

Factores que inciden en la elección de tecnología para riego en la agricultura argentina

Omar Miranda/¹

Se estudiaron tres elementos que influyen en la dinámica de la elección tecnológica de los sistemas de riego agrícola. En primer lugar, el nivel de escasez de recursos hídricos. La disponibilidad de agua depende tanto de factores climáticos que afectan los acuíferos superficiales y subterráneos como de condiciones deficientes de suministro en las redes públicas. Uno de los caminos para hacer frente a la escasez es la adopción de riego por goteo, el cual permite hacer un uso más eficiente del agua de riego. En segundo lugar, la reestructuración productiva de los oasis irrigados del oeste del país inducida por hábitos de consumo de alimentos saludables y hedónicos. El paquete tecnológico asociado a los nuevos cultivos incluye al riego por goteo, el cual forma parte de técnicas de producción innovadoras que tienen como denominador común mayor intensidad de capital y mayor productividad de la mano de obra. Finalmente, en tercer lugar, el tamaño de las fincas. La presencia de indivisibilidades en los equipos de riego hace que disminuya su costo por hectárea a medida que aumenta la superficie regada.

¹/ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA San Juan. Calle 11 y Vidart. (5427) Villa Aberastain, San Juan, Argentina <omiranda@sanjuan.inta.gov.ar>.

1. Introducción

Las principales dimensiones que afectan la elección tecnológica en la agricultura son la institucional, la económica y la agroecológica (Shrestha y Gopalakrishnan, 1993; Castwel y Zilberman, 1986; 1985). Por lo tanto, intentar explicar la adopción de nuevas tecnologías de riego a partir de la articulación de la mirada agronómica con la social (Allub, 1993), la histórica (Hérin, 1990), la cultural (Boelens y Dávila, 1998), la económica (Gibbons, 1986), la institucional (Guillet, 1990) o la simbólica (Palerm y Wolf, 1972), permite conocer mejor a los mecanismos que influyen sobre los procesos de cambio tecnológico en el uso del agua para riego. En este trabajo se hizo una interpretación de la elección tecnológica en la agricultura bajo riego a través del análisis de variables agronómicas y económicas. Para ello, se determinaron los regímenes climáticos en los cuales la dinámica de la adopción de nuevos sistemas de riego fue más importante, el tamaño de las explotaciones que usan esta tecnología y el tipo de cultivo en el cual se aplica. Los datos se obtuvieron mediante entrevistas realizadas en el año 2001 a gerentes de las principales empresas distribuidoras de tecnología de riego del país². Las entrevistas buscaron conocer las ventas anuales de equipos de riego por goteo³ durante en el período 1986-2001, discriminadas en hectáreas instaladas por provincia y por cultivo. El universo de estudio fue el área agrícola en la cual se adoptó riego por goteo, lo que supone un total de 125.137 ha según el Censo Nacional Agropecuario del año 2002. La muestra generó información de 911 explotaciones que adoptaron riego por goteo en una superficie de 79.668 ha durante el período 1986-2001, lo cual representa en 40% del total de unidades y el 64% del área con esta tecnología según datos del Censo Nacional Agropecuario 2002 (INDEC, 2006). El tamaño de la muestra permitió extrapolar las conclusiones al universo de estudio con una confianza de 95,5% en la hipótesis $p=50%$ y un margen de error de $\pm 3%$ (Arkin, 1982).

2. Materiales y métodos

Desde principios del siglo pasado existe un estancamiento en la evolución del área nacional cultivada bajo riego. Por aquellos años existían 1.380.000 ha regadas en todo el país (Soldano, 1923); mientras que los datos más recientes indican que en el año 1988 había 1.159.409 ha regadas (República Argentina, 1992)⁴ y en el año 2001 1.355.600 ha (INDEC, 2006). En el último relevamiento nacional, el grupo de cultivos con mayor participación en el área regada es el de los frutales (426.884 ha), seguido por cereales y oleaginosas (348.352 ha), alfalfa (226.247 ha), hortalizas (185.946 ha) y cultivos industriales (168.173 ha), entre los que se destaca la caña de azúcar con 121.289 ha. Sin embargo, con algo más del 4% de la superficie agrícola nacional, los cultivos irrigados contribuyen con casi el 30% del valor bruto de la producción del sector (Fiorentino, 2005). Si se completara las obras de infraestructura básica disponibles y si se mejorara

²/ Plastro, Irrigar, Dripsa, Naan y Netafim.

³/ Bajo la denominación “riego por goteo” también se incluye a la microaspersión. Ambos son sistemas de microrriegan con similares características hidráulicas, ya que emiten agua presurizada de bajo volumen mediante bombas eléctricas o a explosión, dependiendo su uso de variables como tipo de cultivo y de suelo, entre otras. Se estima que un 80% de la superficie con microirriegan del país corresponde a riego por goteo y el resto a microaspersión (Miranda, 2002).

⁴/ Esta cifra surge de restar a las 1.246.738 ha bajo riego que aparecen censadas en el relevamiento nacional las 87.329 ha mencionadas como superficie de campos naturales de las provincias de Santa Cruz, Chubut y Neuquén regados por desbordamiento, o sea que son tierras que no disponen de estructura ni sistematización para riego.

la eficiencia actual de riego, esa superficie podría ampliarse a 1.923.000 ha (Banco Mundial, 2000). Por otra parte, la superficie cultivable potencial con riego de acuerdo a la disponibilidad de recursos hídricos superficiales y subterráneos es de 6.128.000 ha (INTA, 1986), de las cuales sólo 2.500.000 ha pueden habilitarse para riego integral y las restantes son aptas para riego complementario (GWP, 2000). Si bien esto indicaría que hay un gran potencial de expansión, en muchos casos se requiere de inversiones de gran envergadura para entregar agua en las áreas a incorporar.

La Tabla 1 muestra la distribución territorial del área irrigada por régimen climático (RC) según el Índice Hídrico de Burgos y Vidal (Ruggiero y Conti, 1988). El RC Árido incluye las zonas de riego de las provincias de Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza, ubicadas en el centro-oeste del país y con precipitaciones anuales inferiores a los 400mm. Estas zonas tienen aridez extrema, siendo imposible la agricultura sin la utilización de riego. El RC Semiárido incluye las zonas de riego del norte de la Patagonia y de las provincias de Salta, Jujuy, Córdoba, Tucumán y Buenos Aires, con precipitaciones entre 400mm y 1000mm. Si bien en algunas zonas es posible la siembra de cultivos extensivos de secano, el área presenta lluvias estacionales que hacen necesario el riego para completar el ciclo agrícola. El RC Húmedo abarca zonas de más de 1000mm de precipitaciones, sin estar libre de eventuales sequías. El área se encuentra en el noreste del país, comprendiendo las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Corrientes, Misiones y este de Formosa y Santiago del Estero.

Tabla 1. Superficie agrícola irrigada en hectáreas discriminada por régimen climático y sistema de riego. Fuente: elaboración propia según INDEC (2006).

Régimen climático	Gravitacional (ha)	Presurizado (ha)		Total bajo riego	
		Aspersión	Goteo	(ha)	(%)
Árido	446.665	27.243	86.674	562.582	(42%)
Semiárido	267.984	99.586	16.003	383.573	(28%)
Húmedo	231.927	154.532	22.461	408.920	(30%)
Total país	946.575 (70%)	281.361 (21%)	125.137 (9%)	1.355.600	(100%)

En cuanto a la distribución territorial del riego, mientras que diez años atrás el uso de recursos hídricos en territorios con régimen climático húmedo representaba el 14% de la superficie regada del país (SAGyP, 1995) en la actualidad ocupa el 30%, concentrándose gran parte en la región pampeana. Si bien todavía predomina el uso de sistemas por surco y por inundación (56% del área irrigada en regímenes climáticos húmedos), es de esperarse que en la medida que se sostenga el aumento del precio de la tierra, continúe difundándose el uso de técnicas de riego presurizado para agricultura extensiva. En este sentido, a mediados de la década pasada comenzó a difundirse el riego complementario en el cultivo de granos, en particular maíz y, en forma incipiente, se adoptaron sistemas de riego presurizado del tipo pivote central, cañones aspersores y líneas de avance frontal (Morábito y otros, 1998). Sin embargo, esto no tuvo un gran desarrollo debido a los precios deprimidos de los granos en los años posteriores, siendo la mixta papera la única zona pampeana que tiene una superficie importante en la que se utiliza riego presurizado. El origen principal del agua en los territorios con régimen climático húmedo son los acuíferos subterráneos, no existiendo redes públicas de distribución del agua para riego superficial. Las tierras presentan menores problemas de deterioro de suelos por mal uso del riego que las de regímenes climáticos áridos, lo cual se debe al tipo de agricultura extensiva que se practica. Se destaca el cultivo irrigado de arroz en la provincia de Corrientes y, en menor medida, el de hortalizas y frutales.

La agricultura de regímenes climáticos semiáridos y áridos tiene lugar, principalmente, en los oasis irrigados del oeste del país. La zona con riego sistematizado más importante se encuentra en las provincias de Mendoza y San Juan, juntas tienen más de 300.000 ha irrigadas con sistemas gravitacionales y 43.000 ha con goteo. En esta región se realizaron los mayores avances tecnológicos en el uso del agua para riego. En la provincia de San Juan, por ejemplo, casi toda la red de riego superficial está impermeabilizada desde los años '70. El uso combinado del agua superficial y subterránea alcanza un porcentaje importante en ambas provincias. Predomina el cultivo de especies frutales para industria, como la vid para vinificar y el olivo. También existen cultivos hortícolas, en especial cebolla, ajo y tomate. Es destacable la superficie con suelos degradados por efectos de mal uso del riego, registrándose en la región 142.000 ha con problemas de salinidad y de drenaje/⁵ (Banco Mundial, 2000). En los territorios semiáridos del noroeste se encuentra el 25% de la superficie agrícola regada del país. En el resto de las provincias, los cultivos que utilizan agua para riego son algunos industriales, como la caña de azúcar, el tabaco y el algodón, y ciertas hortalizas y forrajeras. Por último, en la Patagonia se encuentra el 7% del área regada nacional, siendo importante el volumen de agua empleado en los valles del norte de la región. El cultivo de especies perennes, como manzanos, perales, vid y alfalfa son las principales actividades agrícolas irrigadas de las provincias patagónicas.

3. Resultados

3.1 Influencia del régimen climático

A partir de la información obtenida en las entrevistas, se pudo ver que el inicio del proceso de difusión del riego por goteo ocurrió a mediados de la década de los '80 y tuvo un comportamiento similar en todos los regímenes climáticos. Pero a comienzos de los '90 se observa que la trayectoria en el RC Árido experimentó una tasa de crecimiento mayor que la de los otros dos regímenes, las cuales tendieron a amesetarse. La pendiente de la curva de difusión en la región árida señala un crecimiento constante en la serie de tiempo disponible; aunque, como se verá, la evolución no es homogénea en todas las provincias que la componen.

Tabla 2. Evolución anual de la superficie en hectáreas (ha) con riego por goteo según distintos aglomerados climáticos y total nacional en ha, 1986-2001. Fuente: elaboración propia según datos de las entrevistas e INDEC (2006).

Año	Superficie según régimen climático (ha)							
	Árido					Semi-Árido	Húmedo	Total país
	La Rioja	Mendoza	San Juan	Catamarca	Total			
1986	260	15	5	583	863	42	84	989
1987	560	22	7	584	1.174	62	123	1.359
1988	897	27	9	585	1.518	77	238	1.834
1989	897	44	15	590	1.545	126	403	2.073
1990	1.006	67	23	594	1.691	196	659	2.546
1991	1.006	86	247	598	1.937	596	1.007	3.540
1992	1.832	467	534	609	3.441	1.305	2.605	7.352

^{5/} Un quinto de la superficie regada del país está afectada por distintos grados de problemas de drenaje y salinidad (Banco Mundial, 2000).

1993	2.800	1.003	1.158	696	5.656	3.008	4.408	13.072
1994	4.437	2.297	2.236	953	9.924	4.880	5.868	20.671
1995	6.140	2.921	3.610	1.752	14.423	6.343	7.146	27.911
1996	9.756	4.115	5.784	4.820	24.475	8.030	10.634	43.139
1997	13.937	6.931	11.015	11.097	42.981	10.916	15.007	68.903
1998	16.231	9.677	14.461	13.629	53.997	12.768	17.853	84.618
1999	19.888	12.852	17.980	16.178	66.898	14.905	20.206	102.009
2000	22.491	17.237	20.992	17.436	78.156	15.832	21.333	115.321
2001	25.095	21.621	21.264	18.694	86.674	16.003	22.461	125.137
%	20%	17%	17%	15%	69%	13%	18%	100%

En el RC Árido, los oasis irrigados de la provincia de La Rioja tienen la mayor superficie del país con riego por goteo, con un papel pionero en la adopción de este tipo de tecnología. Más de la mitad de sus 41.817 ha regadas utilizan sistemas de goteo y el tamaño promedio de las unidades es de 130 ha. Una situación parecida se da en los oasis de Catamarca, la cual en el año 1988 tenía casi 30.000 ha regadas y a fines de los años '90 esa superficie había pasado a ser de 63.835 ha. El incremento fue debido en gran medida a la adopción de sistemas modernos de riego, con una participación importante del riego por aspersión (casi 20.000 ha). De esta manera, dos tercios de su superficie irrigada utilizan sistemas presurizados, lo que la ubica como la provincia con mayor participación de tecnología moderna de irrigación en su superficie cultivada bajo riego. En cuanto al tamaño promedio de las explotaciones con goteo, este es de 138 ha, siendo el mayor del país.

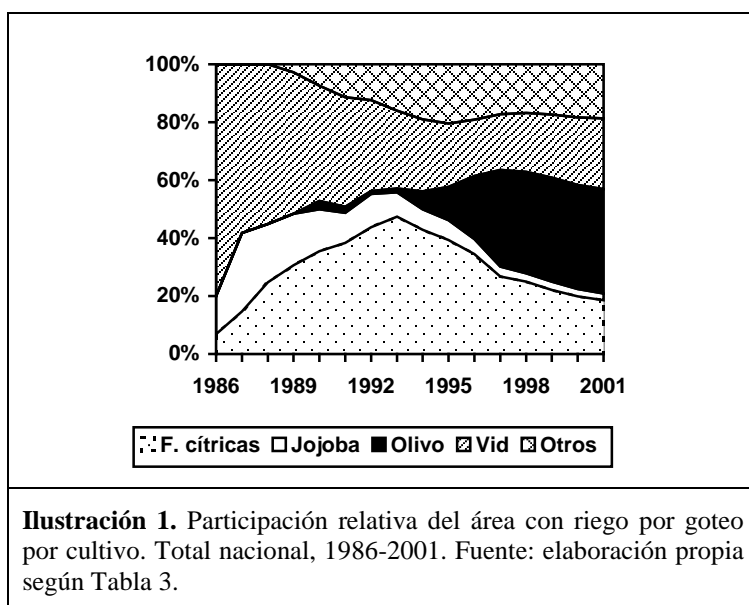
En los oasis de las provincias de Mendoza y San Juan existen 42.886 ha agrícolas regadas con goteo, lo cual representa el 34% del área nacional que utiliza esta tecnología. La importancia relativa varía de una provincia a otra, ya que en San Juan estos sistemas ocupan el 27% de la superficie total cultivada y en Mendoza tan sólo representan el 8%. En ambas provincias es reducido el número de explotaciones que adoptaron este tipo de riego, utilizándolo el 4% de las explotaciones en San Juan y tan solo el 2% en Mendoza. Esto se debe a que las economías de escala tienen un peso importante al momento de decidir la adopción de estos sistemas. El fenómeno puede entenderse mejor si tenemos en cuenta que en las dos provincias el 80% de las explotaciones agrícolas tienen menos de 25 ha, mientras que el tamaño promedio de las explotaciones con goteo es de 56 ha (Miranda y Medina, 2005).

3.2 Elección por tipo de cultivo

La adopción de riego por goteo está ligada a un proceso de reestructuración productiva en el árido que incluye la implantación de cultivos perennes como vides de alta calidad enológica, uva de mesa, cítricos de exportación y olivo. Al tratarse de cultivos que implican un alto nivel de capital fijo por unidad de superficie y con productos y subproductos cuyos precios están por encima de los de otros cultivos y manufacturas agrícolas de las regiones áridas, es importante reducir el riesgo de pérdidas agronómicas por falta de agua. El riego por goteo permite controlar el manejo del estado hídrico de las plantas y su inversión se justifica en aquellos cultivos que, como los perennes de alto valor, necesitan mantener una buena eficiencia de riego en el mediano y largo plazo de manera tal de no afectar la productividad y calidad de las cosechas. El nivel de precio de los cultivos es un determinante importante para inducir la demanda de tecnología de riego. Más aún, con altos precios sostenidos, aquellas tierras marginales que no eran

alcanzadas por las redes públicas de riego superficial pueden ser usadas para expandir la frontera agrícola mediante el uso de agua subterránea para riego por goteo.

La Ilustración 1 muestra la evolución de la participación relativa de los principales cultivos en los cuales se utiliza el goteo. En los inicios, la vid fue la especie que centralizó su adopción, siendo también importante la jojoba y los cítricos. La evolución comparada indica que éstos últimos, a través del riego en el cultivo de limón y de naranja, cobraron mayor importancia relativa a mediados de los años '90, momento en que también empezó el uso de la tecnología en el cultivo del olivo. En pocos años, la nueva olivicultura se convirtió en el principal demandante de riego por goteo, ocupando en la actualidad unas 45.000 ha con esta tecnología. Sigue, a continuación, la viticultura, con 31.000 ha, de las cuales 23.500 ha corresponden a vid vinífera de alta calidad enológica y 7.500 ha a uva de mesa. Casi la totalidad de los olivares y parrales de uva de mesa que se comenzaron a implantar desde mediados de la década pasada hasta la actualidad se riegan por goteo; fenómeno que, en menor proporción, también se dio en la vides para vinos de alta gama.



La trayectoria tecnológica indica que la demanda de riego por goteo es una demanda derivada por productos y manufacturas agrícolas de alto valor. Este mayor valor no solo debe entenderse como mayores ingresos por unidad de superficie cultivada o por producto físico, sino por unidad de agua para riego utilizada. Es destacable que la tendencia a la suba de los precios de estos cultivos fue lo que hizo que se expanda la frontera agrícola hacia tierras no cultivadas mediante el uso de irrigación.

Tabla 3. Evolución de la superficie nacional con riego por goteo en los principales cultivos que usan esta tecnología, en hectáreas (ha), 1986-2001. Fuente: elaboración propia según datos de las entrevistas e INDEC (2006).

Año	Superficie (ha)							
	F. carozo (1)	F. cítricas (2)	F. secos (3)	Jojoba	Olivo	F pepita (4)	Vid (5)	Otros
1986	-	68	-	130	-	-	791	-
1987	-	199	-	368	-	-	791	-

1988	-	454	-	368	-	-	1.012	-
1989	-	635	-	368	-	58	1.012	-
1990	-	904	-	368	72	116	1.012	74
1991	-	1.358	-	368	72	331	1.338	74
1992	74	3.217	-	847	72	704	2.310	129
1993	362	6.194	-	1.104	164	1.029	3.519	699
1994	1.169	8.858	102	1.464	1.286	1.360	5.129	1.302
1995	1.777	10.985	517	1.915	3.195	1.791	6.104	1.628
1996	2.602	14.887	1.127	2.225	9.388	2.575	8.404	1.931
1997	4.037	18.444	1.871	2.317	22.987	3.504	13.310	2.433
1998	4.771	21.112	2.636	2.473	29.638	3.968	17.225	2.796
1999	5.219	22.590	3.673	2.933	36.591	4.192	22.238	4.572
2000	5.706	22.884	4.949	2.933	41.403	4.572	26.982	5.890
2001	6.193	23.179	6.224	2.933	45.050	4.953	30.561	6.043

(1) F. carozo incluye ciruelo, duraznero y cerezo; (2) F. cítricos incluye naranja, mandarina y limonero
(3) F. secos incluye nogal, almendro y pistacho; (4) F. pepita incluye manzano y peral; (5) Vid incluye uva para vinificar y para mesa.

El olivo (36%), la vid (24%) y los cítricos (19%) explican más de las dos terceras partes de la superficie con goteo del país. Los tres cultivos presentan trayectorias diferentes que es necesario analizar para tener una perspectiva del futuro de esta tecnología. La vid tiene mayor tiempo medio de difusión y evidencia el mayor potencial en cuanto a la evolución futura del riego por goteo. El aumento de los precios verificado en los productos y manufacturas de los cultivos que aparecen en la Tabla 3 implica que la modificación de la demanda agrícola tuvo una importancia fundamental en la determinación de la rapidez con la que la innovación sustituyó al riego tradicional en los cultivos perennes de exportación en el árido argentino. Esta interpretación, tomada en sentido amplio, sugiere que el crecimiento repentino del mercado de equipos de riego por goteo cerca de dos décadas después de sus primeras ventas, es una consecuencia de las condiciones específicas que rodean los cambios de hábitos de consumo en las sociedades de mayores ingresos.

3.3 Tamaño de las explotaciones

La información relevada en el estudio indica que hay economías de escala asociadas al uso del riego por goteo, lo cual disminuye el costo por hectárea del mismo a medida que aumenta la superficie cultivada. Por otro lado, se evidencian diseconomías de escala en la utilización de sistemas de riego gravitacionales en los cultivos de alto valor. El tamaño promedio nacional de las explotaciones con riego por aspersión es ocho veces mayor que el de las que utilizan riego tradicional, diferencia que se acentúa en los territorios del régimen climático árido. En estos últimos, las fincas con riego gravitacional tienen un tamaño promedio de 7,4 ha/EAP⁶, mientras que las que utilizan riego por goteo tienen una superficie promedio de 98,1 ha/EAP. El riego gravitacional se utiliza predominantemente en pequeñas fincas y su uso depende tanto de la sistematización y nivelación previa de las tierras como del trazado de la red pública de canales de distribución de agua. A su vez, la disposición de riego fue modelada por la estructura agraria que predominaba al momento de su construcción, caracterizándose generalmente en las zonas irrigadas por la subdivisión marcada de la tierra.

⁶/ EAP: explotación agropecuaria.

Tabla 4: Tamaño promedio de las explotaciones regadas (ha/EAP) según Régimen Climático y total nacional, por sistema de riego. Fuente: elaboración propia según INDEC (2006).

Régimen climático	Tamaño según sistema de riego (ha/EAP)		
	Gravitacional	Goteo	Aspersión
Árido	7,4	98,1	255,2
Semiárido	23,4	21,6	329,6
Húmedo	92,1	13,9	80,1
Total nacional	15,6	41,8	126,0

En principio, la existencia de deseconomías de escala en el uso de riego tradicional operaría en la misma forma que las economías de escala asociadas al riego por goteo. La programación del riego gravitacional requiere cierta capacidad de supervisión de la mano de obra para mantener la eficiencia del riego y el aumento de trabajo para regar superficies mayores disminuye la capacidad de control y supervisión. La aplicación de agua a los cultivos debe hacerse en un tiempo limitado, debido a la rigurosidad de los turnos de riego y a la necesidad de regar en los momentos justos en los que las plantas requieren cantidades determinadas de agua. En consecuencia, no se puede emplear un número óptimo de trabajadores para supervisar la eficiencia del riego gravitacional en cualquier momento y muchas veces no se dispone de la cantidad de agua suficiente para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos. Como la productividad media del agua de riego disminuye cuando la supervisión baja a cierto mínimo, el requerimiento de trabajo por hectárea aumenta con la superficie cultivada.

Tabla 5: Tamaño promedio nacional de las superficies regadas por explotación (ha con riego por goteo/EAP) según tipo de cultivo y cantidad de EAPs relevadas. Fuente: elaboración propia con datos de las entrevistas.

Cultivo	Tamaño promedio	EAPs relevadas*
	(ha/EAP)	(N°)
F. cítricas	67,2	74
Uva vino	33,5	126
Uva mesa	45,0	134
F. carozo	39,7	150
Olivo	102,1	180
F. pepita	28,6	52
Otros	6,1	195
Total	46,0	911

* Sobre un total nacional de 2.292 EAPs con riego por goteo en el año 2002 (INDEC, 2006)

La presencia de indivisibilidades en los equipos de riego por goteo hace que disminuya su costo por unidad de superficie, lo cual se refleja en el tamaño promedio de las explotaciones que los adoptaron. Estas se ubican generalmente en zonas sin derecho de riego gravitacional, ya que las tierras de secano disponen de grandes extensiones en las cuales es posible instalar equipos de riego sin las limitaciones de tamaño que existen en las tierras con riego gravitacional. La Tabla 5 muestra el tamaño promedio nacional de las unidades que adoptaron tecnología moderna de riego. Como se puede ver, las mayores superficies se dan en el cultivo de olivo y, en segundo lugar, en los cítricos. Si tenemos en cuenta que la superficie promedio de las explotaciones que utilizan riego gravitacional es 15,60 ha, se entiende por qué un porcentaje importante de los emprendimientos con riego por goteo se localizaron en zonas sin derecho de riego y produjeron el desplazamiento de la frontera agrícola en tierras anteriormente de secano.

4. Discusión y conclusiones

Hay tres elementos que influyen en la dinámica de la elección tecnológica del sistema de riego. En primer lugar, está el nivel de escasez de recursos hídricos. La disponibilidad de agua depende tanto de factores climáticos que afectan los acuíferos superficiales y subterráneos como de condiciones deficientes de suministro en las redes públicas. Uno de los caminos para hacer frente a la escasez es la adopción de riego por goteo, el cual permite hacer un uso más eficiente del agua de riego. En segundo lugar, está la reestructuración productiva de los oasis irrigados del oeste del país inducida por hábitos de consumo de alimentos saludables y hedónicos. El paquete tecnológico asociado a los nuevos cultivos incluye al riego por goteo, el cual forma parte de técnicas de producción innovadoras que tienen como denominador común mayor intensidad de capital y mayor productividad de la mano de obra. Finalmente, en tercer lugar, aparece el tamaño de las fincas. La presencia de indivisibilidades en los equipos de riego hace que disminuya su costo por hectárea a medida que aumenta la superficie regada.

Con respecto al régimen climático, las dos terceras partes del territorio nacional tienen recursos hídricos escasos. Cuando el agua comienza a ser escasa, ya sea por la aparición de nuevos cultivos que expanden la frontera agrícola o por su demanda creciente para otros usos, es razonable esperar que se verifiquen inversiones en tecnología para mejorar la eficiencia de riego. El patrón geográfico de la difusión del riego por goteo indica que su adopción está inducida por la escasez de agua, ya que en las provincias en las cuales los recursos hídricos son más limitantes es donde esta tecnología ha tenido mayor aceptación. Los oasis irrigados de cuatro de estas provincias (Mendoza, San Juan, La Rioja y Catamarca) están ubicados en los distritos climáticos con las menores precipitaciones de todo el territorio y concentran dos tercios del área nacional con goteo.

En cuanto al tipo de cultivo, las preferencias crecientes de los consumidores por productos saludables y hedónicos de alto valor, como el aceite de oliva, la uva de mesa y los vinos de alta gama, han incentivado la implantación de cultivos como la vid, el olivo y en menor medida los cítricos, los cuales explican el 80% de la superficie con esta tecnología en el país. Las nuevas viticultura y olivicultura expandieron la frontera agrícola de las provincias del árido con la colonización de tierras vírgenes mediante el uso de riego por goteo y del aprovechamiento de acuíferos subterráneos. El fenómeno ocurrió en un contexto institucional en el que es indisoluble el derecho de uso del agua de la red pública de riego del de la propiedad de la tierra, lo cual lo hace poco propicio para el cambio tecnológico en los sistemas de irrigación. El riego por goteo aparece con la expansión de ciertos productos y manufacturas agrícolas, por lo que su adopción está ligada a acontecimientos exógenos que modificaron el hábito de los consumidores y que afectaron el precio de alimentos destinados al mercado externo.

En relación al tamaño medio, en las explotaciones que adoptaron sistemas de goteo es de 42 ha, muy por encima de las 15 ha por explotación de las fincas con riego gravitacional. Esto indica que la escala es un elemento importante al momento de decidir el uso de esta tecnología. Los territorios con riego gravitacional tienen una estructura agraria que se caracteriza por la gran subdivisión de la tierra, lo que genera diseconomías de escala para los sistemas de goteo. Por otro lado, en estas fincas el sistema de riego gravitacional está incorporado al capital fijo y por esta razón resulta más cara la adopción del goteo. Esto hizo que en sus comienzos el riego por goteo se

difundiera solo en zonas no cultivadas ni comprendidas dentro de la red pública de riego pero con acuíferos subterráneos estables y de buena calidad. La adopción se localizó en tierras baratas y nuevas para la agricultura, que permitieron dimensionar el tamaño de las fincas a las economías de escala del riego por goteo. Posteriormente, las bajas tarifas que se pagan por el agua para riego gravitacional hicieron que esta tecnología también comience a ser usada en tierras dentro de la red pública de riego.

Por último, la evolución de la trayectoria tecnológica del riego por goteo en el período de análisis está cerca de su nivel de saturación (Miranda, 2002). En principio, esto se debería a dos factores que es necesario continuar estudiando. En primer lugar, el avance del riego por goteo en zonas con riego gravitacional se ve cada vez más limitado por cuestiones de tamaño. Las explotaciones grandes ya se beneficiaron de las economías de escala derivadas de la incorporación de tecnología de riego y un porcentaje importante de las mismas adoptaron sistemas por goteo. Además, la trama institucional del modelo de gestión y derechos de uso del agua de las redes públicas no contribuye a generalizar el cambio hacia esquemas de riego con mayor eficiencia técnica. En segundo lugar, la incorporación de nuevas tierras de secano para expandir la frontera agrícola mediante riego por goteo se ve limitada por la capacidad de los acuíferos subterráneos en explotación. Por razones de logística (disponibilidad de caminos en buen estado, de empresas proveedoras de insumos y servicios, de electricidad rural y de mano de obra estacional, entre otras), las explotaciones grandes no se pueden alejar de los oasis irrigados ya que los costos de transacción serían muy elevados. Esto limita el uso del agua subterránea al volumen disponible en los márgenes de los territorios bajo dominio de la red pública de riego.

5. Bibliografía

ALLUB,L (1993): Desarrollo de ecosistemas áridos. Editorial Fundación Universidad Nacional de San Juan. San Juan, 183pp.

ARKIN,H (1982): *Sampling methods for the auditor. An advanced treatment.* McGraw Hill, New York.

BANCO MUNDIAL (2000): *Argentina. Gestión de los Recursos Hídricos.* Volumen 1. Oficina Regional de América Latina y El Caribe. Buenos Aires, 65pp.

BOELENS,R; DÁVILA,G (1998): *Buscando la equidad.* Van Gorcum & Comp. Assen, 505pp.

CASTWELL,M; ZILBERMAN,D (1985): "The Choices of Irrigation Technologies in California". *American Journal of Agricultural Economics*, 224-234.

CASTWELL,M; ZILBERMAN,D (1986): "The Effects of Well Depth and Land Quality on the Choice of Irrigation Technology". *American Journal of Agricultural Economics*, 798-811.

FIORENTINO,R (2005): *La agricultura irrigada en Argentina y su contribución al desarrollo de las economías regionales.* Banco Mundial, Documento de Trabajo. Buenos Aires, 159pp.

GIBBONS,D (1986): *The Economic Value of Water.* Resources for the Future, Washington. 101pp.

GUILLET,D (1990): *Andenes y riego en Lari.* Caproda. Arequipa, 55pp.

GWP (2000): *República Argentina. Informe sobre la gestión del agua.* Global Water Partnership (documento electrónico). Editado por Módulo 3. Buenos Aires, 146pp.

HÉRIN,R (1990) "Agua, espacios y modos de producción en el Mediterráneo". En: *Agua y modo de producción* (Editores: Pérez Picaso,T; Lemeunier,G). Editorial Crítica. Barcelona, 54-68

INDEC (2006): *Censo Nacional Agropecuario 2002,* edición electrónica. Buenos Aires <www.indec.gov.ar>.

INTA (1986): *Documento básico para el Programa de Riego y Drenaje* (v.1). INTA, EEA Mendoza. Mendoza, 95pp.

MIRANDA,O (2002): “Difusión de tecnología de riego en el oeste argentino”. *Revista Argentina de Economía Agraria* V(1), 3-14.

MIRANDA,O; MEDINA,A (2005): “Adopción de riego por goteo en las provincias de Mendoza y San Juan”. *Ruralis* 6, 15-17.

MORÁBITO,J; SALATINO,S; MIRÁBILE,C; CHAMBOULEYRON,J; FORNERO,L; NUÑEZ,M (1998): “Riego presurizado: su evolución en diferentes regiones de Argentina (segunda parte)”. *La Revista del Riego* 14, 20-23.

PALERM,A; WOLF,E (1972): *Agricultura y civilización en Mesoamérica*. SepSetentas. México, 215pp.

REPÚBLICA ARGENTINA (1992): *Censo Nacional Agropecuario 1988. Resultados*

Generales. Secretaría de Planificación, INDEC. Buenos Aires, 102pp.

RUGGIERO,R; CONTI,H (1988): “Síntesis climática”. En: *El deterioro del ambiente en la Argentina*. (Ed: FECIC). Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Buenos Aires, 25-46.

SAGyP (1995): *El deterioro de tierras en la República Argentina*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Consejo Federal Agropecuario. Buenos Aires, 287pp.

SHRESTHA,R; GOPALAKRISHNAN,CH (1993): “Adoption and Diffusion of Drip Irrigation Technology: An Econometric Analysis”. *Economic Development and Cultural Change* 41(2), 407-418.

SOLDANO,F (1923): *La irrigación en la Argentina*. Casa Editora de Pedro García “El Ateneo”. Buenos Aires, 350 pp.