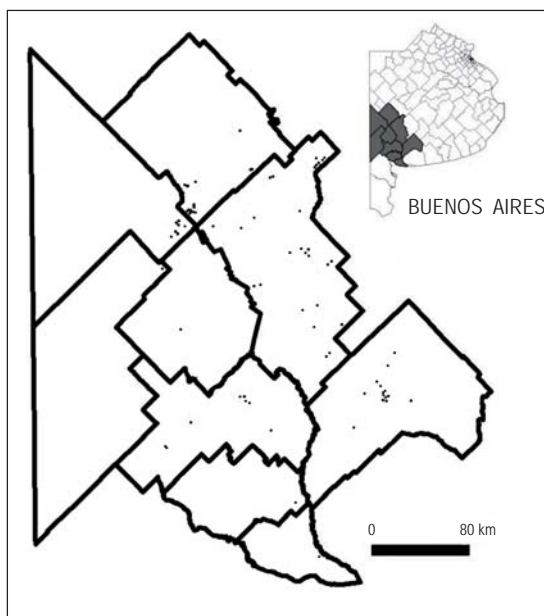


Figura 7. Distribución de lotes con riego de pivote central con cultivos de uso mixto en el área de estudio, campaña 2013/14.

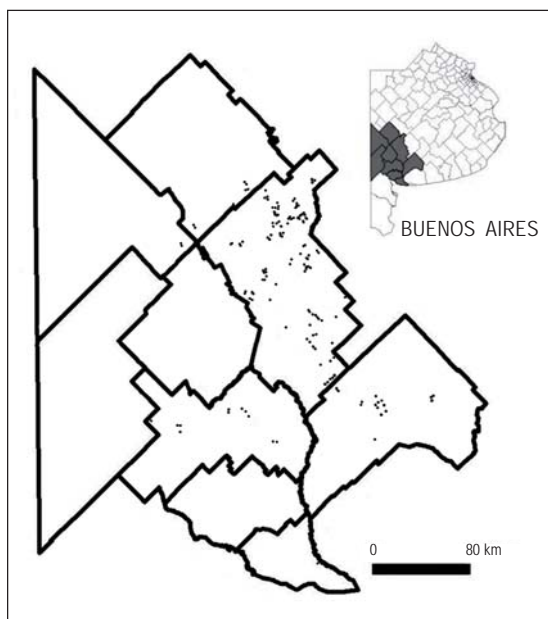


Figura 6. Localización lotes con riego de pivote central con cultivos estivales en los nueve partidos, campaña 2013/14.

traron la mayor superficie de agua regada por sistema de pivote central son: a) Coronel Suárez (15.540 ha); B) Coronel Pringles (3777 ha); c) Guaminí (3173 ha); d) Tornquist (2144 ha) y e) Adolfo Alsina (1511 ha). En los cuatro partidos restantes, el área regada bajo estas condiciones en ningún caso superó las 250 ha.

En lo que respecta a la superficie promedio de los círculos regados, esta asciende a 120 ha, oscilando entre 67 ha en Tornquist y 229 ha en Saavedra (Fig. 8). Este último caso corresponde al único lote de pivote central detectado en dicho partido, que se encuentra destinado al uso mixto.

Finalmente, la Figura 9 exhibe el resultado de una comparación entre la cantidad de lotes detectados con riego de pivote central durante la campaña agrícola analizada en este trabajo (2013/14) con respecto a los resultados obtenidos para la campaña 2006/07 (Marini y Marinissen, 2010). Dicha comparación se presenta para los cuatro partidos en donde el aumento de lotes involucrados ha sido más significativo. En tal sentido, los resultados arrojan que en Coronel

Cuadro 2. Relevamiento de lotes con riego de pivot central en los nueve partidos del área de trabajo, campaña 2013/14 (superficie expresada en hectáreas).

Partido	Cantidad de lotes	Sup. cultivos de invierno	Sup. cultivo de verano	Sup. uso mixto	Sup. total
BAHÍA BLANCA	2	82	-	77	158
GUAMINÍ	28	417	666	2089	3173
CORONEL PRINGLES	32	125	1915	1737	3777
CORONEL SUÁREZ	175	2880	8413	4247	15540
ROSALES	4	96	72	59	227
SAAVEDRA	1	-	-	229	229
TORNQUIST	32	743	806	594	2144
ALSINA	10	102	142	1267	1511
PUÁN	1	-	-	177	177

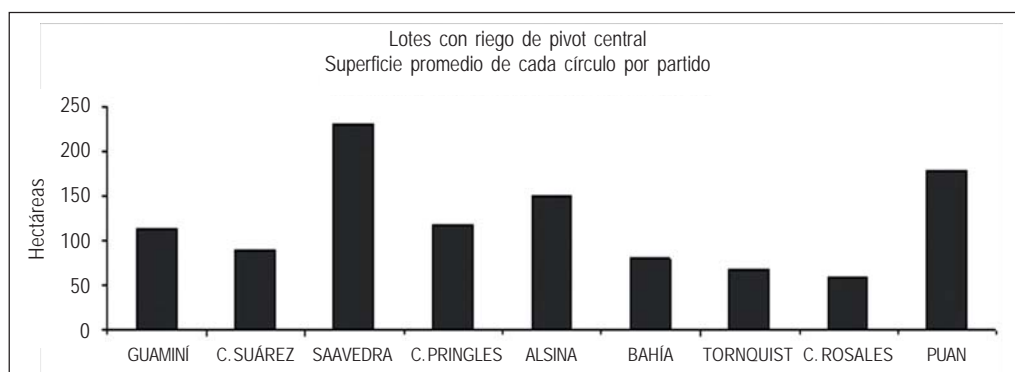


Figura 8. Superficie promedio por partido de los círculos regados con pivot central en el área de estudio, campaña 2013/14.

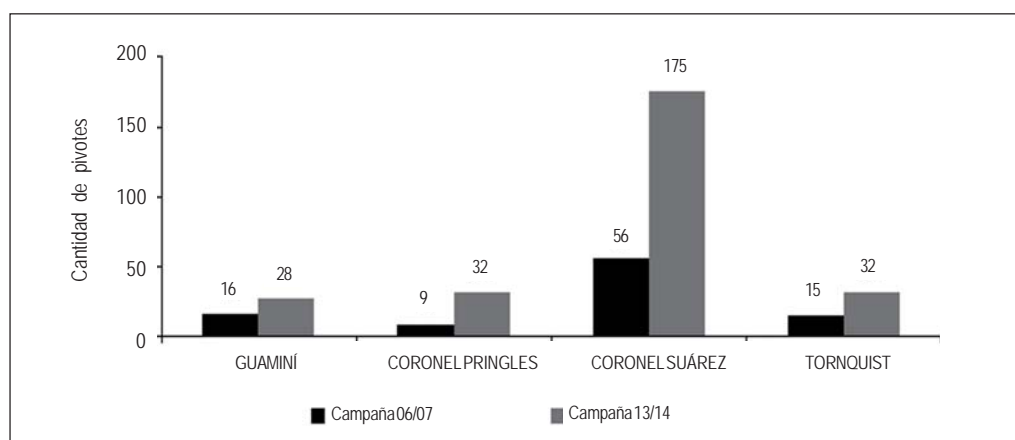


Figura 9. Evolución de la cantidad de lotes con riego de pivot central entre la campaña 2006/ 07 y la 2013/ 14 en cuatro partidos del área de estudio.

Suárez y Coronel Pringles el número de círculos se ha triplicado, alcanzando en el primero de los partidos citados una cifra record: 175 lotes regados durante la campaña 2013/14 en comparación con los 56 detectados en el período 2006/07. En el caso de los partidos de Tornquist y Guaminí, en líneas generales dicho número se ha duplicado (Fig. 9). Cabe acotar que en los cinco partidos restantes no se han constatado diferencias significativas entre ambas campañas. De hecho en Adolfo Alsina la cantidad de lotes discriminados en este estudio es la misma que la detectada para el período 2006/07: 10 lotes.

Cabe acotar que este incremento se constató principalmente para los cultivos de verano. En tal sentido, la Figura 10 presenta los cuatro partidos en donde más se verificó esta tendencia. En tres de ellos dicha superficie se duplicó o triplicó, pero se destaca el caso de Coronel Pringles, en donde las hectáreas regadas para cultivos estivales se multiplicaron casi por diez.

CONCLUSIONES

La superficie total regada con lotes bajo pívot central asciende a **26.936 ha** para los nueve partidos analizados en este estudio. Coronel Suárez

es notoriamente el partido que presenta la mayor cantidad de agua regada por este sistema, habiéndose detectado 175 lotes que riegan 15.540 ha. El predominio de este tipo de riego en este partido se explica principalmente por la mayor disponibilidad y calidad del agua para tal fin. Contrariamente, en los partidos localizados en el territorio semiárido (Coronel Rosales, Puan, Saavedra y Bahía Blanca) no se supera en ningún caso los 4 lotes. La excepción la constituye el partido de Tornquist, donde se han detectado 32 círculos de riego.

Se ha constatado una notable evolución en el uso de este sistema de riego entre las campañas 2006/07 y la 2013/14. De hecho, siete años antes del período analizado en este trabajo se había detectado un total de 114 lotes, mientras que en la presente campaña agrícola se discriminó un total de 285 círculos, lo que representa un incremento de **150%**. Es importante destacar que el empleo de imágenes satelitales de aceptable resolución espacial y temporal para la identificación de lotes con riego de pívot central constituye una herramienta eficiente y práctica. Su utilización evita la enorme demanda de tiempo e insumos que demandaría recorrer toda el área para llevar a cabo un estudio de esta naturaleza.

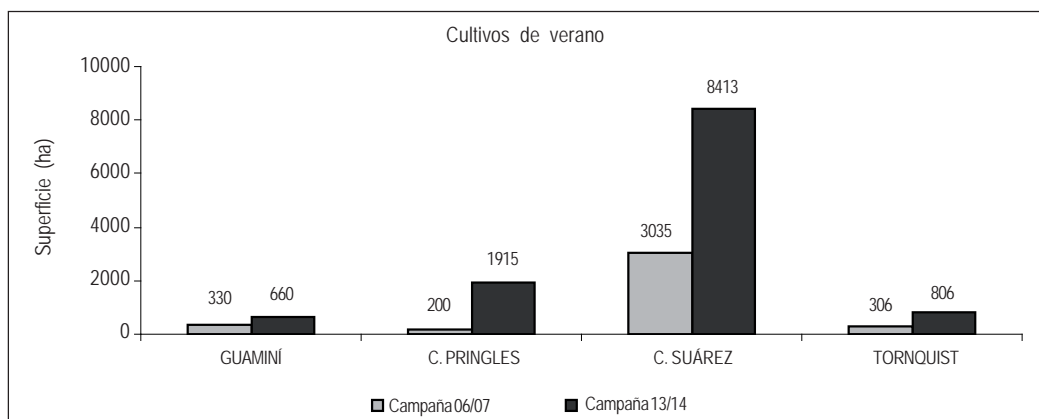


Figura 10. Evolución de la cantidad de hectáreas regadas con riego de pívot central con cultivos de verano en cuatro partidos del área de estudio (Campaña 2006/07 vs. 2013/14).

BIBLIOGRAFÍA

- Barrionuevo, N.J. y M.V. Feler. 2015. Evolución del área regada con pivote central en la provincia de Córdoba en el periodo 1994-2014. III Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica.
- Bauder, T.; J. Cipra; R. Waskom and M. Gossenauer. 2004. Center Pivot Irrigation in Colorado as Mapped by Landsat Imagery. Agricultural Ag Experiment Station Technical Bulletin TB04-04. November 2004.
- Braga, A.L. e J.C. Oliveira. 2005. Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens CCD/CBERS. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Goiânia. Anais. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Marini, M.F. y A. Marinissen. 2010. Determinación de la Superficie Bajo Riego con Pivot Central en el Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) Utilizando Imágenes satelitales. *Revista Riegos y Drenajes XXI*, Año XXVI, N° 173, España.
- Marinissen, A. 1999. El Riego que Viene. *En: Revista Desafío* 21 Nro. 12. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Bordenave: 4-6.
- Marinissen, A. 2009. Impacto Económico del Riego Complementario en el sudoeste Bonaerense. Tesis de Magíster en Economía Agraria y Administración Rural. UNS.
- Martellotto, E. y M.V. Feler. 2005. Inventario y caracterización del riego complementario en la provincia de Córdoba. Boletín Nro. 10. I.S.S.N: 1668-2882. Área de agronomía. E.E.A. INTA Manfredi.
- Navone, S.M. y C. Gargantini. 2003: Sensores Remotos Aplicados al Estudio de los Recursos Naturales, Cap. VII. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 190 p.
- RADAR-Red Agroeconómica de Administración de Recursos. 2000: Zonas Agroecológicas de RADAR, Boletín Informativo N° 2. Edición del Convenio INTA-Bolsa de Cereales y Cámara Arbitral de Cereales de Bahía Blanca.
- RADAR-Red Agroeconómica de Administración de Recursos. 2001: Zonas Agroecológicas de RADAR, Boletines Informativos N° 6 a 9. Edición del Convenio INTA - Bolsa de Cereales y Cámara Arbitral de Cereales de Bahía Blanca.
- Wrublack, S.C.; E. Mercante and M.A. Vilas Boas. 2013. Mapping of use and occupation of the soil and irrigation water quality in the city of Salto do Lontra-Paraná, Brazil. *Eng. Agríc.* vol.33 no.5 Jaboticabal Sept./Oct.
- Zelmer, H.R.; N.J. Barrionuevo; M.S. D'Onofrio. y R.S. Martínez. 2015: Área regada por pivot en la cuenca del Río Negro y caracterización de su funcionamiento. Artículo disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/area-regada-por-pivot-en-la-cuenca-del-rio-negro-y-caractertizacion-de-su-funcionamiento/>

