

# 12. Estrategias para la incorporación del riego en sistemas de producción extensivos

C. García

Claudio García: Programa de Producción y Sustentabilidad Ambiental, INIA Las Brujas, Uruguay  
Contacto: [cgarcia@inia.org.uy](mailto:cgarcia@inia.org.uy)

## 12.1. Introducción

En los últimos 5 años se ha dado en Uruguay un importante incremento del área de cultivos extensivos (maíz, soja, sorgo, pasturas) bajo riego. Probablemente, una de las causas ha sido la marcada variación climática, que incrementó la probabilidad de fracasos y bajos rendimientos en los cultivos. Asimismo, se ha dado una intensificación de la producción con un aumento de las necesidades de agua por unidad de área, ya que la tierra es probablemente el factor más limitante para el crecimiento del área productiva en el presente.

Los sistemas productivos más expresivos (tanto en área, como en intensidad de uso) con mayor potencial para adquirir la herramienta tecnológica del riego son la lechería, la agricultura y, en menor medida, la pecuaria.

La incorporación del riego como medida de atender las demandas hídricas en aquellos períodos que los registros de lluvias son escasos, ha permitido tener por un lado, áreas con altas tasas de producción de materia seca; y por otro, áreas de producción de grano o reservas que permiten disminuir los riesgos climáticos.

El riego suplementario aplicado a cultivos agrícolas y forrajeros debe ser concebido como una herramienta tecnológica, no sólo útil para atenuar la falta de lluvias en períodos, a veces breves, (que generalmente ocurren en nuestro país); pero críticos, en cuanto a sus efectos sobre la estabilidad, sino también como un elemento de planificación e incorporación al área total en producción, ya que permite dar estabilidad e incrementar la productividad del sistema.

El objetivo del trabajo es presentar algunos resultados obtenidos en predios comerciales (lecheros y agrícola-ganaderos) en los que la incorporación del riego al sistema de producción, permitió la estabilización y mejora de todo el sistema productivo del predio.

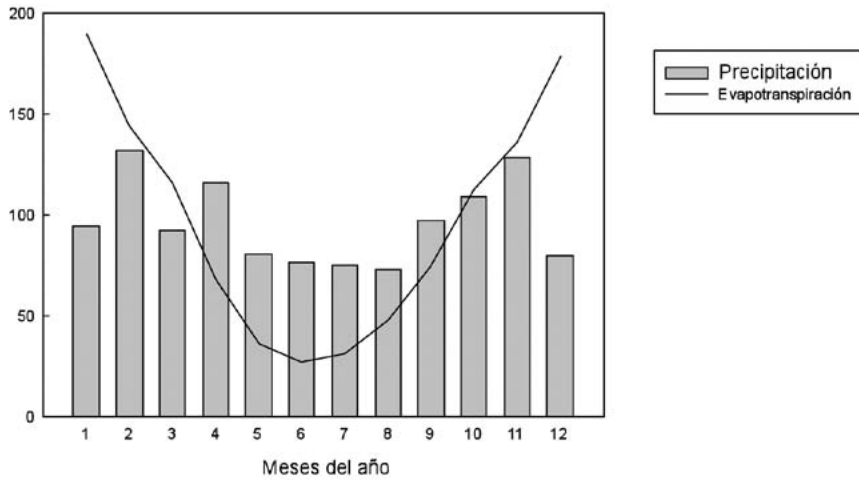
## 12.2. Marco conceptual

### Caracterización agroclimática

De acuerdo a los registros históricos de los últimos 30 años de las diferentes Estaciones Agroclimáticas de INIA (<http://www.inia.org.uy/gras>), se produce un déficit hídrico promedio entre los meses de octubre y marzo de 180 a 240 mm, dependiendo de la estación agroclimática y de los años de registros completos que cada una de ellas tiene. Este cálculo de balance simple fue realizado tomando como entrada las precipitaciones promedio mensuales y como salida, la evapotranspiración de referencia, estimada a partir de la ecuación de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

A modo de ejemplo, se presenta en la Figura 1, un balance simple entre las precipitaciones y la evapotranspiración de referencia de la estación meteorológica ubicada en la Estación Experimental “Wilson Ferreira Aldunate” - INIA Las Brujas.

**Figura 1:** Precipitación y evapotranspiración media mensual. Período 1973-2005. INIA Las Brujas.

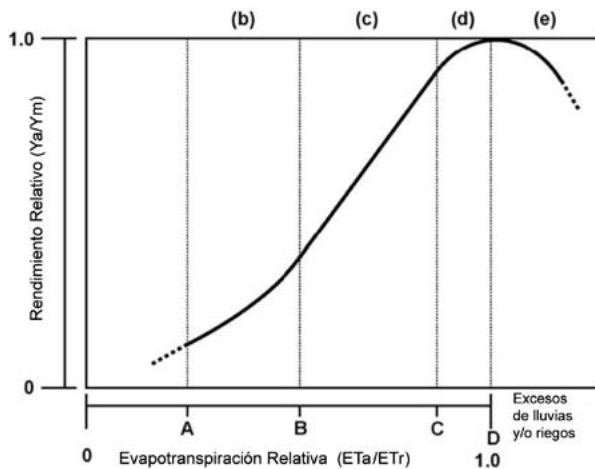


Los efectos negativos del déficit hídrico pueden verse agravados por el momento de ocurrencia y la duración en días del mismo, y por el estado fenológico del cultivo al momento del déficit.

La función de producción de agua de un cultivo, se expresa con la relación entre el rendimiento y el agua evapotranspirada por el cultivo, puede ser representada como se muestra en la Figura 2. Según la zona de la curva en que ocurra un exceso o déficit de agua, tanto mayor será el perjuicio en la producción de ese cultivo.

Según Denmead and Shaw (1962), cuando una planta en crecimiento tiene tasas de transpiración media diarias entre 3 a 4 mm día<sup>-1</sup>, la misma se ve afectada cuando el potencial de succión de agua en el suelo es de 2 bar. Con tasas de transpiración altas (6 a 7 mm día<sup>-1</sup>), la misma es afectada con tensiones de succión de 0.3 bar. Con tasas de transpiración bajas (1 a 2 mm día<sup>-1</sup>), la misma no se ve afectada con potenciales de tensión de succión en el suelo de 12 bar. Es decir entonces, que se debe tener especial cuidado

**Figura 2:** Función de producción de agua de un cultivo expresada como la relación entre la evapotranspiración relativa y el rendimiento relativo (Geerts and Raes, 2009).



en la capacidad de almacenamiento de agua del suelo a diferentes potenciales de succión.

En general en climas húmedos, donde hay probabilidad de eventos de precipitaciones, el efecto negativo de un déficit de agua afecta más severamente a un cultivo de grano que a uno forrajero que generalmente se maneja con cortes.

En resumen entonces, si solamente se toma como criterio de manejo del riego las variables agroclimáticas que gobiernan la demanda de agua de los cultivos, se podría en algunos casos regar por encima de las necesidades del cultivo y en otros casos, el agua no sería suficiente para satisfacer las demandas atmosféricas.

### Caracterización edáfica y su variabilidad

Los suelos donde se realiza agricultura de secano en nuestro país son en general de fertilidad alta, profundos, y con buenas condiciones físico-hídricas tanto del punto de vista de su infiltración como de su capacidad de almacenamiento de agua en el perfil.

En el caso de las pasturas, las mismas son realizadas sobre ambientes edáficos más variables. El supuesto *a priori* es que los cultivos y pasturas bajo riego se producen en aquellas situaciones donde los suelos tienen mayor potencial de producción. Sin embargo, los relevamientos de suelos realizados en predios donde la práctica del riego en cultivos y/o forrajeras es frecuente,

muestran que hay una diversidad muy importante en las características de esos suelos.

En la Tabla 1 se presentan resultados de la tasa de infiltración básica e infiltración acumulada en diferentes sitios relevados en el país.

A la variabilidad en los valores de infiltración de agua en el suelo dentro de una misma unidad de suelo, se agrega la variabilidad en la capacidad de almacenamiento de agua total del perfil de los suelos. La Tabla 2 muestra para esos mismos sitios el máximo contenido de agua que puede retener el suelo, el contenido de agua con potenciales de succión de 15 bar, y el agua almacenada a 60 cm de profundidad.

Los datos presentados en las Tablas 1 y 2 dejan en claro por una parte la necesidad de caracterizar los suelos donde se van a realizar los cultivos bajo riego, de modo de definir el manejo más adecuado a las condiciones físicas del suelo. Por otro lado, el manejo del riego basado solamente en el umbral de agotamiento del perfil no es lo más adecuado por la variabilidad que presentan las características físico hídricas del suelo.

Los datos reportados por Deanmead and Shaw (1960) muestran que a medida que el suelo se seca, la tasa de transpiración va disminuyendo, mientras que con contenidos de agua mayores, la tasa de transpiración aumenta. Según el tipo de suelo ese contenido de humedad va a variar, pero además, en función de los datos presentados, dentro de una misma unidad de clasifica-

**Tabla 1.** Tasa de infiltración básica e infiltración acumulada en 8 sitios relevados de Uruguay (Unidad de Suelos 1:1.000.000, Ecilda Paullier-Las Brujas)

Nº sitio	Infiltración básica	Infiltración acumulada	Capacidad de infiltración (mm h <sup>-1</sup> )
1	$i=0.7089 \text{ t}-0.3897$	$I=0.7089 ( \text{t}0.6103)/(0.6103)$	5
2	$i=0.9795 \text{ t}-0.4109$	$I=0.9795 ( \text{t}0.5891)/(0.5891)$	2
3	$i=4.8796 \text{ t}-0.5184$	$I=4.8796 ( \text{t}0.4816)/(0.4816)$	15
4	$i=0.0740 \text{ t}-0.1077$	$I=0.0740 ( \text{t}0.8923)/(0.8923)$	0.5
5	$i=0.2561 \text{ t}-0.3131$	$I=0.2561 ( \text{t}0.6869)/(0.6869)$	2.3
6	$i=1.3496 \text{ t}-0.3156$	$I=1.3496 ( \text{t}0.6844)/(0.6844)$	12
7	$i=0.9081 \text{ t}-0.2357$	$I=0.9081 ( \text{t}0.7643)/(0.7643)$	13
8	$i=6.5596 \text{ t}-0.4649$	$I=(6.5596 ( \text{t}0.5351))/(0.5351)$	27

**Tabla 2.** Densidad de suelo, contenido de agua a saturación, contenido de agua a 15 bar y el agua total almacenada a 60 cm de profundidad de 8 sitios relevados de Uruguay (Unidad de Suelos 1:1.000.000, Ecilda Paullier-Las Brujas).

Nº sitio	Densidad de suelo	Humedad volumétrica a 0 bar (m-3 m-3)	Humedad volumétrica a 15 bar (m-3 m-3)	Agua total almacenada 0-60 cm (mm)
1	1.27	0.4130	0.2790	80.4
2	1.21	0.3956	0.2883	60.4
3	1.35	0.4156	0.3375	46.9
4	1.22	0.5099	0.4199	54.0
5	1.26	0.4210	0.3020	71.4
6	1.28	0.3903	0.2853	63.0
7	1.37	0.3419	0.2490	55.7
8	1.40	0.4220	0.3130	65.4

ción, también existe importante variabilidad, que determina que se deba abordar el manejo de riego integrando las dos variables: suelo y clima.

En función de lo expuesto, en los estudios de casos de sistemas productivos que se han realizado en estos últimos años en INIA, se ha explorado el manejo del riego integrando la planta con las dos variables mencionadas (suelo y clima). Los datos presentados no son resultados de trabajos de investigación, por lo tanto el objetivo es esbozar conceptualmente la interrelación que existe entre el suelo, la planta y la demanda atmosférica.

### 12.3. Estrategias de riego en cultivos extensivos

La incorporación del riego a nivel comercial se ha dado principalmente en el cultivo de maíz, donde mejor se conoce la respuesta al agregado de agua. Si bien era aceptable el desarrollo y productividad del cultivo en seco, principalmente en la producción lechera, la introducción de híbridos de alto potencial productivo y la ocurrencia de 3 veranos consecutivos con déficit hídricos muy marcados, llevaron rápidamente a los productores a incorporar la tecnología del riego.

En general, dentro del sistema productivo predial no ocupa un área muy importante, pero la producción bajo riego ha permitido alcanzar rendimientos altos (promedio de 10.000 kg ha-1

y estables a través de los años. Ello determina que aunque el área bajo riego no sea muy significativa en extensión, el aporte de alimento de la misma al sistema hace que tenga una relevancia jerarquizada en el predio.

Resultados nacionales sobre esta práctica en las últimas cuatro zafas (2006-2010), se presentan en la Tabla 3.

En general esto resulta en una reserva de forraje (silo) que es muy bien aprovechado en el tambero durante un período bastante prolongado de tiempo durante el otoño-invierno. En el caso de los sistemas agrícolas ganaderos el riego ha sido una muy adecuada herramienta para afianzar los sistemas de encierro 'feed lot' al contar el sistema de producción con áreas reducidas (en relación al área ocupada del total) pero con altas producciones de grano y forraje.

Los datos de la Tabla 3 muestran las variaciones marcadas que existieron en los diferentes años en cuanto a las condiciones de demanda del cultivo, los períodos de crecimiento del mismo y más aún, la variabilidad en las precipitaciones. Sin embargo, se mantuvo un alto nivel de producción de grano a través de los cuatro años, en promedio por encima de los 10.000 kg ha-1 año-1.

Los métodos de riego utilizados en los sitios relevados fueron aspersión (convencional y pivot central) y por superficie (riego por fajas o

**Tabla 3.** Resultados de producción de maíz (grano) bajo riego, la lámina aplicada y las lluvias registradas en nueve sitios del Uruguay.

Nº sitio	Período de cultivo	Rendimiento de grano de maíz (kg ha <sup>-1</sup> )	Lámina de riego aplicada (mm)	Precipitaciones registradas (mm)	Evapotranspiración del cultivo (PenmanMonteith) (mm)
1	08-10-2006 al 24-01-2007	10190	172	456	352
2	04-11-2007 al 28-02-2008	8500	439	280	540
3	14-11-2007 al 01-03-2008	10300	306	156	396
4	04-11-2007 al 02-03-2008	9200	380	171	423
5	15-09-2008 al 01-03-2009	10500	600	292	572
6	24-09-2008 al 23-01-2009	13100	420	100	408
7	19-09-2008 al 01-02-2009	9400	512	119	517
8	18-12-2009 al 30-03-2010	10636	154	728	391
9	4-12-2009 al 29-03-2010	11000	194	728	434

**Tabla 4.** Resultados de producción de materia seca de sorgo forrajero (sudangrás) bajo riego, la lámina aplicada y las lluvias registradas en distintos sitios del Uruguay.

Nº sitio	Período de cultivo	Rendimiento de materia seca de sudan (kg ha <sup>-1</sup> )	Lámina de riego aplicada (mm)	Precipitaciones registradas (mm)	Evapotranspiración del cultivo (PenmanMonteith) (mm)
1	12-11-2007 al 23-03-2008	32000	230	130	392
2	20-11-2007 al 01-05-2008	33570	235	179	349
3	19-11-2007 al 01-04-2008	32000	210	250	352
4	10-12-2007 al 20-03-2008	27600	160	126	298
5	23-10-2008 al 20-03-2009	37000	292	370	392

melgas); pero es de destacar que, independientemente del método de riego utilizado, en todas las situaciones el criterio de manejo del agua se basó en reponer una lámina de riego acorde a las necesidades del cultivo, y teniendo en cuenta en cada caso la capacidad de almacenamiento total de agua en el perfil del suelo.

Se realizaron también relevamientos en sorgo forrajero (*sudangrás*) en diferentes situaciones de producción en dos zafras. Los resultados fueron similares en cuanto a los altos rendimientos por el aporte complementario del agua y en particular, por la estabilidad que permite esta herramienta tecnológica (Tabla 4)

El rendimiento presentado en la Tabla 4 es el resultado de la evaluación en cuatro o cinco pastoreos realizados durante el ciclo de crecimiento del cultivo. En todos los casos son áreas de entre

5 y 7 ha, donde, dependiendo de la disponibilidad de forraje en cada pastoreo, se aplicaron cargas instantáneas de 10 a 12 vacas en ordeño en promedio.

Los métodos de riego utilizados en el sorgo fueron por aspersión convencional, destacándose al igual que en el caso del maíz, en las diferentes situaciones el criterio de manejo del agua basado en reponer una lámina de riego acorde a las necesidades del cultivo, y teniendo en cuenta en cada caso la capacidad de almacenamiento total de agua en el perfil del suelo.

Las situaciones de producción de sorgo forrajero y maíz bajo riego evaluadas, determinan igualmente que no son necesarias grandes áreas bajo riego, pues tanto el aporte de producción de materia seca en forraje que se ofrece o la producción de grano o silo para alimentación pos-

terior son muy altos cuando se intensifican los factores de producción y se realiza un correcto manejo del agua y la fertilización.

## 12.4. Estrategias de riego en pasturas

En el caso de pasturas, los relevamientos de producción bajo riego están acotados al cultivo de alfalfa, y también se ha observado una alta respuesta en producción de materia seca al agregado de agua (Tabla 5).

Para la alfalfa el comienzo del riego en la temporada se atrasa algo en relación a los cultivos analizados anteriormente y a la vez, las láminas aplicadas son en general, menores. Esto es debido básicamente a dos razones: por un lado se retrasa a efectos de no saturar el suelo y permitir mayor oxigenación para las raíces ante la eventualidad de una lluvia. Por otro lado, las láminas pequeñas (no mayores a 25 mm) aseguran, en los suelos con problemas de drenaje, que el stress radicular por falta de oxígeno sea mínimo.

Si bien el potencial de rendimiento de la alfalfa bajo riego es mayor que los presentados en la Tabla 5, estos fueron obtenidos en cinco a seis cortes por año. En algunas situaciones, los rendimientos mermaron debido a la ocurrencia de precipitaciones de intensidad media a alta en el verano; si bien las lluvias en general fueron escasas durante las zafras relevadas.

El método de riego utilizado en ambas situaciones fue aspersión convencional y las áreas variaron según los años entre 10 a 15 ha, soportando por momentos cargas instantáneas de más de 15 animales adultos por hectárea.

## 12.5. Conclusiones

De acuerdo a los bancos de datos agroclimáticos de las estaciones meteorológicas de INIA en el país, siempre se da un déficit hídrico de 180 a 240 mm durante los meses de primavera-verano.

Existen períodos cortos de tiempo (7 a 10 días) sin precipitaciones que, en coincidencia con determinados momentos del ciclo de desarrollo del cultivo, afectan de manera significativa la producción.

Aún con déficit hídricos en períodos cortos no permiten alcanzar el potencial o la producción de materia seca y granos esperada; lo que hace que la planificación del establecimiento se vea afectada en mayor o menor medida.

Realizar el manejo del riego teniendo en cuenta las variables de clima, suelo y planta aumentan la probabilidad de una mejor respuesta vegetal al agregado de agua.

Dependiendo de las características de cada sistema de producción, es recomendable tener un área de 5 al 10% del predio donde se realicen los cultivos bajo riego como un “seguro de producción”.

Investigaciones futuras deberían determinar cuáles serán las especies a ser regadas así como cuantificar la producción bajo riego integrando los factores de planta, suelo y clima. Asimismo determinar la superficie del predio que habría que dedicar a manejar bajo riego para mantener un sistema con buenos índices productivos y estables en el tiempo.

**Tabla 5.** Resultados de producción de materia seca de alfalfa bajo riego la lámina aplicada y las lluvias registradas en dos sitios del Uruguay.

Nº sitio	Período de cultivo	Rendimiento de materia seca de alfalfa (kg ha <sup>-1</sup> )	Lámina de riego aplicada (mm)	Precipitaciones registradas (mm)	Evapotranspiración del cultivo (Penman-Monteith) (mm)
1	10-10-2006 al 23-03-2007	15200	210	298	551
2	02-10-2007 al 01-03-2007	17300	250	392	491
3	19-10-2007 al 01-03-2008	17800	270	250	523
4	10-10-2008 al 20-03-2009	18200	295	126	568