

**Primeras Jornadas Interdisciplinarias de Estudios  
Agrarios y Agroindustriales**

**4 y 5 de noviembre de 1999**

**Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas**

**Título del trabajo:** El uso de agua subterránea para riego en los valles sanjuaninos

**Mesa:** Recursos Naturales y Sostenibilidad Ambiental

**Autor:** Omar Miranda

# El uso de agua subterránea para riego en los valles sanjuaninos

Omar Miranda/<sup>1</sup>

## Resumen

*La escasez de recursos hídricos superficiales en los valles sanjuaninos de Tulum, Ullum y Zonda, ha llevado al Estado y a los productores a realizar perforaciones con el objetivo de extraer agua de los acuíferos subterráneos. En la actualidad, existirían unos 3600 pozos en funcionamiento para complementar la dotación hídrica de las tierras con derecho al riego y para permitir el cultivo de aquellas sin derecho al riego.*

*Partiendo del hecho de que el 30% de la superficie agrícola de estos valles depende del agua del subsuelo, el objetivo de este trabajo es analizar la importancia de los recursos hídricos subterráneos a nivel departamental y según estratos de superficie de los predios. Debido a la falta de información primaria, se recurrió a fuentes indirectas para conocer la intensidad de uso de las perforaciones, como por ejemplo, el consumo de energía eléctrica para riego.*

*Los resultados encontrados indican que los departamentos que rodean a la ciudad de San Juan son los que tienen mayor concentración de perforaciones; pero que aquellos que están más alejados son los que tienen una dependencia marcada con el agua del subsuelo. En ellos se registra el mayor consumo de energía eléctrica para riego, independientemente si se trata de tierras con o sin derecho al uso de agua de la red de riego superficial.*

*Contrariamente a lo que podría esperarse, no existe relación entre el número de perforaciones y la cantidad de tierra sin derecho al agua superficial. El 63% de los pozos se encuentra en predios con derecho al riego, el 32% en predios sin derecho al riego y 5% en predios con vertientes (pozos surgentes).*

---

<sup>1/</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria San Juan. Calle 11 y Vidart, (5427) Villa Aberastain, San Juan <[omir@correo.inta.gov.ar](mailto:omir@correo.inta.gov.ar)>.

## **1. Introducción**

El uso de agua del subsuelo forma parte de las estrategias productivas de los agricultores sanjuaninos. Por ello resulta importante conocer la demanda de agua subterránea y el potencial que tienen los acuíferos regionales. Sobre esto último existen varios estudios (Pellegrino, Furlotti, y Guimaraes, 1984; Agie, 1968); en cambio, son menos aquellos que analizan la distribución de pozos activos y el caudal de agua que se extrae. Teniendo en cuenta la falta de abordajes sobre los aspectos mencionados, en este trabajo se van a aportar elementos que ayuden a entender cómo funciona la demanda de agua del subsuelo y cuál es la distribución de perforaciones por departamento en tierras con y sin derecho al agua de riego superficial.

La expansión de la frontera agrícola que tiene lugar durante la década presente en la provincia de San Juan, ha estimulado el interés por conocer la posibilidad de obtener agua para riego del subsuelo. Si bien existe una serie de rigideces institucionales que regulan los permisos para construir nuevas perforaciones, la presión para modificar el Código de Aguas de manera tal que se permitan nuevas concesiones está impulsando una serie de debates y propuestas para innovar la legislación.

Los acuíferos subterráneos han sido utilizados para expandir la superficie cultivada y complementar la dotación de agua de las tierras con derecho a riego superficial. Años atrás, en la provincia tuvo lugar un crecimiento explosivo del número de pozos para extraer agua subterránea para riego. Esto estuvo inducido por las sequías recurrentes que afectaban la zona y la escasa infraestructura que existía para almacenar grandes volúmenes de agua. Con la construcción de la represa de Ullum en la década del '70, el caudal de agua disponible para riego dejó de tener las oscilaciones de antes y se frenaron las perforaciones. Sin embargo, la inelasticidad de la oferta del agua de riego superficial se convirtió en la principal restricción para expandir la frontera agrícola durante los '90, lo cual sólo fue posible mediante la realización de nuevos pozos.

En la actualidad, el riego con agua del subsuelo es una estrategia que caracteriza a la mayoría de los grandes emprendimientos agrícolas que se han constituido a partir de la instrumentación de la Ley de Diferimientos Impositivos. Si bien no existen estadísticas

precisas que sirvan para estimar con precisión cuál es la superficie regada con agua subterránea, ésta se ha convertido en un recurso importante para las nuevas formas de organizar la producción.

La modernización de la agricultura ha estado acompañada por una intensificación del proceso de producción y el uso nuevas tecnologías para el riego, entre otras, sistemas de goteo y microaspersión. La rentabilidad de estas tecnologías está asociada al precio de la tierra y su viabilidad económica es inversamente proporcional al nivel de sistematización que se realiza en los predios. De esta manera, la instalación de equipos de riego presurizados se realiza preferentemente en áreas que no están niveladas ni sistematizadas para riego gravitacional, dependiendo la productividad marginal del agua del costo de la perforación y del precio de la energía utilizada para el bombeo del subsuelo. Se asume que, en aquellas tierras con derecho al riego superficial, puede existir una complementación entre ambas estrategias de riego. Por otra parte, la extracción de agua del subsuelo también puede ser una estrategia económica viable para complementar el agua de la red de riego en aquellas fincas que no tienen derecho de agua para toda la superficie, disponen de caudales insuficientes o están en zonas en las cuales los turnos de riego son demasiado extensos como para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos.

Este informe es el primer avance de un trabajo más general que busca aportar elementos que sirvan para conocer el potencial del uso agrícola de los recursos hídricos subterráneos de la provincia. Partiendo de la hipótesis que dice que una buena gestión del uso del agua para riego supone su integración en el conjunto de los recursos hidráulicos de la cuenca del río San Juan<sup>2</sup>, se va a hacer hincapié en la descripción de la estructura de distribución de perforaciones para extraer agua para riego en los valles de Tulum, Ullum y Zonda.

---

<sup>2</sup>/ Las investigaciones muestran que la cantidad de agua de las principales redes de distribución que llega a las fincas no representa, en la mayoría de los distritos de riego, más del 50% del total que sale de la cabecera del dique de Ullum (Castro, 1989). Teniendo en cuenta que existe un alto porcentaje de canales de distribución impermeabilizados, es evidente que las pérdidas debidas a la práctica inadecuada del riego en finca son elevadas. Esto significa que, por ejemplo, una mejora del 30% de la eficiencia del uso del agua a nivel de finca permitiría ahorrar una cantidad de agua capaz de regar aproximadamente 100.000 ha en los valles de Tulum, Ullum y Zonda.

## 2. Recursos hídricos disponibles

Los cultivos sanjuaninos se ubican en una región árida en la cual la agricultura sólo es posible mediante el aporte de agua durante gran parte del año. En los valles de Tulum, Ullum y Zonda se concentra la actividad agrícola provincial, predominando los viñedos y, menor medida, los olivares y el cultivo de hortalizas.

Los recursos hídricos superficiales y subterráneos dependen del río San Juan. Este atraviesa los valles mencionados y, a pesar de la construcción de obras hidráulicas, su caudal continúa siendo un elemento fundamental en la determinación del agua disponible en la red de riego y en el acuífero subterráneo<sup>3</sup>. La variabilidad temporal del caudal del río fue un elemento limitante para el aprovechamiento hasta que, a principios del siglo XIX, cuando comenzó el aprovechamiento sistemático del agua del río para riego, se adoptó el criterio de considerar constantemente disponible y utilizable un volumen equivalente a su caudal más bajo en la Quebrada de Zonda<sup>4</sup>.

Si bien el aprovechamiento del agua para riego en San Juan comenzó en la época colonial, recién en el año 1882 se dictó una ley sobre concesiones eventuales y en 1884 la primer ley orgánica sobre el tema (Bridge, 1970). La ley de aguas vigente fue promulgada en el año 1928 y recién en el año 1958 se instrumentó como Decreto-Ley la reglamentación de perforaciones y de aprovechamiento de agua subterránea.

El primer canal de riego de la provincia se terminó de construir en el año 1819. Este daba agua a tierras del actual departamento de Pocito. Luego de la obra, el Estado subdividió y entregó terrenos regados que eran de su propiedad (Landa, 1946)<sup>5</sup>. A

---

<sup>3</sup>/ A pesar de la construcción del embalse de Ullum, durante los meses de verano el río San Juan continúa siendo la principal fuente de alimentación del acuífero subterráneo. Entre los meses de mayo a noviembre, en cambio, la represa es el origen principal del agua de recarga (Pellegrino, Furlotti y Guimaraes, 1984).

<sup>4</sup>/ El caudal del río San Juan es muy irregular. Por ejemplo, las series históricas de mediciones realizadas antes de la construcción de la represa de Ullum indican un caudal promedio anual de 43m<sup>3</sup>/seg, con años de 60 m<sup>3</sup>/seg y 21m<sup>3</sup>/seg promedio. Las variaciones mensuales también son notables, registrándose por ejemplo entre los años 1957 y 1977 caudales mensuales máximos de 294 m<sup>3</sup>/seg y mínimos de 17m<sup>3</sup>/seg (Allub, 1990).

<sup>5</sup>/ En realidad, la tierra fue usada para cancelar deudas pendientes del Estado con algunos sanjuaninos, los cuales "...aceptarían, en pago de los esclavos cedidos para el ejército de los Andes, terrenos en Pocito,

partir de esta fecha, se fueron sucediendo obras hidráulicas de distinta magnitud tanto con el objetivo de acumular reservas hídricas como el de conducir éstas hasta las tierras de cultivo.

En el año 1895 se inauguró el dique José Ignacio de la Roza, el cual fue diseñado para controlar el caudal del río San Juan hasta  $90 \text{ m}^3/\text{seg}$  y para acumular agua para riego. Todavía hoy sigue funcionando y por él pasa el agua para ser luego distribuida desde el Partidor San Emiliano y, de allí, dirigirse al sistema de canales principales de riego. Por aquellos años, se realizaron las primeras exploraciones en el departamento de Cauce para obtener agua subterránea para riego (Maurín Navarro, 1967). En el año 1980 se terminó el dique de Ullum, que mejora la regulación y el aprovechamiento de las aguas del río San Juan.

No obstante la limitación de la variabilidad del río San Juan es una importante fuente de agua superficial. Debido a esta disponibilidad, sólo se recurrió al agua subterránea en un periodo relativamente reciente, cuando fue evidente que la misma se podía integrar a los volúmenes de agua superficial escasos en los años de sequía.

### **3. Determinación indirecta del uso del acuífero subterráneo a través del consumo de energía eléctrica para riego**

El agua subterránea es un elemento que contribuye en gran medida con la actividad agrícola de la provincia. Su uso no solamente complementa al riego superficial cuando este no es suficiente, sino que en algunas zonas la perforación del subsuelo y la extracción de agua es el único camino que posibilita expandir la frontera agrícola.

La extracción de agua se hace mediante bombas con motores impulsados a través de combustible o energía eléctrica. No es posible conocer con certeza cuál es la proporción de agricultores que usan uno u otro tipo de fuente de energía. La elección va a depender del tipo de cultivo que se realice, en particular si se trata de uno anual o perenne, y de la disponibilidad de agua superficial. Esto va a influir en el perfil estacional de demanda

---

siempre que se les diese a éstos el agua necesaria para su cultivo, asunto que consideraban de urgente solución” (*Ibid*, 1946:10).

de agua para riego, lo cual a su vez es fundamental para la elección del tipo de impulsor para la bomba.

El costo de la energía eléctrica está determinado por el precio de sus tarifas y por el tiempo de uso de la misma<sup>6</sup>. En los valles irrigados de la provincia de San Juan, la demanda de agua para riego no es uniforme a lo largo del año. Por el contrario, es evidente que esta demanda es muy elevada durante el verano y muy baja en invierno, pasando por dos fases intermedias en primavera y en otoño.

El cuadro tarifario de la energía eléctrica es complicado, existiendo distinto tipo de precios según categorías de usuarios. En primer término, las tarifas se dividen en Tarifa N°1: usuarios de pequeñas demandas<sup>7</sup>, Tarifa N°2: usuarios de medianas demandas<sup>8</sup> y Tarifa N°3: usuarios de grandes demandas<sup>9</sup>. La clasificación de los consumidores de energía eléctrica en los distintos tipos de tarifas está condicionada a la potencia máxima requerida por cada uno de ellos además del uso que le asignen a la energía eléctrica.

Dentro de la Tarifa T3 se ubican los usuarios de Riego Agrícola cuya demanda máxima promedio de 15 minutos consecutivos es igual o superior a 10kW (13,58 HP) y emplean baja tensión (BT). En el precio de esta tarifa tiene una gran participación relativa el cargo fijo, lo cual eleva sustancialmente el costo anual por la contratación del servicio/<sup>10</sup>

---

<sup>6</sup> Las tarifas eléctricas pueden estar integradas por: (a) Cargos variables: tienen como objetivo cubrir los costos variables. Estos son los que varían con la cantidad de kW hora producidos, entre otros, los costos del combustible, del agua y parte de los costos de operación y mantenimiento de la planta de energía; (b) Cargos fijos: cubren los "costos por usuario", que son función del número de usuarios que atiende la empresa de energía eléctrica, entre otros, los gastos de lectura de medidores, cobranza, gastos asociados con la inversión en medidores e inversiones en el sistema general de distribución; y (c) Cargos por potencia: cubren los costos de "demanda o capacidad", los cuales varían con el capital invertido en los equipos y en la planta generadora, entre otros, las depreciaciones, parte de los gastos administrativos y costos de operación y mantenimiento que no varían con la cantidad de kW-hora generados (Quiñones, 1993).

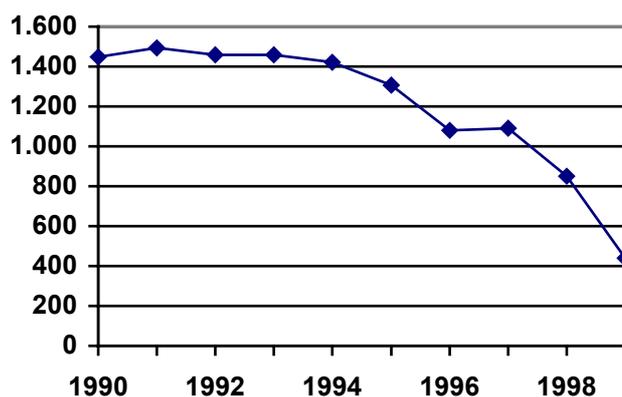
<sup>7</sup> Pertenecen a esta tarifa los usuarios cuya demanda máxima de potencia es inferior a 10kW (13,58 HP).

<sup>8</sup> Pertenecen a esta tarifa los usuarios cuya demanda máxima promedio de 15 minutos consecutivos es igual o superior a 10kW (13,58 HP) e inferior a 50kW (67,93 HP).

<sup>9</sup> Pertenecen a esta tarifa los usuarios cuya demanda máxima promedio de 15 minutos consecutivos es igual o superior a 50kW (67,93 HP).

<sup>10</sup> La tarifa a pagar en el riego agrícola está compuesta por: (a) un cargo fijo mensual, hayan o no consumos de energía y demandas de potencia realizados por el usuario; (b) un cargo por cada KW de "máxima capacidad de suministro contratada", cualquiera sea la tensión de suministro, haya o no consumo de energía; (c) un cargo por cada KW de "capacidad de suministro contratada en horas de

y produce economías de escala que no pueden ser afrontadas por la mayoría de los agricultores. La estructura parcelaria de la provincia se caracteriza por una gran subdivisión de la tierra y, en los principales valles cultivados, 85% de las explotaciones tiene una superficie promedio igual o menor a las 25 ha y 69% tiene menos de 10 ha (Secretaría de Planificación, 1991).

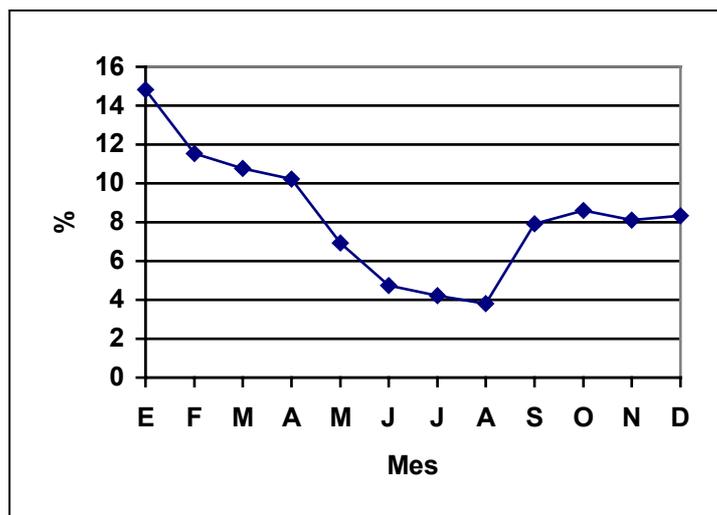


**Ilustración 1.** Cantidad de usuarios de energía eléctrica para riego agrícola (tarifa T3 RA BT).  
Fuente: Gobierno de San Juan (1999) y Energía San Juan (1999).

Debido a esto, el número de productores que contratan la tarifa de energía eléctrica para riego agrícola ha venido disminuyendo en los últimos años. Como puede verse en la ilustración superior, de los 1400 usuarios que había a principios de esta década sólo unos 460 continúan en la actualidad contratando energía eléctrica específicamente para riego. Esto no quiere decir que disminuyó el número de agricultores que extraen agua del subsuelo mediante bombas, sino que progresivamente han ido optimizando el uso de las mismas lo cual les permitió contratar otras tarifas eléctricas más baratas o que optaron por usar motores que funcionan a explosión.

---

punta", haya o no consumo de energía; (d) un cargo por la energía eléctrica entregada en el nivel de tensión correspondiente al suministro, de acuerdo con el consumo registrado en cada uno de los siguientes horarios tarifarios: punta, valle y resto; (e) si el suministro se efectúa en corriente continua, un recargo equivalente a un porcentaje del precio de la energía eléctrica suministrada y la capacidad de suministro contratada; y (f) si correspondiese un recargo por factor de potencia (aún no se ha instrumentado).



**Ilustración 2.** Distribución relativa del consumo anual de energía eléctrica para riego con agua subterránea en la provincia de San Juan. Elaboración propia según Gobierno de San Juan (1999).

Como muestra la ilustración anterior, se puede hablar de una estructura estacional del consumo de aguas para riego, que dependerá del régimen de evapotranspiración, de las necesidades hídricas de los cultivos establecidos en la región a regar y de la superficie total cultivada. A su vez, esta estacionalidad del consumo de agua para riego incide sobre el costo de funcionamiento por la diferente utilización de energía de costo variable. Por otra parte, a lo largo del día existen distintas tarifas de la energía eléctrica que tienen como objeto inducir en el consumo en las horas de menor demanda. En el caso de la tarifa para riego agrícola, el cargo a pagar por el consumo de energía se encuentra discriminado según las bandas horarias que se detallan a continuación:

- a. Banda horaria punta, desde 18.00h a 23.00h.
- b. Banda horaria valle, desde 23.00h a 05.00h.
- c. Banda horaria resto, desde 05.00h a 18.00h.

De esta manera, la energía eléctrica para extraer agua para riego agrícola del subsuelo tiene una tarifa cuyo precio final está determinado según el horario de consumo. Se puede decir que, en cierta medida, el consumo de energía eléctrica en aquellas fincas con tarifa T3 RA (riego agrícola) es un reflejo del consumo de agua. Esta relación va a ser directamente proporcional en aquellas fincas sin derecho al agua de riego, mientras

que en aquellas fincas con derecho al agua de riego va a indicar las necesidades de complementación del agua de riego de la red con agua de riego subterránea.

La tabla siguiente muestra el consumo agregado por departamento de energía eléctrica de aquellas fincas con tarifa T3 RA, durante el período diciembre de 1997 a mayo de 1999.

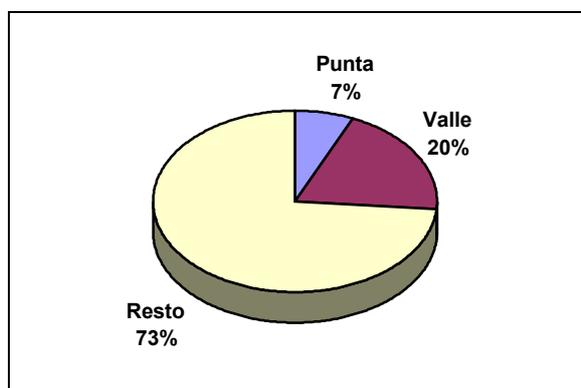
**Tabla 1:** Consumo de energía eléctrica activa para riego (T3 RA BT) por departamento (12/97 al 5/99)

Dpto.		Energía Activa			
		Punta	Valle	Resto	Total
Albardón	kW totales	73.922	345.117	1.128.355	1.547.394
	Dist. %	5	22	73	100
Angaco	kW totales	23.265	26.604	112.972	162.841
	Dist. %	14	16	69	100
Chimbas	kW totales	25.548	78.022	287.317	390.887
	Dist. %	7	20	74	100
Pocito	kW totales	297.260	1.005.392	3.654.337	4.956.987
	Dist. %	6	20	74	100
Rawson	kW totales	89.186	268.820	1.166.072	1.524.078
	Dist. %	6	18	77	100
Rivadavia	kW totales	18.763	24.800	47.481	91.044
	Dist. %	21	27	52	100
San Martín	kW totales	184.803	255.324	1.075.053	1.515.180
	Dist. %	12	17	71	100
Santa Lucía	kW totales	96.331	287.864	758.957	1.143.152
	Dist. %	8	25	66	100
Sarmiento	kW totales	355.273	932.219	3.287.990	4.575.481
	Dist. %	8	20	72	100
Ullum	kW totales	25.768	240.021	1.105.365	1.371.154
	Dist. %	2	18	81	100
Zonda	kW totales	54.416	269.298	1.532.480	1.856.193
	Dist. %	3	15	83	100
9 de Julio	KW totales	142.065	626.232	2.468.666	3.236.963
	Dist. %	4	19	76	100
25 de Mayo	kW totales	1.212.303	3.389.980	11.739.733	16.342.015
	Dist. %	7	21	72	100
Total	kW totales	2.598.902	7.749.692	28.364.776	38.713.369
	Dist. %	7	20	73	100

Fuente: elaboración propia según datos proporcionados por Energía San Juan.

Como se puede observar, el comportamiento de los agricultores en la utilización de la energía eléctrica para riego no obedece a una política de minimización de los costos a lo

largo del año, dado que el consumo de agua en las horas valle es baja, incluso, en aquellos departamentos con una buena red de distribución de agua para riego.



**Ilustración 3.** San Juan, período 12/97 al 5/99: distribución porcentual promedio del consumo eléctrico para riego agrícola (Tarifa RA T3 BR).

Ello se debe, en parte, a que las horas de funcionamiento de las instalaciones se suelen establecer en estrecha relación con la jornada de trabajo agrícola y, de manera especial, cuando se emplea el riego por manto que requiere el aporte de mano de obra en la conducción del agua, o, cuando se emplea el riego localizado de manera insuficientemente automatizada.

#### **4. Perforaciones para extraer agua para riego**

En los valles de referencia existen dos cuencas subterráneas, la del valle de Tulum y la de Ullum y Zonda. La primera es la de mayor tamaño, con una superficie de 783.000 ha entre acuíferos libres y confinados/<sup>11</sup>, y almacena un volumen de 500.000 hm<sup>3</sup>. La profundidad de bombeo va desde cero metro en las zonas de afloramiento surgente hasta un máximo de 100 m, oscilando generalmente entre 2 m y 30 m; mientras que las perforaciones pueden tener hasta 500 m de profundidad (Coria Jofré, 1982). La recarga se produce en forma natural y ocurre principalmente en el área de acuífero libre que está

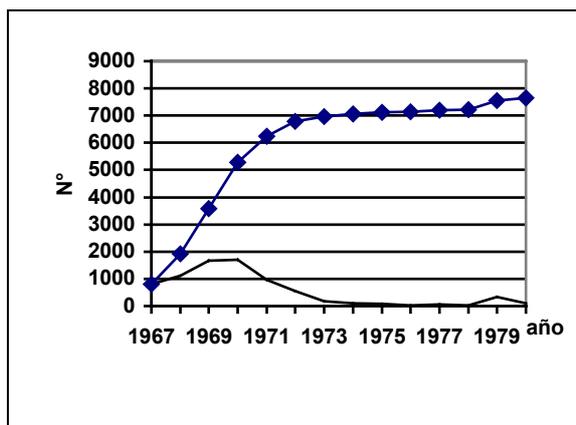
---

<sup>11/</sup> Un acuífero confinado, a diferencia de uno libre, está separado de otros volúmenes de agua y de la superficie terrestre por capas de materiales poco permeables o impermeables. Estas son generalmente de arcilla, roca o mezcla sedimentaria, inhibiendo el movimiento vertical del agua hacia el acuífero y fuera de él. Un indicador que sirve para distinguir a los acuíferos confinados de los libres es la presión del agua. En los primeros es alta y, si se realiza una perforación, produce la elevación del agua por encima de la superficie del acuífero.

sobre el abanico aluvial del río San Juan<sup>12</sup>. La descarga, por su parte, se produce mediante la extracción de agua para riego, los afloramientos surgentes y los drenajes de áreas con alto nivel freático. De todas maneras, el bombeo de agua subterránea para riego es lo que más incide en el nivel de los acuíferos.

Según datos obtenidos del Plan Agua Subterránea, hasta el año 1955 la extracción de agua era casi nula (Italconsult,1987). El aprovechamiento del subsuelo comenzó a partir de esa época con la construcción sistemática de pozos que en algunas zonas llegó a superar los límites razonables. Esto fue posible por la aparición de la bomba de profundidad en la década de los '50 (Chambouleyron, 1991). Así, a fines de los años '80 se habían realizado 7.711 perforaciones en los valles de Tulum, Ullum y Zonda y la superficie cultivada era de 71.876 ha (Coria Jofré, 1982), lo cual, por ejemplo, daba relaciones de 5,6 ha/pozo y 2,9 ha/pozo en los departamentos de Pocito y Rawson, respectivamente.

Entre 1968 y 1972 tuvo lugar un proceso de construcción de perforaciones privadas subsidiadas en el que mucho tuvo que ver la gran sequía que ocurrió por aquellos años. La magnitud de la misma fue tal que se observaron depresiones de hasta 30 m en los niveles del acuífero libre (*Ibid*, 1997). También se comenzaron a hacer perforaciones públicas para entregar agua subterránea a la red de riego superficial y, en la actualidad, en la cuenca de Tulum existen 118 pozos de este tipo y 75 en la de Ullum-Zonda.



**Ilustración 4.** Perforaciones privadas registradas en la provincia (total anual y acumulado), 1967-1980. Fuente: elaboración propia según Coria Jofré (1982).

<sup>12/</sup> A pesar de las precipitaciones pluviales escasas, del orden de los 100mm anuales, el índice de retención de las mismas es elevado (37%). Esto se debe a las características aluviales de la cuenca, lo cual permite una gran infiltración hacia el acuífero (Allub, 1990).

El control público de las perforaciones es un asunto complejo que ha sobrepasado los recursos del organismo que cumple esta función. Esto ha conducido a una explotación desordenada del subsuelo y a la realización de pozos sin contar con la totalidad de los estudios técnicos previos. En el año 1979 se modificó el Código de Aguas provincial prohibiéndose la concesión de nuevas perforaciones para el uso de agua subterránea; pero durante un par de años más se siguieron haciendo pozos con permisos ya acordados. Esta modificación rige hasta la actualidad, e impide el otorgamiento de nuevas concesiones para la utilización agrícola del agua del subsuelo en los caudales de los ríos San Juan y Jáchal, como así también la de sus afluentes, vertientes y cuencas subterráneas. Sin embargo, existen evidencias que a pesar de la prohibición la perforación del subsuelo ha continuado y en la actualidad se debate otra modificación del Código de Aguas que permita nuevas concesiones para la utilización del acuífero subterráneo.

No existe información sobre qué proporción de los 7.700 pozos autorizados que existían a fines de la década de los '80 estaban en funcionamiento por aquella época ni en qué períodos del año. Es probable que un número importante quedó inutilizado con el terremoto del año 1977. Además, si se tiene en cuenta que otros dejaron de usarse con la construcción de la represa de Ullum, no hay dudas que la extracción de agua del subsuelo disminuyó por aquellos años. Sin embargo, esta actividad se reactivó a mediados de la presente década por efecto de una nueva sequía. En el año 1996 se declaró la Emergencia Hídrica en la provincia y tuvo lugar la rehabilitación de las baterías de pozos oficiales ubicadas en los valles de Tulum y Zonda. De las 128 perforaciones que existían se pudieron recuperar 86 y, por una combinación de bajos rendimientos y estado de las cañerías, sólo tuvieron viabilidad económica 60 perforaciones (Departamento de Hidráulica, 1996).

La tabla siguiente muestra la variación cuantitativa que hubo entre los años 1980 y 1994 en lo que hace a perforaciones registradas por departamento. En ese período se redujeron casi en un 52%, lo cual indica una pérdida de importancia relativa del agua del subsuelo en las estrategias productivas de los agricultores. Esto se debe fundamentalmente a una mayor regularidad en la entrega de agua a través de la red regional de canales de riego.

**Tabla 2.** Valles de Tulum, Ullum y Zonda, perforaciones para riego por departamento en 1980 y 1994.

Departamento	Año 1980		Año 1994		Variación porcentual	
	N°	%	N°	%	Relativa	Absoluta
Rivadavia	62	0,8	22	0,6	-26,4	-64,5
Santa Lucía	798	10,4	372	10,1	-3,4	-53,4
Rawson	1.595	20,8	666	18,0	-13,5	-58,2
Pocito	2.036	26,6	903	24,4	-8,1	-55,6
Zonda	161	2,1	54	1,5	-30,5	-66,5
Ullum	101	1,3	26	0,7	-46,6	-74,3
Chimbas	380	5,0	166	4,5	-9,5	-56,3
9 de Julio	319	4,2	213	5,8	38,4	-33,2
Albardón	356	4,6	149	4,0	-13,2	-58,1
Angaco	284	3,7	129	3,5	-5,8	-54,6
San Martín	360	4,7	192	5,2	10,5	-46,7
Caucete	435	5,7	283	7,7	34,8	-34,9
25 de Mayo	429	5,6	371	10,0	79,3	-13,5
Sarmiento	345	4,5	150	4,1	-9,9	-56,5
TOTAL	7.661	100	3.696	100	---	-51,8

Fuente: elaboración propia según Coria Jofré (1982) y Dirección de Geodesia y Catastro (1999).

Sin embargo, no debería desestimarse las diferencias que pudieran originarse debido a las distintas fuentes de datos. En el caso de los pozos que había en 1980, el dato se refiere a la sumatoria de perforaciones para riego declaradas al Departamento de Hidráulica desde su constitución hasta el año que cesaron las concesiones para hacer nuevas extracciones de agua del subsuelo. El relevamiento del año 1994 estuvo incluido en un censo de parcelas catastrales y probablemente refleje con mayor aproximación la cantidad de perforaciones que efectivamente están en condiciones de uso.

No toda la superficie empadronada para riego superficial está cultivada. La tabla inferior indica la cantidad de hectáreas de cada departamento que se encuentra en producción y la que tiene derecho a riego. La relación mayor se encuentra en el departamento Zonda, en el cual 89% del área empadronada está cultivada; mientras que, el departamento Sarmiento tiene la menor relación, con 43%. Las cifras agregadas para los valles de Tulum, Ullum y Zonda indican que sólo 55% de las tierras con derecho a riego se encuentran cultivadas. La escasez de agua de riego es uno de los factores que incide en esta baja participación, aunque también hay que mencionar entre los

fenómenos que llevan a no cultivar parcelas con derecho a riego superficial a la revenición de la napa subterránea y a la salinización del suelo.

**Tabla 3.** Valles de Tulum, Ullum y Zonda. Uso del agua para riego en propiedades privadas.

Dto.	Area		EAPs (N°)	Area regada con agua		
	Empadronada	Cultivada		Superf.	Subt.	Ambas
	(ha)	(ha)		(%)	(%)	(%)
25 de Mayo	16.133	7.409	431	58	16	25
9 de Julio	8.279	4.574	287	53	4	43
Albardón	4.432	3.543	757	83	1	17
Angaco	8.865	4.276	632	86	1	14
Caucete	12.315	9.121	868	84	1	16
Chimbas	3.179	1.857	287	74	1	25
Pocito	20.342	11.628	1.266	64	2	34
Rawson	9.492	4.959	867	58	7	35
Rivadavia	3.709	2.092	169	90	0	10
San Martín	10.387	5.200	497	64	2	34
Santa Lucía	3.760	2.469	683	57	2	41
Sarmiento	21.396	9.095	677	86	1	13
Ullum	3.382	2.194	112	100	0	0
Zonda	2.274	2.027	118	77	0	23
Total	127.945	70.444	7.651	71	4	25

Fuente: elaboración propia según Dirección de Geodesia y Catastro (1999), Departamento de Hidráulica (1999) y Secretaría de Planificación (1991).

Sólo 4% del total de la superficie cultivada era regada exclusivamente con agua subterránea a mediados de la década presente. Este porcentaje tuvo un incremento en los últimos años, junto con la difusión del riego presurizado, pero no existe información agregada sobre la magnitud del mismo. Lo mismo sucede con la participación del área cultivada regada con agua superficial y del subsuelo. Gran parte de las aproximadamente 10.000 ha/<sup>13</sup> que en la provincia de San Juan están regadas con sistemas presurizados, principalmente goteo y microaspersión, combinan ambas fuentes de agua. Estos cultivos son recientes y no están incluidos de las estadísticas de principios de la década de los '90.

Con el fin de conocer el grado de concentración de perforaciones para riego por departamento, se elaboró un índice que combina dos indicadores: (a) la relación entre pozos y explotaciones agropecuarias; y (b) la relación entre superficie cultivada y

<sup>13</sup> / Javier Chadwick, Irrigar SA, comunicación personal.

pozos. El índice se construye a partir del producto de estos dos indicadores y busca contener las variaciones de densidad de pozos por unidad de superficie cultivada con derecho a riego y por finca. La tabla inferior se presenta un ranking de departamentos según concentración de perforaciones.

**Tabla 4:** ranking de departamentos según densidad de perforaciones para riego. Fuente: elaboración propia según tablas anteriores.

Departamento	Pozo/EAP	Ha/pozo	Indice
Rawson	0,77	7,4	10,41
Santa Lucía	0,54	6,6	8,18
Pocito	0,71	12,9	5,50
Chimbas	0,58	11,2	5,18
25 de Mayo	0,86	20	4,30
9 de Julio	0,74	21,5	3,44
San Martín	0,39	27,1	1,44
Zonda	0,46	37,5	1,23
Caucete	0,33	32,2	1,02
Albardón	0,2	23,8	0,84
Angaco	0,2	33,1	0,60
Sarmiento	0,22	60,6	0,36
Ullum	0,23	84,4	0,27
Rivadavia	0,13	95,1	0,14
Total	0,48	19,1	2,51

A excepción de 25 de Mayo, la mayor concentración de perforaciones se da en los departamentos que rodean a la ciudad de San Juan. Esto se debe a que es en ellos en donde la propiedad de la tierra se encuentra más dividida. Un caso extremo es el departamento Rivadavia, que tiene una muy baja concentración de pozos y se encuentra limitando a la ciudad de San Juan. En realidad, éste se encuentra muy urbanizado y ha perdido gran parte de su fisonomía agrícola.

La tabla inferior muestra que actualmente la mayoría de los pozos en funcionamiento se emplea para complementar el agua por turno; aunque en algunas zonas de la provincia el riego se hace exclusivamente con el agua de perforaciones. Dada la situación vigente de expansión de la frontera agrícola con las inversiones realizadas por los diferimientos agrícolas, es de esperarse que esta última situación siga incrementándose.

**Tabla 5.** Valles de Tulum, Ullum y Zonda: número de pozos para riego por departamento en predios con derecho a riego, sin derecho y con vertientes.

Dpto.	Número de pozos en predios			Total
	Con derecho a riego	Sin derecho a riego	Con vertiente	
25 de Mayo	173	198	0	371
9 de Julio	138	75	0	213
Albardón	112	37	0	149
Angaco	100	29	0	129
Caucete	221	62	0	283
Chimbas	135	31	0	166
Pocito	527	318	58	903
Rawson	326	206	134	666
Rivadavia	17	5	0	22
San Martín	150	42	0	192
Santa Lucía	287	85	0	372
Sarmiento	80	70	0	150
Ullum	21	5	0	26
Zonda	42	12	0	54
Total	2.329	1.175	192	3.696

Fuente: elaboración propia según Dirección de Catastro y Geodesia.

Cuando se depende sólo del agua del subsuelo, es decir, cuando las tierras no tienen derecho a riego superficial, es necesario realizar el cálculo de las posibilidades de riego con un caudal conocido. Esto se hace para disminuir el riesgo del cultivo y no basta con relacionar el caudal medio del mismo con las necesidades anuales por hectárea del cultivo. La estimación debe hacerse sobre la base de los períodos críticos del año, que es cuando se registran los mayores consumos. Debe tenerse en cuenta, además, que en la práctica es imposible hacer funcionar el pozo durante todos los días del mes o durante las 24 horas del día. Hay que prever también las pérdidas por baja eficiencia de riego y cubrir los riesgos por posible avería en la instalación. Esto eleva el costo del riesgo y limita la expansión de la frontera agrícola en aquellas zonas en las cuales la profundidad del agua no es siempre homogénea o en las que existen otras perforaciones con características similares.

El número de perforaciones por predio es otro indicador que sirve para relacionar la estructura parcelaria con el uso del agua del subsuelo. Como es de esperar, los departamentos con explotaciones de mayor superficie son los que tienen más proporción de predios con más de un pozo. Así, el departamento 9 de Julio tiene más de una perforación en el 14% de los predios, mientras que Sarmiento y 25 de Mayo registran

más de un pozo en el 12% de los predios. La tabla inferior muestra la distribución por departamento del número de predios con uno o más perforaciones para riego.

**Tabla 6:** Valles de Tulum, Ullum y Zonda. Número de predios con uno o más pozos registrados para riego por departamento.

Departamento	Número de predios				
	1 pozo	2 pozos	3 pozos	4 pozos	5 o más
25 de Mayo	281	34	2	4	0
9 de Julio	157	19	6	0	0
Albardón	125	9	2	0	0
Angaco	123	3	0	0	0
Caucete	236	16	5	0	0
Chimbas	156	5	0	0	0
Pocito	819	31	6	1	0
Rawson	625	16	3	0	0
Rivadavia	22	0	0	0	0
San Martín	149	8	4	1	2
Santa Lucía	350	11	0	0	0
Sarmiento	114	13	2	1	0
Ullum	24	1	0	0	0
Zonda	48	3	0	0	0
Total	3.229	169	30	7	2

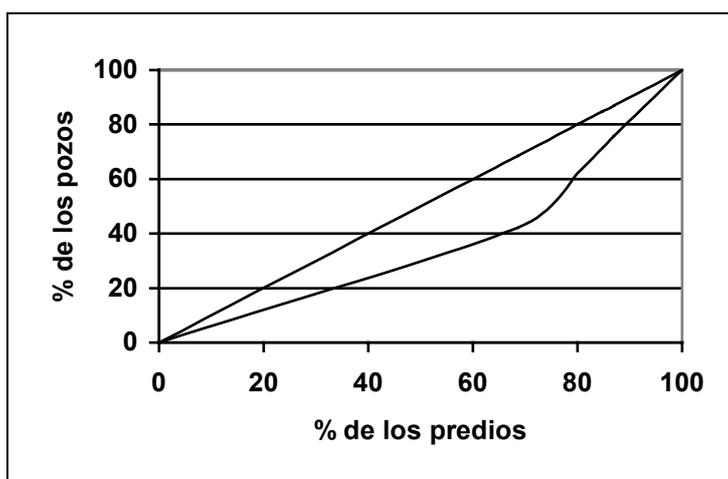
Fuente: elaboración propia según Dirección de Geodesia y Catastro (1999).

Por último, interesa conocer la distribución de las perforaciones por estrato de superficie. El 42% de las mismas se encuentran en predios con menos de 5ha y 19% en predios con más de 20ha. Sin embargo, para tener una visión más apropiada de esta distribución, hay que analizarla según sus valores acumulados. La tabla y la figura que están a continuación indican cuál es la participación de los predios según estratos de tamaño en el total de los pozos para riego.

**Tabla 7.** Valles irrigados de Tulum, Ullum y Zonda. Distribución de frecuencias acumuladas de las perforaciones para riego.

Rango (ha)	% Acumulado	
	Predios	pozos
0 a 5	0	0
5 a 10	69	42
10 a 15	80	62
15 a 20	85	71
> 20	87	76
Total	100	100

Fuente: elaboración propia según tabla del anexo.



Cómo se puede ver, existe una concentración importante de pozos en los predios de mayor tamaño. Esto se debe a que generalmente son éstos los que tienen mayor participación de tierras cultivadas sin derecho al agua de riego superficial. Por lo tanto necesitan complementar la dotación con recursos hídricos subterráneos.

## 5. Conclusiones

Dadas las características climáticas de los valles sanjuaninos, el agua superficial y la subterránea no pueden ser consideradas como de utilización excluyente si se quiere lograr un uso racional de este recurso. El número elevado de perforaciones indica que el costo de oportunidad de las mismas es alto, ya que aseguran una dotación de agua relativamente constante a lo largo del año.

Actualmente, existirían 3600 pozos en funcionamiento para complementar la dotación hídrica de las tierras con derecho al riego y para permitir el cultivo de aquellas sin derecho al riego. De ellos, alrededor de 450 contratan tarifas eléctricas T3 Riego

Agrícola, lo cual indica el número de perforaciones de gran caudal y de uso durante todo el año. A causa de los elevados costos del cargo fijo de la T3-RA, en otros 1100 pozos se ha dejado de contratar esta tarifa en los últimos tres años. En algunos de ellos puede haberse sustituido la bomba por otra de menor potencia (y caudal), por lo cual aparecen ahora en las estadísticas de las tarifas generales de uso residencial y no es posible identificarlos. En otros, en cambio, se sustituyó la fuente de energía eléctrica de la bomba por la de explosión. Para una misma potencia, este sistema tiene mayores costos variables que el eléctrico, pero menores costos fijos. Es por ello el más apropiado para aquellos agricultores que usan las perforaciones como complemento del riego superficial en períodos críticos del año y que necesitan un gran volumen.

En definitiva, entonces, poco menos de un quinto de las perforaciones se usan para extraer grandes caudales durante todo el año. A esto se debe agregar el efecto estacional de las baterías de pozos oficiales, las cuales extraen grandes volúmenes de agua. Del conjunto de perforaciones depende 30% de la superficie cultivada de los valles, teniendo en cuenta tanto las parcelas con riego complementario como aquellas que utilizan al subsuelo como única fuente hídrica.

En cuanto a la distribución espacial de los pozos, los departamentos que rodean a la ciudad de San Juan son los que tienen mayor densidad de perforaciones por unidad de superficie. Sin embargo, son aquellos que se encuentra más alejados del núcleo urbano los que tienen una dependencia más marcada con el agua del subsuelo. En ellos se registran los mayores consumos de energía eléctrica para riego. El caso del departamento 25 de Mayo ilustra este hecho, ya que en él se consume el 42% del total de Kw anuales usados para riego agrícola con la tarifa T3. Por otro lado, los departamentos Pocito y Rawson, que concentran casi la mitad de las perforaciones, sólo participan con el 17% del consumo eléctrico. Esto indica la relativamente menor dependencia de los cultivos que en ellos se desarrollan del acuífero subterráneo.

Contrariamente a lo que se esperaba, no se encontró ninguna relación de dependencia entre el número de perforaciones y la cantidad de tierra sin derecho al agua de riego superficial cultivada. Si bien los porcentuales varían por departamento, a nivel agregado el 63% de los pozos se encuentra en predios con derecho al riego, el 32% en predios sin derecho al riego y el 5% en predios con vertientes.

Si bien el mayor número de perforaciones está en las explotaciones de menor tamaño, son las de mayor superficie las que tienen más frecuencia de pozos. En sintonía con el consumo de energía eléctrica, es nuevamente el departamento 25 de Mayo el que tiene el número mayor de perforaciones en predios con más de 20 ha y, además, el que registra mayor participación de pozos en este estrato, con casi 30% del total.

Este análisis preliminar indica que, en la medida de sus capacidades y velocidad de recarga, el incremento del uso de los acuíferos en la agricultura sanjuanina tiene ventajas concretas para el desarrollo sectorial y para un mejor aprovechamiento del agua de superficie. La expansión de la frontera agrícola puede hacerse a partir de una fuente de recursos hídricos que no está sujeta a la evapotranspiración o a las pérdidas por infiltración que afectan a los reservorios superficiales. Además, el agua subterránea puede extraerse rápidamente y cerca del lugar de uso, eliminando la necesidad de canales extensos. Se podría evaluar, entonces, la posibilidad de continuar la expansión de su uso escalonado y en sintonía con nuevos avances de la frontera agrícola.

## 6. Bibliografía

Agie,J (1968): *Almacenamiento de agua subterránea en las cuencas de Tulum y Ullum-Zonda*. Centro Regional de Agua Subterránea (P-013). Subsecretaría de Recursos Hídricos, San Juan.

Allub,L (1990): *Impactos sociales de las grandes obras públicas*. Universidad Nacional de San Juan, San Juan.

Bridge,A (1970): *Estudios de derecho de aguas. Del régimen jurídico del agua subterránea. Aspectos sobre su aprovechamiento*. Tomo II. Consejo Federal de Inversiones, San Juan.200p.

Castro,T (1989): “El problema del drenaje en la provincia de San Juan”. In: *Optimización del uso del recurso hídrico*. Gobierno de la Provincia de San Juan.

Coria Jofré,D (1997): “Reorganización y transferencia de la administración del agua a los usuarios. Experiencia de la provincia de San Juan (Argentina)”. In: *Contribuciones al Taller sobre aspectos de la privatización de las empresas de servicios públicos relacionadas con el agua de las Américas*. (Ed. CEPAL). (LC/R 1723). Comisión Económica para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile.

- Coria Jofré,D (1982): *Uso conjunto del agua superficial y subterránea. Valles de Tulum, Ullum y Zonda, Provincia de San Juan*. Centro Regional de Agua Subterránea (CRAS). San Juan.
- Chambouleyron,J (1991): "Juicio a nuestra agricultura regadía". In: *Juicio a nuestra agricultura*. (Ed.: INTA). Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, 151-160.
- Departamento de Hidráulica (1999): *Relevamiento Agrícola. Area con derechos de riego. Ciclo 1998-99*. Gobierno de la Provincia, San Juan.
- Departamento de Hidráulica (1996): "Batería de pozos oficiales". *Boletín Técnico Informativo* 12, 9.
- Dirección de Geodesia y Catastro (1999): *Base de datos electrónica del censo de 1994*. San Juan.
- Energía San Juan (1999): *Base de datos electrónica*. San Juan.
- Gobierno de San Juan (1999): *Indicadores de Coyuntura*. Ministerio de la Producción, Infraestructura y Medio Ambiente. San Juan, sin paginar.
- INTA (1976): *Estudio de suelos y drenaje del valle del Tulum*. Tomo II (drenaje), volumen 1. INTA, EEA San Juan.
- ITALCONSULT (1987): *Proyecto "El Tambolar". Informe final de factibilidad. Adjunto 2. Componente agrícola, riego y drenaje*. Repubblica Italiana, Gobierno de la Provincia de San Juan. Roma.
- Landa,A (1946): "Reseña histórica de obras hidráulicas y del régimen legal de las aguas en la provincia de San Juan". *Boletín de la Junta de Historia de la provincia de San Juan* 9, 3-69.
- Maurín Navarro,E (1967): *Contribución al estudio de la historia vitivinícola argentina*. Instituto Nacional de Vitivinicultura, Mendoza. 266p.
- Pellegrino,J; Furlotti,R; Guimaraes,R (1984): Condiciones hidrogeológicas e hidroquímicas en la cuenca de Ullum-Zonda. (Documento técnico D-95). Centro Regional de Agua Subterránea (CRAS), San Juan.
- Quiñones,H (1993): "Análisis comparativo de las tarifas eléctricas industriales y comerciales". *Novedades Económicas* 15 (155/156), 14-18.
- Secretaría de Planificación (1991): *Censo Nacional Agropecuario 1988. Resultados generales. Provincia de San Juan*. Vol. 14. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Buenos Aires. 49p.

## Anexo

**Tabla 8:** Número de perforaciones para riego según derecho al riego superficial, por estrato de tamaño y por departamento.

Depto	Derecho A riego	Rango (ha)										Total N°
		0 a 5		5,1 a 10		10,1 a 15		15,1 a 20		más de 20		
		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
25 de Mayo	Con	20	12	16	9	17	10	9	5	111	64	173
	Sin	44	22	3	2	2	1	5	3	144	73	198
9 de Julio	Con	12	9	28	20	15	11	12	9	71	51	138
	Sin	30	40	8	11	4	5	4	5	29	39	75
Albardón	Con	51	46	28	25	15	13	6	5	12	11	112
	Sin	21	57	8	22	3	8	0	0	5	14	37
Angaco	Con	25	25	22	22	11	11	4	4	38	38	100
	Sin	16	55	4	14	1	3	4	14	4	14	29
Caucete	Con	27	12	35	16	53	24	25	11	81	37	221
	Sin	48	77	2	3	2	3	1	2	9	15	62
Chimbas	Con	75	56	32	24	8	6	4	3	16	12	135
	Sin	26	84	2	6	3	10	0	0	0	0	31
Pocito	Con	224	43	168	32	44	8	25	5	66	13	527
	Sin	161	51	75	24	35	11	16	5	31	10	318
Rawson	Con	185	57	80	25	22	7	17	5	22	7	326
	Sin	106	51	57	28	17	8	1	0	25	12	206
Rivadavia	Con	5	29	4	24	4	24	1	6	3	18	17
	Sin	3	60	0	0	1	20	0	0	1	20	5
San Martín	Con	31	21	20	13	16	11	10	7	73	49	150
	Sin	20	48	3	7	2	5	2	5	15	36	42
Sta. Lucía	Con	215	75	35	12	16	6	7	2	14	5	287
	Sin	60	71	13	15	6	7	1	1	5	6	85
Sarmiento	Con	7	9	11	14	5	6	5	6	52	65	80
	Sin	21	30	3	4	5	7	0	0	41	59	70
Ullum	Con	7	33	3	14	3	14	2	10	6	29	21
	Sin	4	80	0	0	0	0	0	0	1	20	5
Zonda	Con	13	31	10	24	6	14	3	7	10	24	42
	Sin	7	58	1	8	4	33	0	0	0	0	12
Total	Con	897	39	492	21	235	10	130	6	575	25	2.329
	Sin	567	48	179	15	85	7	34	3	310	26	1.175
	TOTAL	1.464	42	671	19	320	9	164	5	885	25	3.504

Fuente: elaboración propia según Dirección de Geodesia y Catastro (1999).