

# Análisis espacio temporal del riego por pivote central en la provincia de Buenos Aires en el período 1995-2020

Néstor Barrionuevo<sup>1</sup>, Cynthia Waldman<sup>1</sup>, Roberto Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Clima y Agua, Nicolás Repetto y de los Reseros s/n (1686) Hurlingham, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Valle Inferior del Río Negro, Ruta Nacional 3, km 971, Camino 4 IDEVI (8500), Viedma, Río Negro, Argentina.

barrionuevo.nestor@inta.gob.ar

## RESUMEN

El advenimiento del riego por aspersión en cultivos extensivos mediante el sistema de pivote central en la República Argentina pudo realizarse por la implementación de políticas públicas orientadas a la disminución en los aranceles de importación de bienes de capital que permitió incorporar nuevas tecnologías de riego a principios de la década del noventa. El objetivo de este trabajo consistió en realizar un análisis espacio temporal de las zonas irrigadas por el sistema de riego por pivote central en cultivos extensivos en la provincia de Buenos Aires en el período 1995-2020. Estas zonas irrigadas presentan formas predominantemente circulares, lo cual permite su identificación visual. Para tal fin se utilizaron imágenes provenientes del sensor Thematic Mapper del satélite Landsat 5, Extended Thematic Mapper del satélite Landsat 7 y Operational Land Imager del Landsat 8, obtenidas del Servicio Geológico de Estados Unidos. La metodología utilizada consistió en la identificación visual en las imágenes satelitales de las zonas irrigadas por el sistema de pivote central y su digitalización e incorporación a un sistema de información geográfica, generando de esta manera capas de información en formato vectorial, lo cual permitió cuantificar las áreas regadas para cada año relevado. En el análisis de los resultados obtenidos, se observó un crecimiento sostenido durante el período de estudio en la superficie bajo riego por pivote central de manera más acentuada entre los años 2005 y 2015. Se destacan tres núcleos donde se concentra el mayor número de círculos: en el norte en los partidos de Pergamino, Rojas, Salto, Bartolomé Mitre y Carmen de Areco, en el sudeste en los partidos de Balcarce, Lobería y General Alvarado y en el sudoeste en Coronel Suárez y General La Madrid. La cantidad de departamentos con círculos se incrementó tanto en el norte como en el sur de la provincia, aunque en el primer caso esto ocurrió en los primeros cinco años de nuestro relevamiento, mientras que en el sur el mayor incremento ocurrió entre los años 2010 y 2020.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo fue previamente publicado y resulta una revisión con datos actualizados. El agua como elemento primordial para la existencia humana y el desarrollo de la vida adquiere especial importancia para la producción de alimentos, ya sea por su déficit en las regiones áridas y semiáridas o por exceso, como ocurre en vastas zonas anegables o inundables del país, condicionando de este modo el desarrollo de la agricultura (FECIC, 1988).

En el informe de la FAO (2021) se prevé un aumento demográfico que llegará a 9.400 millones de personas para el año 2050 lo que demandará un aumento de dos terceras partes en la superficie arable global, incorporándose a la agricultura áreas desérticas mediante riego (Melani *et al.*, 2015). Utilizar los recursos naturales de manera racional para hacer frente al reto de alcanzar la seguridad alimentaria es un desafío que ha puesto de relieve la importancia del riego posibilitado por el avance de la tecnología que permite proveer de agua de buena calidad a la producción agropecuaria.

En Argentina, las culturas precolombinas ya utilizaban el riego en zonas que hoy comprenden las provincias de Salta, Jujuy y Mendoza. En el año 1909 se promulga la Ley Nacional de Irrigación N° 6546 con miras a la realización en el país de gran cantidad de obras de regadío (Chambouleyron *et al.*, 2005). A partir de la década de 1950 con la aparición de la bomba de profundidad se comienza a utilizar el agua subterránea para la agricultura bajo riego, actividad que se fue incrementando en todo el país.

El primer prototipo de un equipo de riego basado en pivote central fue desarrollado en 1948 por Frank Zybach en la zona de Nebraska, EE. UU. (Evans *et al.*, 2001). En la Argentina ingresaron en 1980 los primeros equipos de riego por pivote central con avance eléctrico y oleo hidráulico (Bragachini, 2009), y para el año 2002 ya había alrededor de 2500 pivotes instalados (Requena y Martínez, 2010), llegando a los 3500 equipos en 2012, es decir, un incremento del 40 % (Zelmer *et al.*, 2010).

Se entiende por "área regada" a los terrenos que se están regando en un momento determinado del año (Montesinos *et al.*, 2007). El área cultivada bajo riego en la Argentina se ha ido incrementando de manera sostenida en los últimos 40 años. En 1970 esta área abarcaba 1.066.143 hectárea (ha) (Chambouleyron *et al.*, 1983), en 1989 se

incrementó a 1.760.000 ha según la FAO y descendió a 1.650.000 ha en 2005 (Aquastat, 2014), aunque en el año 2014 tuvo un importante crecimiento llegando a 2.079.447 ha (Programa Nacional Agua INTA, 2014).

Según el Censo Nacional Agropecuario (CNA) realizado en el año 2002 (INDEC, 2007), en la provincia de Buenos Aires fueron relevadas 89.661,8 hectáreas en riego por aspersión, mientras que en el CNA 2018 (INDEC, 2021) la superficie fue de 83.881,7 hectáreas bajo riego por aspersión. Las áreas irrigadas en cultivos extensivos mediante este sistema se incrementaron en forma sostenida a partir de la década del noventa. Este aumento se vio favorecido por el auge en la importación de tecnología para riego.

A raíz de lo planteado anteriormente el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis espacio temporal de la evolución del área bajo riego mediante el sistema de pivote central en el período 1995-2020 y generar información geoespacial de base.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio se centró en la provincia de Buenos Aires (Argentina), que comprende una superficie total de 307.571 km<sup>2</sup>. Esta se encuentra ubicada entre los paralelos 29° 30' y 35° de latitud sur y entre los meridianos 61° 47' y 65° 46' de longitud oeste, limita al norte con las provincias de Entre Ríos y Santa Fe; al oeste con las provincias de Córdoba, La Pampa y Río Negro; al sur y al este con el mar Argentino; y al nordeste con el Río de la Plata. Con 307.571 km<sup>2</sup> de extensión es la provincia más extensa del país, ocupando el 11,06 % de su superficie total. Su población era de 15.625.084 de habitantes al 27 de octubre de 2010, según los resultados definitivos del censo de 2010 con lo cual es la provincia más poblada de la República Argentina (figura 1).

### Información satelital

En las últimas décadas el uso de los sensores remotos ha surgido como una herramienta efectiva para monitorear las tierras bajo riego, donde cuenta la textura, estructura o disposición donde se separa el objeto geográfico (Chuvieco, 2002). La interpretación visual de la forma circular de los sistemas de riego por pivote central permite digitalizarlos a partir de imágenes de mediana

resolución espacial como las del satélite Landsat, demostrando ser un método factible (Ozdogan *et al.*, 2010) para su integración en un Sistema de Información Geográfica (SIG) (Braga y Oliveira *et al.*, 2005). Para realizar la interpretación y la generación de las capas temáticas en formato vector se utilizó QGIS.

Las imágenes que se utilizaron provienen del sensor Landsat 5 TM (Thematic Mapper), Landsat 7 ETM+ (Extended Thematic Mapper Plus) y Landsat 8 Operational Land Imager (OLI). Estas fueron obtenidas del sitio del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).

Para el estudio se utilizaron las escenas correspondientes a los paths 223, 224, 225, 226, 227 y 228 y los rows 83, 84, 85, 86, 87 y 88 pertenecientes a los satélites Landsat sumando un total de veinticuatro escenas por año para cubrir la superficie de toda la provincia. Fueron procesadas 120 imágenes satelitales para el trabajo de investigación de relevamiento (figura 2).

Las fechas de las escenas que se emplearon para realizar la clasificación visual correspondieron a los meses de verano (enero, febrero y marzo), lo cual permitió observar los cultivos en estados fenológicos de crecimiento activo que facilitó identificar los círculos de riego y digitalizarlos en las imágenes satelitales.

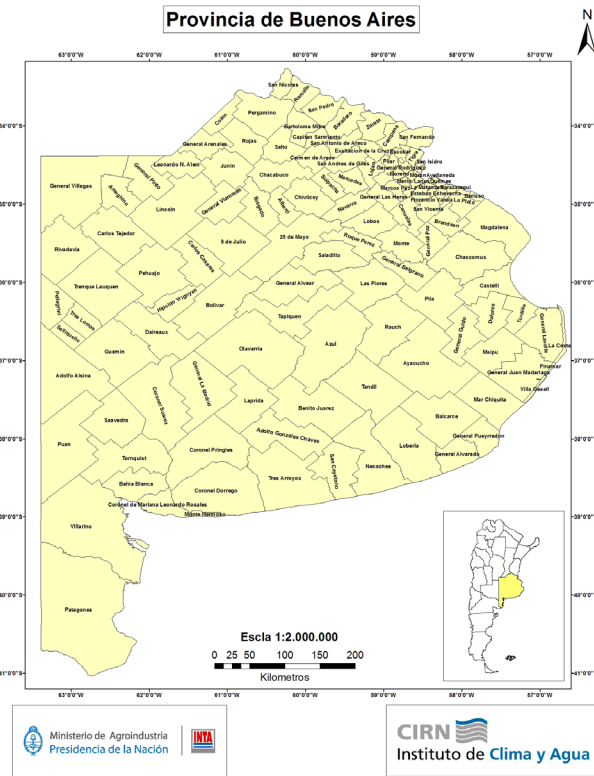
### Procesamiento de imágenes

Las imágenes seleccionadas se sometieron a un proceso de importación de bandas generando imágenes multiespectrales y luego se reproyectaron geoméricamente de Universal Transverse Mercator (UTM) en zona 20 norte a sur y a Datum WGS 84 con un programa de procesamiento de imágenes satelitales. Se confeccionó una cuadrícula (36 km x 36 km) en QGIS, que se superpuso sobre cada imagen satelital que contenía la superficie total. Posteriormente, cada imagen fue barrida cuadro a cuadro para identificar los círculos de riego y digitalizarlos generando las capas de información en formato vectorial. Se calculó la superficie en hectáreas correspondiente a los círculos de riego digitalizados a nivel departamental y provincial (figura 3 y 4).

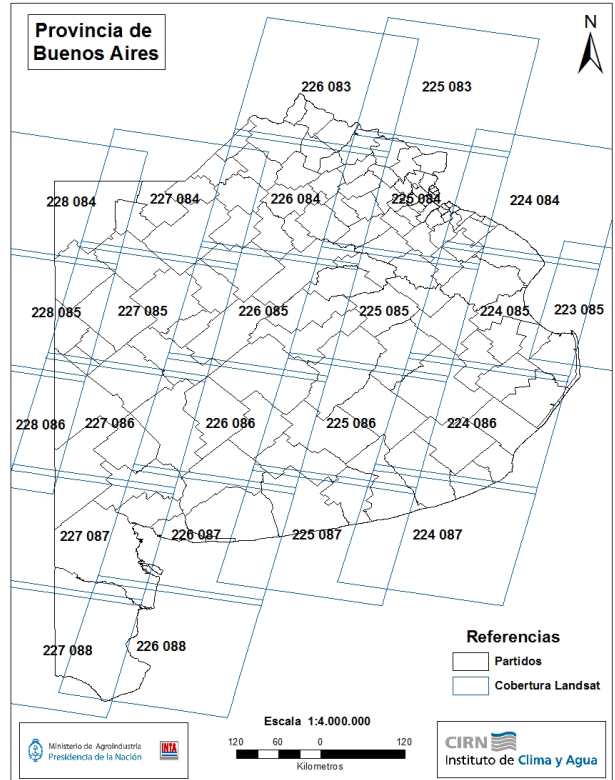
## RESULTADOS

Como resultado del estudio realizado se pudo observar que durante el período analizado (1995-2020) el riego por el sis-

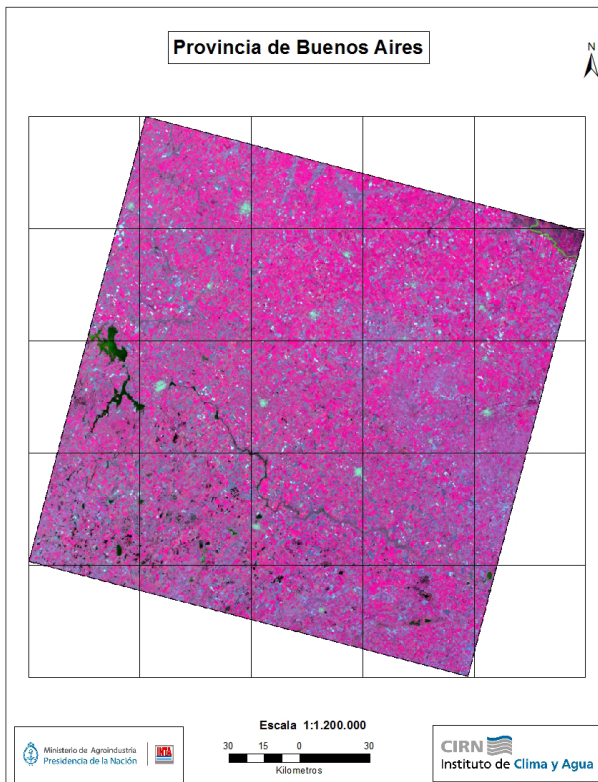
**Figura 1.** Área de estudio.  
Fuente: elaboración propia.



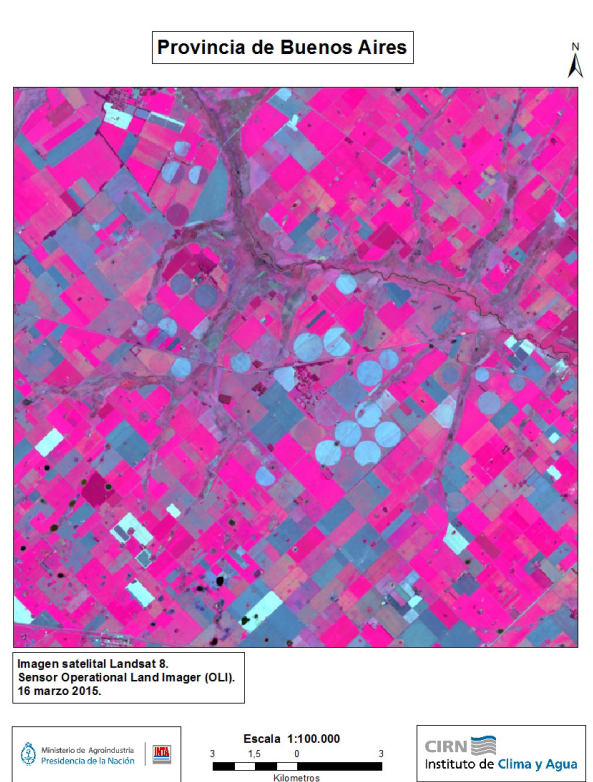
**Figura 2.** Escenas del satélite Landsat de la provincia de Buenos Aires. Fuente: elaboración propia.



**Figura 3.** Cuadrícula sobre imagen satelital.  
Fuente: elaboración propia.



**Figura 4.** Visualización de círculos de riego.  
Fuente: elaboración propia.

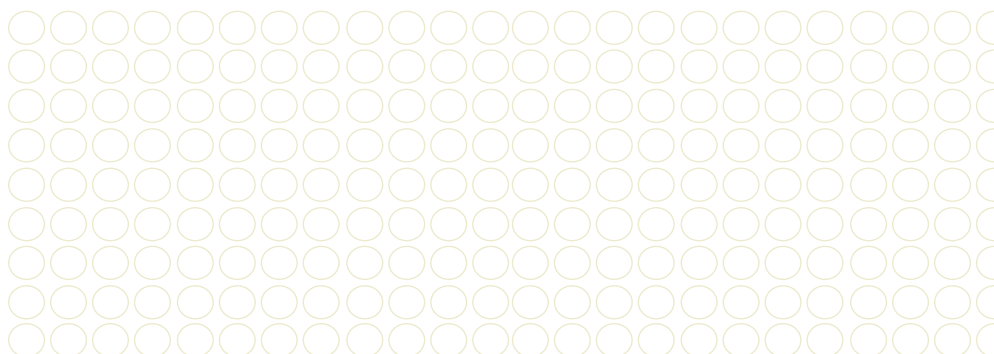
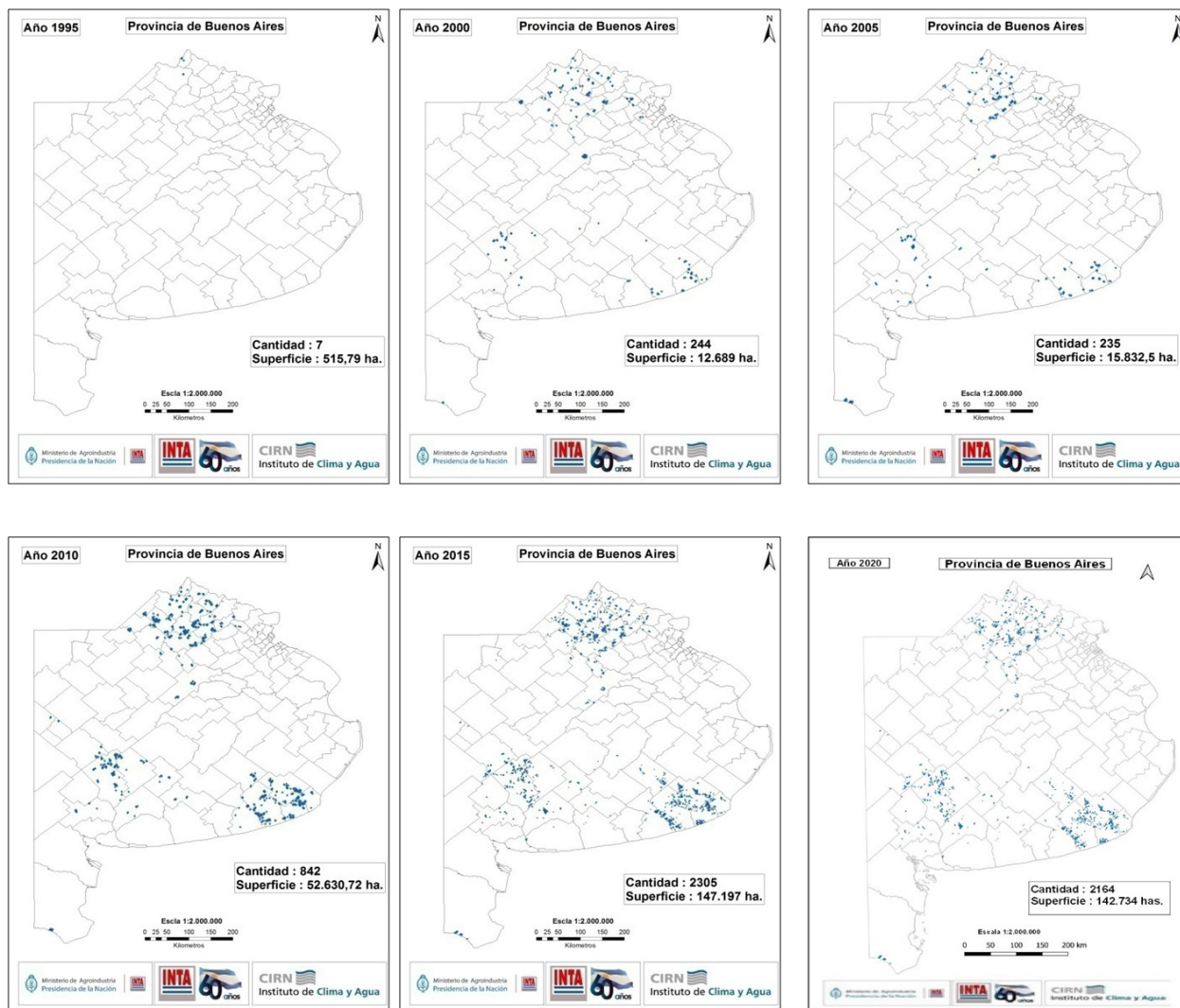


tema de pivote central en la provincia de Buenos Aires presentó un crecimiento continuo. En el primer año relevado se encontraron siete círculos cuya superficie fue de 515.79 ha. Mientras en el año 2015 se hallaron 2.305 círculos con una superficie total de 147.197,36 ha. El porcentaje de crecimiento de la superficie

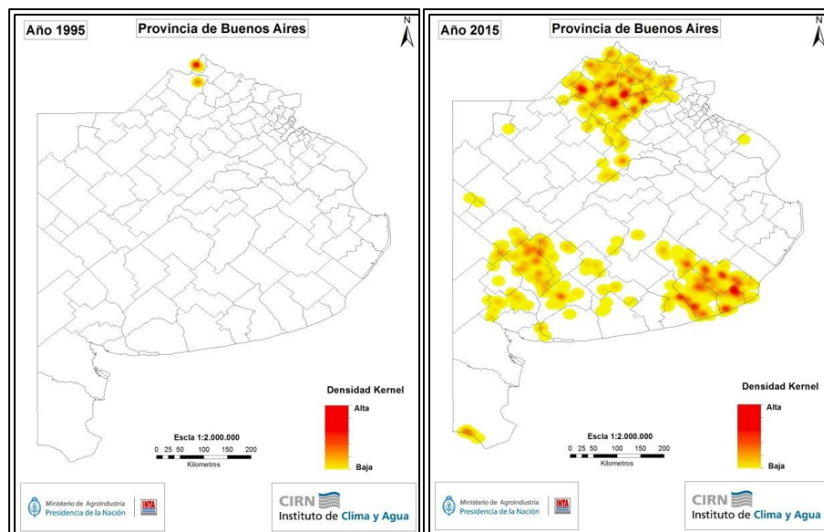
irrigada bajo este sistema de riego fue de 2460 % entre los años 1995 y 2000, de 125 % entre los años 2000 y 2005, de 332 % entre los años 2005 y 2010 y de 280 % entre los años 2010 y 2015. En el año 2020 la superficie descendió a 142.734 ha con respecto al año 2015 (figura 5).

En el año 1995 se observaron los primeros círculos de riego en partidos del norte de la provincia, que fueron expandiéndose en los siguientes años. Se pudieron determinar tres áreas bien definidas: noroeste, con cuatro partidos y en el sudoeste y sudeste con 5 partidos (figura 6).

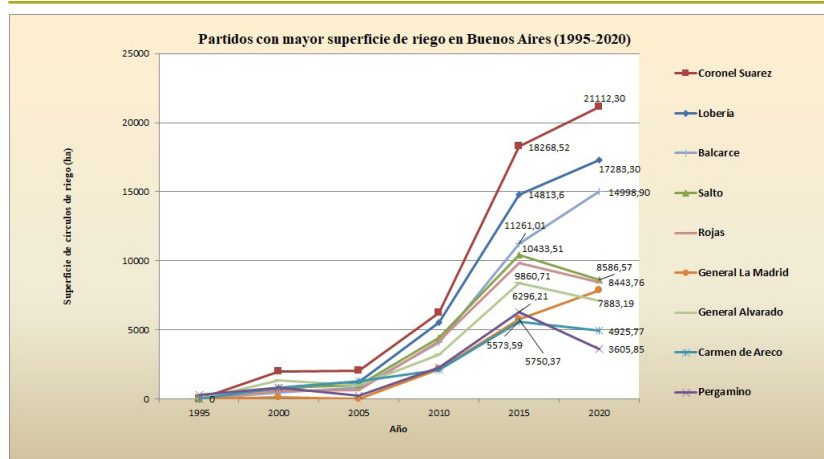
**Figura 5.** Evolución espacio temporal de la cantidad y superficie de círculos de riego. Fuente: elaboración propia.



**Figura 6.** Mapa de densidad de círculos de riego en la provincia de Buenos Aires entre los años 1995-2015. Fuente: elaboración propia.



**Figura 7.** Superficie por departamentos con círculos de riego en la provincia de Buenos Aires. Fuente: elaboración propia.



**Tabla 1.** Superficies máximas, mínimas y promedio de los círculos de riego expresado en hectáreas.

Año	Superficie Mínima	Superficie Máxima	Promedio
1995	36,11	152,27	-
2000	8,31	229,7	59,76
2005	17,11	233,23	65,01
2010	15,6	307,37	62,57
2015	8,62	316,92	64,52
2020	8,87	343,86	65,95

Fuente: elaboración propia a partir del análisis espacial.

Al analizar la superficie ocupada por los círculos de riego en cada departamento se destacan los partidos de Salto, Rojas, Pergamino y Carmen de Areco en el norte de la provincia. En el sur en los partidos de Coronel Suárez, Lobería, General La Madrid, General Alvarado y Balcarce (figura 7).

Se calculó la superficie del tamaño de los círculos de riego para cada período del relevamiento a nivel provincial, obteniendo los siguientes resultados en la tabla 1.

### CONCLUSIONES

En los años del relevamiento se pudo observar un crecimiento del riego por pivote central en las zonas norte, sudoeste y sudeste de la provincia de Buenos Aires. Para el año 2015 en la zona norte se destacan los departamentos de Salto (10.433,51 ha); Rojas (9.860,71 ha); Pergamino (6.296,2 ha) y Carmen de Areco (5.573,59 ha). En el sur, los departamentos de Coronel Suárez (18.268,52 ha); Lobería (14.813,62 ha); Balcarce (11.261,01 ha), General La Madrid (5750,37 ha) y General Alvarado (8.360,39 ha). Se destaca Coronel Suárez como el departamento con mayor cantidad de superficie con riego por pivote central de la provincia de Buenos Aires para el año 2015. Para el año 2020 hubo descenso en la superficie de riego por pivote central principalmente en el norte de la provincia, pero en el sur esta se incrementó. En Cnel. Suárez se observó un aumento de la superficie a 21112,3 ha; Lobería a 17.283,3 ha y Balcarce 14.998,9 ha.

### FUENTE DE FINANCIAMIENTO

La infraestructura, factibilidad de trabajo y financiamiento para realizar esta investigación fueron provistos por los proyectos específicos del INTA PNAGUA-1133044 "Gestión del agua y el riego para el desarrollo sostenible de los territorios" y PE i505 "Uso y gestión eficiente del agua en sistemas de regadío".

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se inició dentro del marco del Programa Nacional de Agua del Insti-

tuto Nacional de Tecnología Agropecuaria coordinado por el Ing. Agr. Daniel Prieto y el Ing. Agr. Fernando González Aubone.

## BIBLIOGRAFÍA

- BANCO MUNDIAL. (2000). Argentina Water Resources Management Policy Issues and Notes thematic annexes volume III.
- BRAGA, A.; OLIVEIRA, J. (2005). Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens. Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE. 849-856 pp.
- BRAGACHINI, M. (2009). Historia de la mecanización agrícola del país: del arado de reja a la siembra de precisión. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE).
- BUZAI, D.; BAXENDALE, C. (2012). Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica ordenamiento territorial, temáticas de base vectorial. Lugar editorial. Buenos Aires.
- CARDOSO, O. (2010). Localización óptima de expendios de carne porcina con Sistemas de Información Geográfica en la ciudad de Resistencia, Argentina. Cuadernos de Geografía. Revista colombiana de Geografía, número 19. Universidad Nacional de Colombia. 87-96 pp.
- CHAMBOULEYRON, J. (1983). El riego en Argentina, actualidad y perspectivas. INCYTH, CRA.
- CHAMBOULEYRON, J. (2005). Riego y drenaje. Técnicas para el desarrollo de una agricultura regadía sustentable. Tomo II, Mendoza, Ediunc. 1040 p.
- CHUVIECO, E. (2002). Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. Edit. Ariel Ciencia. España.
- Evans R. 2001. Center Pivot Irrigation. USDA. Agricultural Research Service.
- FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). (2021). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura - Sistemas al límite. Informe de síntesis 2021. Roma. <https://doi.org/10.4060/cb7654es>
- FECIC. (1988). El deterioro del ambiente en la Argentina. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 497 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INDEC). (2007). Resultado General del Censo Nacional Agropecuario 2002. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Buenos Aires.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INDEC). (2021). Censo Nacional Agropecuario 2018: resultados definitivos. 1.ª ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. (Disponible: <https://cna2018.indec.gob.ar/> verificado: 10 de abril de 2023).
- MELANI, E.; DRAGHI, L.; JORAJURIA COLLAZO, D.; PALANCAR, T. (2015). Alteración de las propiedades mecánicas de un Ustochrept Udértico tratado con agua enriquecida en sodio. Revista RIA. Vol. 41 N.º 1. INTA Ediciones.
- MONTESINOS, S. (2007). Estimación de la superficie en regadío mediante técnicas de teledetección: conceptos y su aplicación operativa. Jornadas sobre Aguas subterráneas en España ante las Directivas europeas: retos y perspectivas. Santiago de Compostela (España).
- OZDOGAN, M.; YANG, Y.; ALLEZ, G.; CERVANTES, C. (2010). Remote sensing of irrigated agriculture: Opportunities and challenges. Remote Sensing, 2, 2274-2304.
- REQUENA, A.; MARTÍNEZ, R.S. (2010). El riego con grandes máquinas. Fruticultura y diversificación. 63:22-29. Edición INTA Alto Valle.
- SÁNCHEZ, R.; GUERRA, L.; SCHERGER, M. (2015). Evaluación de las Áreas bajo riego afectadas por salinidad y/o sodicidad en Argentina. INTA-FAO.
- ZELMER, H.; BARRIONUEVO, N.; D'ONOFRIO, M.; MARTÍNEZ, R. (2010). Área regada por pivoteo en la cuenca del río negro y caracterización de su funcionamiento. INTA.