

**XI JORNADAS INTERDISCIPLINARIAS  
DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AGROINDUSTRIALES  
ARGENTINOS Y LATINOAMERICANOS**

Centro Interdisciplinario de Estudios Agrarios (CIEA)  
Facultad de Ciencias Económicas – Universidad de Buenos Aires

Buenos Aires, 5, 6, 7 y 8 de noviembre de 2019

*Características y dinámica de los modelos de producción de arroz en la  
provincia de Entre Ríos, Argentina*

**Eje temático propuesto.**

2-Bienes naturales, problemas ambientales y sostenibilidad del desarrollo agrario. Extractivismo, “sojización” y otros debates. Agroecología.

**Autores:**

***Mozeris, Gustavo***<sup>1</sup>

***Domínguez, Jorge***<sup>2</sup>

***Pagliettini, Liliana***<sup>3</sup>

***Claudia Valerio***<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Economía, Desarrollo y Planeamiento Agrícola. Cátedra de Sistemas Agroalimentarios. [gusmoz@agro.uba.ar](mailto:gusmoz@agro.uba.ar)

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Economía, Desarrollo y Planeamiento Agrícola. Cátedra de Economía Agraria. [domingue@agro.uba.ar](mailto:domingue@agro.uba.ar)

<sup>3</sup> Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Economía, Desarrollo y Planeamiento Agrícola. Cátedra de Economía Agraria. [pagliett@agro.uba.ar](mailto:pagliett@agro.uba.ar)

<sup>4</sup> Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Economía, Desarrollo y Planeamiento Agrícola. Cátedra de Sistemas Agroalimentarios. [cvalerio@agro.uba.ar](mailto:cvalerio@agro.uba.ar)

## *Características y dinámica de los modelos de producción de arroz en la provincia de Entre Ríos, Argentina*

### **Resumen**

La producción de arroz en la Provincia de Entre Ríos ha tenido una dinámica que está íntimamente ligada al sistema de regadío utilizado. Los comienzos del desarrollo del cultivo se caracterizaron por la utilización de agua superficial de ríos y arroyos. Luego comenzó a desarrollarse el sistema de pozos profundos que desplazó el epicentro de la producción hacia el sector oriental sur, donde se contaron cerca de 3000 perforaciones sobre el acuífero de la formación Salto Chico, situación que da una idea de la magnitud del consumo de agua con este sistema. A partir la década del 90 comenzó el desarrollo del modelo de producción de arroz por riego a partir de represas en el centro-norte. El objetivo del trabajo es analizar la sustentabilidad de ambos modelos (represa y pozo), e identificar el más competitivo, para utilizarlo para calcular los volúmenes de uso de agua. Los factores de evaluación de los modelos fueron: i. costos de cada sistema, ii. eficiencia en el uso energético, iii. impacto de la calidad del agua en el recurso suelo, iv. relación entre superficie total utilizada versus superficie sembrada, v. inversión, vi. servicios ecosistémicos, vii. eficiencia en el uso del agua y viii. impacto ambiental del modelo. La identificación de las tendencias tecnológicas y la relocalización de la producción señalan que es importante definir que modelo de producción se consolidará como el más sustentable en los próximos años.

**Palabras clave:** arroz, sistema de riego, sustentabilidad del modelo.

### **Abstrac**

Rice production in the Entre Ríos province has had a dynamic that is closely linked to the irrigation system used. The beginnings of crop development were characterized by the use of surface water from rivers and streams. Then the system of deep wells began to develop that displaced the epicenter of production towards the south eastern sector, where there

were about 3000 perforations on the Salto Chico formation aquifer, a situation that gives an idea of the magnitude of water consumption with this system. Beginning in the 90s, the development of the rice production model by irrigation from dams in the north-central began. The objective of the work is to analyze the sustainability of both models (dam and well), and identify the most competitive one, to use it to calculate the volumes of water use. The evaluation factors of the models were: i. costs of each system, ii. efficiency in energy use, iii. impact of water quality on the soil resource, iv. ratio between total area used versus area planted, v. investment, vi. ecosystem services, vii. water use efficiency and viii. environmental impact of the model. The identification of technological trends and the relocation of production indicate that it is important to define which production model will be consolidated as the most sustainable in the coming years.

**Key words:** rice, irrigation system, model sustainability.

## **Introducción**

El arroz es un cultivo tradicional de gran importancia que se cultiva en la Provincia de Entre Ríos desde 1932 en donde se expandió rápidamente en los departamentos de Villaguay, Colón, Uruguay Federal y Federación, debido a su red hidrológica de alta disponibilidad de agua para su desarrollo. Actualmente Entre Ríos concentra el 34% del área sembrada a nivel nacional segunda provincia en importancia luego de Corrientes (41%).

Se pueden identificar tres períodos claros en la evolución del cultivo de arroz en la Provincia, el primero desarrollado en los Departamentos antes mencionados en llanuras de inundación de los principales arroyos y ríos (1932-1960), una segunda etapa (1960-1990) marcada por la difusión del cultivo con técnicas de riego por pozo semiprofundo en donde el arroz se fue desplazando de las zonas antes mencionadas a tierras más altas con mejores suelos y seguridad de cosecha (Battista & Rivarola, 2006) trasladando el epicentro productivo hacia la región oriental sur y un tercer periodo (1990 a la actualidad) en donde la zona productora de arroz se va desplazando hacia el norte a los Departamentos de Federación, Federal, La Paz y Feliciano donde el sistema de riego predominante es el

superficial por represa o toma directa de ríos o arroyos. Como podemos ver la evolución de la producción de arroz en la Provincia de Entre Ríos ha tenido una dinámica que está íntimamente ligada al sistema de riego utilizado.

La demanda de agua de una arrocería en Entre Ríos es de 13.600 m<sup>3</sup>/ha año (Díaz et al, 2006) los rendimientos promedios de extracción de agua en los pozos profundos son de 20 m<sup>3</sup>/lts gasoil (Duarte et al, 2006) lo que significa un consumo promedio de 680 lts gasoil/año. Como cifra indicativa se puede calcular como extracción de agua promedio 10.000 m<sup>3</sup>/ha año. Según el Censo 2016-2017 el 62 % del agua de riego es de origen subterráneo totalizando una superficie regada por pozos en la campaña 2017/2018 de 41.688 ha, el caudal necesario arroja un valor total de 416.88 hm<sup>3</sup>/año. Se estima que existen en Entre Ríos cerca de 3.000 perforaciones para riego, las cuales no son usadas en todas las campañas pero que dan una acabada idea de la magnitud de las extracciones a las que puede ser sometido el acuífero (Santi, 2006).

Todas estas variables fuertemente influenciadas por el modelo de producción utilizado, determinan la dinámica de producción en forma independiente de su sustentabilidad, primando en todos los casos la ecuación económica de corto plazo (margen bruto del cultivo) por encima de la evaluación de factores tales como el impacto en el suelo de la calidad de agua utilizada, los servicios ecosistémicos, la eficiencia en el uso del agua y el impacto ambiental del modelo.

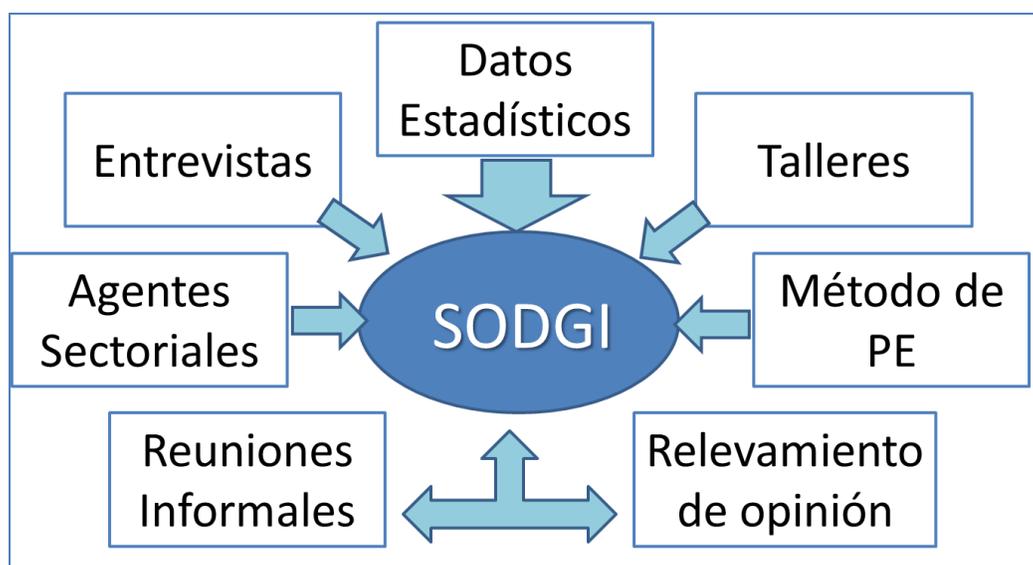
El objetivo del trabajo es analizar la sustentabilidad de ambos modelos (represa y pozo), e identificar el más competitivo, focalizando el análisis en la dinámica de uso de cada uno de los sistemas y en una serie de factores relacionados con la eficiencia en el uso de un recurso sensible como lo es el agua. La identificación de las tendencias tecnológicas y la relocalización de la producción señalan que es importante definir acciones en términos de política pública que permitan consolidar la producción del arroz en la provincia desde el punto de vista sistémico, tomando como referencia los factores enunciados anteriormente y proyectando normativamente la sustentabilidad del modelo en la provincia.

## **Materiales y Métodos**

Se utilizó un criterio combinado para la división en subáreas que faciliten el estudio de la dinámica de los modelos de producción de arroz en la provincia de Entre Ríos y principalmente integrando la disponibilidad de datos climáticos dividiendo a la superficie según la latitud (31°, 32° y 33°) en función de disponibilidad de datos climáticos en las estaciones meteorológicas más relevantes (Duarte et al, 2006) y la división política para el tratamiento de la evolución del área sembrada de arroz tal como se describe en materiales y métodos, se logró identificar tres sub áreas muy consistentes para el desarrollo de esta evaluación. Se agruparon los departamentos por regiones según el área de influencia de las diferentes Estaciones meteorológicas: i. estación de San José de Feliciano, de la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos se utilizó información para los Departamentos de Feliciano, Federal, Federación y La Paz, ii. estación Uruguay del EEA INTA Uruguay se utilizó información para los Departamentos de Diamante, Colón, Gualeguay, Gualeguaychú, Nogoyá, Tala, Uruguay y Victoria y iii. estación Concordia, de la EEA INTA Concordia, se reunió la información utilizada para los Departamentos de Concordia, Paraná, San Salvador y Villaguay. Se analizó la evolución de la superficie sembrada promedio a escala departamental en la provincia de Entre Ríos, en el período 1999-2018 en base a información de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos para el cultivo de arroz. La información se dividió en dos subperíodos: 1999-2010 y 2011-2018

Los procedimientos para obtener datos y generar información se desarrollaron a partir del SODGI (Acerbi, et al, 2005), con la asistencia y adaptación de pautas establecidas por distintos autores (Ciapuscio, 2003; Samaja, 2003; Sabino, 1978). La utilización del SODGI parte del uso de múltiples herramientas (encuestas, entrevistas, talleres, información estadística y otros) y conocimientos previos en relación con el objeto en estudio. Este conocimiento, permitió realizar la primera acción dentro del SODGI, que es la reflexión (1) respecto de las necesidades de investigación y hacia dónde se dirigió la búsqueda bibliográfica. El análisis de la bibliografía (2) permitió profundizar los conocimientos previos y nuevamente a través de la reflexión, se detectaron las cuestiones no resueltas por la bibliografía existente. A partir de la información recabada se programaron entrevistas (3) para encontrar respuestas a cuestiones que no se presentan en la bibliografía y a su vez para

hallar coincidencias y discordancias entre la bibliografía y la opinión de expertos. Las entrevistas también se utilizaron para formular, conjuntamente con actores relevantes, consultas sobre los temas en estudio.



**Figura N° 1 – Esquema representativo del SODGI**

Para establecer los datos a recabar se utilizó una adaptación de las propuestas de (Ciapuscio, 2003) para el análisis de las causas y consecuencias de los cambios tecnológicos. En la búsqueda bibliográfica, la realización de entrevistas, encuestas y visitas a actores relevantes, se realizó un análisis multidimensional para la detección de factores que estimulan, factores que restringen y consecuencias futuras probables del desarrollo del sistema. A través del SODGI apuntamos a lograr la detección de contradicciones y errores de interpretación que surgen del propio estudio de un sistema socioeconómico.

## **Resultados**



De la aplicación de un criterio combinado para la división en subáreas que faciliten el estudio de la dinámica de los modelos de producción de arroz en la provincia de Entre Ríos y principalmente integrando la disponibilidad de datos climáticos dividiendo a la superficie según la latitud (31°, 32° y 33°) en función de disponibilidad de datos climáticos en las estaciones meteorológicas más relevantes (Duarte et al, 2006) y la división política para el tratamiento de la evolución del área sembrada de arroz tal

como se describe en materiales y métodos, se logró identificar tres sub áreas muy consistentes para el desarrollo de esta evaluación. La Figura N° 1 muestra las sub áreas identificadas según los criterios propuestos para la evaluación. Se definieron dos períodos que se consideran clave en el proceso de agriculturización dentro de la provincia y que permiten evaluar la dinámica

### Figura N° 2 – División en subareas de análisis

del cultivo de arroz por cada departamento y en cada subarea en función de la superficie total agrícola.

Podemos observar que tomando en cuenta las superficies sembradas con arroz promedio (Bolsa de Cereales de Entre Ríos, 2019) en el periodo 1999/2010 y 2010/2018 se verifica un leve aumento (+2,30%) del cultivo de arroz en toda la provincia de 69.680 a 71.319 hectáreas. Este aumento se produjo enteramente en la sub área 1 que sumó un total de 3.793

hectáreas del cultivo. El proceso de agriculturización ha sumado un total de 276.084 entre periodos, lo que representa un 15,71% de aumento. Frente a este escenario, el cultivo de arroz casi mantuvo su superficie, pero disminuyendo su participación relativa en la mayoría de los Departamentos con mayores caídas en Concordia, Colón, Federal y Feliciano.

En el caso de Federación y La Paz (Sub área 1) se mantiene la participación relativa del cultivo debido a diferentes circunstancias. En el Departamento de Federación el aumento promedio de la superficie dedicada a agricultura entre períodos fue de +4,00% lo que frente a un aumento del cultivo de arroz del 4,30% y la caída en trigo, citrus y sorgo, compensara el aumento en maíz y girasol. Por otro lado en el Departamento de La Paz el aumento de la superficie agrícola fue del 30,15% y el arroz aumento 32,58% que compensada con una fuerte disminución de la participación del cultivo de girasol (-69,51%) hace que la superficie de arroz se mantenga en la misma proporción sobre el total.

	1999/2010			2010/2018			1999/2010 vs 2010/2018		
	Sup. Sembrada (Has)	% total Agrícola	% Total ER	Sup. Sembrada (Has)	% total Agrícola	% Total ER	Dif en Has	Dif. Total Sup. Agrícola %	Dif. Total ER en %
<b>Subarea 1</b>									
Federacion	8.630	16,15		9.001	16,19		371	0,05	
Federal	5.916	16,22		6.004	12,27		88	-3,96	
Feliciano	4.723	25,62		6.145	21,94		1.422	-3,68	
La Paz	5.869	4,64		7.781	4,73		1.912	0,09	
<b>Total</b>	<b>25.138</b>		<b>36,08%</b>	<b>28.931</b>		<b>40,57%</b>	<b>3.793</b>		<b>4,49%</b>
<b>Subarea 2</b>									
Concordia	4.872	11,81		3.017	6,26		-1.855	-5,55	
San Salvador	8.576	22,59		9.354	22,54		778	-0,05	
Villaguay	17.268	12,44		17.962	10,04		694	-2,41	
<b>Total</b>	<b>30.716</b>		<b>44,08%</b>	<b>30.333</b>		<b>42,53%</b>	<b>-383</b>		<b>-1,55%</b>
<b>Subarea 3</b>									
Colon	7.033	18,35		6.971	13,44		-62	-4,91	
Uruguay	5.930	4,46		4.079	1,99		-1.851	-2,47	
Gualeguaychu	863	0,47		1.005	0,41		142	-0,06	
<b>Total</b>	<b>13.826</b>		<b>19,84%</b>	<b>12.055</b>		<b>16,90%</b>	<b>-1.771</b>		<b>-2,94%</b>
<b>TOTAL Entre Rios</b>	<b>69.680</b>			<b>71.319</b>			<b>1.639</b>		<b>2,30%</b>

**Cuadro N° 1 – Evolución de la superficie de arroz en los dos periodos definidos**

El mantenimiento de la superficie sembrada con arroz en el periodo 2010/2018 tiene varios factores que ayudaron a esta situación a pesar del contexto desfavorable para el cultivo. Los principales factores que ayudaron a mantener la superficie en la provincia de Entre Ríos son: i. la obra de electrificación rural que permitió efectuar el riego con pozos eléctricos lo cual reduce el costo necesario para la producción y transforma al arroz en un cultivo más competitivo frente a otros cultivos como puede ser el caso de la soja, ii. se detectó un leve crecimiento de arroceras de riego por pozos cuya fuente de energía es a base de gas, (ACPA, 2018) iii. la incidencia cada vez mayor del modelo de producción bajo riego por represa y iv. la situación de las represas en las últimas dos campañas fue óptima, lo cual posibilitó maximizar el área de riego más económica con la que cuenta la provincia.

La red hidrológica y las aguas subterráneas en la provincia de Entre Ríos constituyen un valioso recurso para la producción agropecuaria. El cultivo de arroz depende de la disponibilidad de agua y es por ello que la dinámica de este cultivo está íntimamente ligada a la disponibilidad del recurso y al modelo de riego. Para el riego del cultivo, la mayoría de los productores extraen el agua de pozos profundos y de represas y sólo algunos utilizan los ríos y arroyos. Por lo general, un pozo de agua subterránea se localiza entre 45 a 110 metros de profundidad y tiene un caudal de 160 a 600 m<sup>3</sup>/hora con un caudal medio de 360 m<sup>3</sup>/hora (Diaz et al, 2002) suficiente para regar de 40 a 70 hectáreas. Como se puede observar en el Cuadro N° 2 la fuente de provisión de agua hasta el año 1999 fue casi en forma exclusiva la subterránea, incorporándose lentamente el uso de represas y tomando cada vez mas relevancia hasta representar en la campaña 2016/17 (PROARROZ, 2017) el 33% del total de la superficie del cultivo. El riego por aguas superficiales se ha mantenido estable ya que si bien este recurso es de gran abundancia, su distribución es muy irregular lo que determina que las mejores condiciones para su almacenamiento y posterior uso se puede lograr con pequeñas represas a emplazarse en los diversos afluentes de menor orden del río, en sitios mas alejados del cauce principal (Lenzi et al, 2006) lo que determina la estabilidad en su utilización como forma de abastecimiento de agua para el cultivo.

	1994/1995 <sup>5</sup>	1996/1997 <sup>6</sup>	2000/2001 <sup>7</sup>	2002/2003 <sup>8</sup>	2016/2017 <sup>9</sup>
Pozo	93%	83%	68%	57,72%	62%
Superficial	3,5%	s/d	8%	9,53%	5%
Superficial por Represas	3,5%	17%	24%	32,75%	33%

**Cuadro N° 2. Riego en arroz. Evolución de las fuentes de suministro (%)**

En cuanto a la energía utilizada para el riego, se destaca que el 50% de los productores de Entre Ríos, únicamente lo hace con motores a gasoil y el resto se divide en 31% que utiliza motores eléctricos y a gasoil y el 20% sólo motores eléctricos (PROARROZ, 2017). Esta matriz energética para el bombeo de agua para el cultivo de arroz determina en gran medida: i. el aumento del área bajo el modelo de represa y agua superficial del 31% ya que el consumo de gas oil se reduce bajo este sistema en un 94% con respecto a la utilización de agua por pozo profundo (Duarte et al, 2006), ii. la estabilización de la caída de arroz con suministro de agua por pozo profundo ya que la utilización de la electricidad como fuente de energía mejoró la ecuación económica del cultivo hasta 2016, iii. la importancia de la eficiencia de conversión de energía de bombeo ya que se verificaron perdidas del 25% entre motores con banco de pruebas y aquellos que no lo poseen, sistemas de transmisión cardánica que eficientizan hasta un 20% con respecto a la de correa plana y iv. una reducción de consumo total de energía que impacta entre un 15 y 37% sobre el costo total de bombeo (Díaz et al, 2006).

Indicadores uso agua Total <sup>10</sup>	
Periodo de inundación	90 a 100 días total del ciclo del cultivo
Horas por ciclo	1.800 - 2.400 horas
Caudal	1,6 litros/segundo promedio (1 a 3 litros por segundo)
Profundidad de pozo	Entre 45 y 110 metros
Agua por tonelada producida	1,58 m <sup>3</sup> /Kg de arroz seco cosechado promedio
Uso consuntivo	528/516/626 mm/ha Sub área 1, 2, 3 respectivamente

<sup>5</sup> Proarroz, 2001, citado por Carñel et al, 2006

<sup>6</sup> idem

<sup>7</sup> idem

<sup>8</sup> Carñel & Romero, 2005

<sup>9</sup> Censo Arroceros Entre Ríos 2016/2017

<sup>10</sup> Duarte et al, 2006

Heliofanía	806/776/864 horas Sub área 1, 2, 3 respectivamente
Superficie promedio por pozo	65 hectáreas (entre 40 y 120 hectáreas)
Consumo de Gas Oil	320 a 680 litros por hectárea
Eficiencia de riego por pozo	60%
Lamina aplicada	Entre 80 y 100 mm
Diferencia por uso de lamina	20% promedio (entre 9% y 24%)

### Cuadro N° 3. Arroz. Uso de agua de riego principales indicadores

El conjunto de indicadores que caracterizan el uso del agua para la actividad arrocera nos muestra la fuerte interacción de este cultivo con uno de los principales recursos de la provincia. En este sentido es importante destacar que existen ligeras diferencias entre las tres Sub áreas con respecto a las características agroclimáticas que podrían incidir en el uso consuntivo por parte del cultivo de arroz, sin embargo, el modelo utilizado (superficial y pozo profundo) determinan diferencias significativas en la eficiencia en el uso del recurso y en la sustentabilidad del sistema. No se verifican diferencias significativas en la huella hídrica del cultivo de arroz entre las tres sub áreas ni tampoco entre cultivos como soja, maíz (Pagliettini et al, 2019) y esto obliga a pensar en una correcta planificación del uso del suelo a partir de una matriz de cultivos y rotaciones ligadas al modelo de utilización de agua de pozo o superficial.

Indicador	Riego por Represa	Riego por Pozo Profundo	Riego Superficial
Superficie Total sembrada/cosechada (Has)	20.674,50	38.843,00	3.132,50
Toneladas producidas por modelo	153.656,25	288.687,50	23.281,25
% de participación por modelo [sup]	33%	62%	5%
Volumen Total Consumido (Duarte et al, 2007)	87,87 Hm3/año	271,09 Hm3/año	25,63 Hm3/ha
Cantidad de Perforaciones/represas	63 presas (2017) 90% registradas	Casi 3.000 perforaciones	Aprox. 35 emplazamientos

Departamentos en ER	Feliciano, La Paz, parte de Federal y Federación (97%) 2 represas en Concordia y 1 en Villaguay	Todos los departamentos menos La paz y Feliciano	Federación, Federal y La Paz
Evapotranspirado	8.946 m3/ha/año	5.000-6.000 m3/ha/año	5.000-6.000 m3/ha/año
Volumen de agua aplicada Area 1 (100 mm de lámina)	6.021-4.560 m3/ha	6.021-4.560 m3/ha	6.021-4.560 m3/ha
Volumen de agua aplicada Area 2 (100 mm de lámina)	5.399-3.984 m3/ha	5.399-3.984 m3/ha	
Volumen de agua aplicada Area 3 (100 mm de lámina)		7.588-6.856 m3/ha	
Resultado económico por modelo	Modelo 1 <sup>11</sup> = positivo 55 Modelo 2 <sup>12</sup> = negativo -100	Modelo 3 <sup>13</sup> = negativo -41 (gas oil) Modelo 4 <sup>14</sup> = negativo -132 (gas oil) Modelo 5 <sup>15</sup> = 100 positivo	
Vulnerabilidad del acuífero a contaminación por agroquímicos (Tujchneider et al, 2006)	ALTA	ALTA	ALTA
Impacto en el suelo por la calidad del agua (Valenti et al, 2006) (Wilson et al, 2007)	BAJA	ALTA	BAJA
Calidad bacteriológica del agua de riego (Valenti et al, 2006) (Chajud et al, 2007)	Optima para uso agropecuario	Optima para uso agropecuario	Optima para uso agropecuario
Servicios ecosistémicos del modelo utilizado (Lallana et al, 2007) (Sanseverino et al, 2007)	ALTA	BAJA	BAJA

<sup>11</sup> Riego por represa campo propio

<sup>12</sup> Riego por represa campo arrendado

<sup>13</sup> Riego por pozo gas oil campo propio

<sup>14</sup> Riego por pozo gas oil campo arrendado

<sup>15</sup> Riego por pozo eléctrico campo propio

Emisiones de CO2 por uso de combustible fósiles (Sanseverino et al, 2007)	BAJA -16.173 Tn CO2	ALTA	BAJA -9.508 Tn CO2
---	------------------------	------	-----------------------

#### **Cuadro N° 4. Arroz. Características principales de los modelos**

Actualmente la superficie de arroz bajo fuentes de abastecimiento superficiales llega 38% contra 62% de riego por pozo y en esta proporción empiezan a pesar una serie de variables ligados a estos modelos. Por ejemplo, el volumen total consumido de agua, el evapotranspirado total, el volumen total utilizado en m<sup>3</sup>/ha y según la lamina aplicada y los indicadores referidos al impacto ambiental que determina la sostenibilidad de un sistema y otro.

Encontramos que del conjunto de indicadores de sustentabilidad ambiental en lo que se refiere al impacto en el suelo por la calidad del agua claramente el modelo de agua superficial tiene un ventaja sustancial sobre le modelo de pozo profundo. Esto se debe a que las aguas de origen subterráneo utilizadas para el cultivo de arroz son bicarbonatadas sódicas de salinidad media, por lo que presentan riesgo de sodificación de los suelos con el consiguiente deterioro de su estructura (Valenti et al, 2006). En el caso de uso de agua superficial el deterioro del suelo no es tan marcado ya que no se encontraron efectos importantes sobre la percolación del suelo debido a que no se presentaron cambios significativos en el sodio de intercambio gracias a la buena calidad de agua del suelo. Esto permitiría una mayor participación del arroz en la rotación, al ser un sistema que provoca menor deterioro del recurso suelo (Wilson et al, 2007).

No se encontraron diferencias entre los modelos de abastecimiento de agua en la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación por agroquímicos ya que ninguno de ellos presenta peligro a través de la percolación de principios químicos activos. Sin embargo, la formación Hernandarias (protector del confinado) puede faltar totalmente en ellos valles de los arroyos en donde la cárcava por erosión es lo suficientemente profunda para que los principios activos de agroquímicos encuentren vías de acceso preferencial al agua de los acuíferos (Tujchneider et al, 2006). Esto determina que cualquiera de los modelos posee una vulnerabilidad alta con respecto a este indicador.

Con respecto a la calidad bacteriológica del agua de riego es óptima en todos los casos encontrándose valores dentro de los parámetros de calidad de aguas para riego, pero presentan limitaciones para agua potable y uso recreativo en cuanto a su contenido bacteriano (Valenti et al, 2006) (Chajud et al, 2007).

Existen dos aspectos fundamentales a evaluar, con respecto a la sostenibilidad de los sistemas productivos, relacionados con i. los servicios ecosistémicos de un modelo productivo (Daily, 1997) (MEA, 2005) y ii. las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera por la utilización de combustibles fósiles para el bombeo del agua en ambos modelos.

El riego a través de represas permite una disminución en el consumo de combustible de 6.562,60 m<sup>3</sup>. Esto significa que la reducción de 16.173,36 toneladas de CO<sub>2</sub> con respecto al riego por pozo profundo y una reducción de 9.508,77 toneladas de CO<sub>2</sub> por año en el caso de riego superficial de ríos y arroyos. (Sanseverino et al, 2007). La construcción de represas tiene importantes impactos positivos sobre el medio ambiente, generados por las ofertas de nuevos hábitats para los organismos asociados a estos ambientes. Se registraron un total de 114 especies de aves que equivalen al 40% del total identificadas en la provincia de Entre Ríos y una baja riqueza de especies vegetales (Lallana et al, 2007), sin embargo la presencia de represas genera un hábitat adicional al modelo de riego por pozo profundo.

Desde el punto de vista económico encontramos que el modelo de mayor margen es el de riego por pozo con energía eléctrica en campo propio seguido por el de represa en campo propio, el resto de los modelos dieron resultados negativos en la campaña 2017/2018. El resultado del modelo de riego por represa en campo propio es el 55% del margen total del modelo de mayor margen (riego por pozo profundo con energía eléctrica) que en las últimas tres campañas pasó del 28% de participación en el costo total del cultivo a 35% en el período 2016-2018 influido por el aumento de la tarifa eléctrica (CREA, 2018).

Este último indicador brinda una muy buena aproximación sobre la competitividad de cada uno de los modelos productivos en la provincia de Entre Ríos, aunque es necesario analizar la totalidad de los indicadores con una visión sistémica sobre el desarrollo sostenible.

## **Conclusiones y consideraciones**

El sistema de abastecimiento de agua en el cultivo de arroz es el principal “factor” de evaluación de la dinámica del cultivo en la provincia de Entre Ríos. En el período 1999 a 2018 la superficie del cultivo bajo la modalidad de riego por represa paso del 3,5% del total sembrado al 33% marcando una tendencia que solo fue alterada por el proyecto de electrificación rural para el suministro de energía a los pozos profundos de las arroceras de la sub área 2 y dotó de competitividad de costos a este modelo. Se considera que un sistema productivo es competitivo cuando es sustentable desde el punto de vista económico, social y ambiental y en función de la evaluación realizada entendemos que el modelo de riego por represa cumple con esta condición ya que posee un menor impacto ambiental que la producción de arroz por pozo profundo. Aspectos referidos a la mayor eficiencia en el uso de energía y menor contribución de CO<sub>2</sub> a la atmosfera son elementos a tener en cuenta para evaluar los modelos en cuestión. Siendo la huella hídrica similar en cada una de las sub áreas el único aspecto a tomar en cuenta esta relacionado con el eficiencia en el riego y en el consumo de energía de cada uno de ellos.

Desde el punto de vista social se tomo como una dimensión que se mantiene similar para cualquiera de los planteos, pero se considera necesario realizar un estudio mas pormenorizado del impacto social de en cada uno de los departamentos sobre este tema en particular.

Asimismo, se debe evaluar con mayor detalle los márgenes económicos y los rindes de indiferencia para distintos modelos ya que la generalización vía los promedios tiende a perder el foco sobre las posibilidades tecnológicas de cada uno. Las diferencias en la eficiencia en el uso de combustible y de transporte y suministro de agua varían según el sistema de labranza, la lamina de agua aplicada pudiendo mejorarse un 70 a 75% como objetivo provincial del sector en su conjunto. Es por ello que se abren múltiples combinaciones y resultados que es necesario evaluar para reorientar el fomento del modelo o modelos más competitivos.

## **Referencias**

**Asociación Correntina de Plantadores de Arroz** – Bolsa de Cereales de Entre Ríos. (2018) Memoria descriptiva. Relevamiento Arrocerero Nacional Informe de Campaña 2017/18: Fin de cosecha. (5 pag.)

**Matias A. Acerbi; Carlos M. Vieites; Gustavo Mozeris** (2015). El sistema de valor de los productos de seda en la Argentina. La ed. – Buenos Aires; Facultad de Agronomía 144p. ISBN: 9502908996.

**Battista, Juan J.; Rivarola, Silvia E.;** (2006) Prácticas culturales del arroz en Entre Ríos. (en Benavidez director de obra) ISBN 950-698-167-1 (pags. 339:343)

**Ciapuscio, G.** (2003); Publicado en: Entre la terminología, el texto y la traducción, J. García Palacios y M. Teresa Fuentes (editores), Salamanca, Almar. 37-73. Hacia una tipología del discurso especializado: aspectos teóricos y aplicados. (UBA-CONICET)

**Bolsa de Cereales de Entre Ríos,** (2019) [www.bolsacer.org.ar](http://www.bolsacer.org.ar)

**Carñel, G. E.; Brizuela E.B.; Romero E. C;** "Estimación del área de siembra de arroz 2001-2002 en la Provincia de Entre Ríos mediante teledetección y SIG" RESULTADOS EXPERIMENTALES 2001-2002, VOLUMEN XI, editado por INTA EEA C. Del Uruguay y Fundación Proarroz, agosto de 2002, p: 39-44, Concordia, Argentina.

**Carñel, Griselda. E.; Diaz, Eduardo L.; Duarte, Oscar C.; Wilson, Marcelo G.; Lenzi, Luis M.;** (2016) Identificación y cuantificación de las Presas para riego en la Provincia de Entre Ríos en Benavidez director de obra) ISBN 950-698-167-1 (pags. 479:492)

**Chajud, Anibal; Rothman, Susana;** (2007). Calidad bacteriológica de las aguas de represas de almacenamiento para riego en arroz. UNER. Diaz et al Compilador. (Pags 125:131). ISBN 978-950-698-191-4

**CREA,** (2018) Informe Macroeconómico - Noviembre de 2018 N° 249

**Daily, G.C.** (1997). Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington. 392pp

**Millennium Ecosystem Assessment (MEA).** (2005). Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington. 155pp.

**Diaz, Eduardo; Duarte, Oscar; Romero E.C.; Boschetti, N.G.; Decombard, M.;** (2002) Aptitud de las aguas subterráneas para el riego y uso de agroquímicos. Diaz et al compilador ISBN 10-950-698-180-9

**Diaz, Eduardo L.; Pozzolo, Oscar C.; Duarte, Oscar C.; Mendieta, Marcelo; Valenti, Ricardo A.; Fontanini, Pablo, G.; Noir, Javier G.; Barral, Gabriel O.; Lenzi, Luis M.;** (2006) Eficiencia de los sistemas de bombeo de agua subterránea en el riego del arroz. (en Benavidez director de obra) ISBN 950-698-167-1 (pags. 451:460)

**Duarte, Oscar C.; Diaz, Eduardo L.; Fainstein, G.;** (2006) El riego, a partir de agua subterránea en el cultivo de arroz. Diaz et al compilador ISBN 10-950-698-180-9 (pags. 47:63).

**Duarte, Oscar C.; Diaz, Eduardo L.; Lenzi, Luis M.; Valenti, Ricardo A.** (2006) Evaluación de las pérdidas de agua en un sistema de riego de arroz. (en Benavidez director de obra) ISBN 950-698-167-1 (pags. 419:433)

**Griselda Elena Carñel y Emilia Corina Romero** (2003) Identificación de agua subterránea para arroz, periodo 2000-2003, Provincia de Entre Ríos, MEDIANTE TELEDETECCIÓN Y S.I.G. Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de Entre Ríos.

**Lallana, V.H.; Muzzachiodi, N.; Elizalde, J.H.I.; Carñel G.; Lallana, M.C.; Sabattini R.A.;** (2007) Vegetación acuática y avifauna asociada a represas para riego del centro norte de Entre Ríos. Diaz et al compilador. UNER. ISBN 978-950-698-191-4

**Lenzi Luis M.; Duarte, Oscar C.; Diaz, Eduardo L.** (2006) Recursos Hídricos Superficiales (en Benavidez director de obra) ISBN 950-698-167-1 (pags. 137:167)

**Pagliettini, L.; Dominguez, J.; Valerio, C.** (2019) Evaluación de la huella hídrica en cultivos seleccionados de la provincia de Entre Ríos.

**Samaja, J.;** (2003). “Los Caminos del conocimiento”. Material de Cátedra de Epistemología de la Maestría en Política y Gestión de la Ciencia y la Tecnología del Centro de Estudios Avanzados de la Universidad de Buenos Aires.

**Sabino, C.** (1978). El Proceso de Investigación. Ed. Panapo, Caracas, ed. 1992, 216 págs. Publicado también por Ed. Panamericana, Bogotá, y Ed. Lumen, Buenos Aires.

Sanseverino, Cristina B.; Arguello Mario D.; (2007). Evaluación Ambiental de los Humedales Antrópicos. E. Diaz Compilador UNER ISBN 978-950-698-191-4

**Santi, Maria;** (2006) Hidrogeología de la zona arrocería núcleo. El riego de arroz por perforaciones profundas. Su reconversión energética en Entre Ríos. E. Diaz Compilador UNER

**Tujchneider, Ofelia; Perez, M.A.; D'elia M.; Paris, Maria del C.;** (2006). Recursos Hidricos subterraneos en el Arroz. Su cultivo y sustentabilidad en Entre Rios. Tomo 1 René Benavidez UNER-UNL.

**Valenti, Ricardo A.; Cerana, Jorge A.; Wilson, Marcelo G.** (2006). Calidad del agua para riego en áreas arroceras (en Benavidez director de obra) ISBN 950-698-167-1 (pags. 169:184)

**Wilson, Marcelo G.; Sione, Silvana M.; Benavidez Renee A.** (2007). Introducción a los criterios de sustentabilidad del sistema de producción de arroz en Entre Ríos. (en Benavidez director de obra) ISBN 950-698-167-1 (pags. 653:663)