

# ROTACIONES DE CULTIVOS EN SIEMBRA DIRECTA EN EL SUDESTE DE SANTIAGO DEL ESTERO

D. Prieto, G. Angella, C. Angueira, M. C. Sánchez, O. Puig, J. Salvatierra y M. Valoy. 2003.  
GTRrecursos Naturales, EEA INTA Santiago del Estero.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Sustentabilidad](#)

## ALGUNAS DEFINICIONES A MODO DE INTRODUCCIÓN

La reconocida fragilidad de los ambientes semi-áridos como el de la casi totalidad del territorio de Santiago del Estero y el NOA, requieren un conocimiento detallado de sus aptitud y potencialidades y un cuidado particular en su manejo. La década del 90 se caracterizó por la toma de conciencia sobre el hecho de que gran parte del desarrollo se viene realizando a expensas de los recursos naturales y que por esa razón para evitar la disminución de los niveles de producción o acrecentarlos para satisfacer la demanda creciente de alimento o los niveles de competencia en los mercados se requerían cada vez mas "inputs" externos.

Esta concientización ambiental, inicialmente bandera de los grupos ecologistas, ganó espacio también en la comunidad "productivista" con el nuevo desafío de producir más con menos recursos.

Surgió entonces a todo nivel el concepto de sustentabilidad y en forma mas amplia la de "desarrollo sustentable" que no dejan de estar presente actualmente tanto en el ambiente político, como económico y social, pero aceptemos, tanto la medición de la sustentabilidad como la implementación real de los programas de desarrollo sostenible, no están todavía bien resueltas.

La reconocida fragilidad de los ambientes semi-áridos como el de la casi totalidad del territorio de Santiago del Estero y el NOA, requieren un conocimiento detallado de sus aptitud y potencialidades y un cuidado particular en su manejo. Estamos convencidos que estas premisas no solo son válidas a nivel regional, lo que implicaría una planificación territorial y decisiones colectivas o gubernamentales, sino también a nivel de los propios predios individuales, dónde la decisión está en manos de cada productor.

Santiago del Estero vive los últimos años una expansión de la frontera agrícola sin precedentes, producto del buen momento que vive la agricultura nacional y el cultivo de soja en particular. Si bien esto significa una oportunidad de crecimiento económico para la provincia, desde el punto de vista de la sustentabilidad es al mismo tiempo un serio desafío para todos los actores sociales y para las instituciones generadoras de tecnología como el INTA. La seriedad del desafío está dada no solo porque ser esta una región con pocos antecedentes de una explotación tan intensiva de sus recursos naturales, con excepción de los recursos forestales fuertemente explotados al inicio del siglo pasado, sino por carencias importantes de inventario de sus recursos e información de su aptitud a las escalas convenientes.

En respuesta a este desafío, se ha puesto en marcha en la Regional NOA del INTA un proyecto regional, ProSusNOA, con tres grandes objetivos que definen su accionar, i) mejorar el inventario y la evaluación de los recursos, ii) desarrollar y validar tecnologías para la sustentabilidad de los sistemas productivos predominantes de cada sub-región y iii) Generar un Sistema de Información Geográfica que permita difundir con rapidez la información recopilada y generada.

En relación a la agricultura entendemos que para asegurar su producción sustentable en cada sistema de producción debemos generar, ajustar o validar tecnologías, basados en los conceptos básicos del aprovechar los recursos naturales de acuerdo a su aptitud y buscar rotaciones de cultivos ambientalmente amigables y económicamente atractivas. Entendemos por rotaciones ambientalmente amigables aquellas que hacen un uso austero de la energía, mantienen un equilibrio favorable de los nutrientes y el carbono y presentan mínimos riesgos de contaminación de los recursos naturales.

El presente informe de avance presenta los resultados detallados de la campaña agrícola del invierno 2003 y realiza un primer análisis del primer año de las rotaciones del ensayo "Rotaciones de Cultivos en Siembra Directa en el Sudeste de Santiago del Estero" que es parte de una red de ensayos similares que se realizan en marco del Proyecto Regional ProSusNOA.

## FINALIDAD

Contribuir a la sustentabilidad de los Sistemas Productivos a través del mejoramiento de la gestión agroambiental.

## OBJETIVOS

- ◆ Evaluar los efectos que producen diferentes sistemas de rotación de cultivos en siembra directa sobre las propiedades físico químicas del suelo, el balance de nutrientes y el aprovechamiento del agua.
- ◆ Incrementar en forma sustentable la capacidad productiva de los Sistemas de Producción Agrícola mediante el ajuste de tecnologías de manejo de suelos y cultivos.
- ◆ Validar indicadores de sustentabilidad bajo diferentes condiciones agro-ecológicas y sistemas productivos.
- ◆ Evaluar la sustentabilidad ecológica y económica de las diferentes sistemas de rotación de cultivos.

## UBICACIÓN

El ensayo se realiza en el establecimiento del Sr. Ganem (Hangar Disruscio), ubicado a 3 km de la ciudad de Bandera sobre Ruta Nacional 13, Dpto. Belgrano, Santiago del Estero. Las tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 1.

Años	Parcelas						
	1	2	3	4	5	6	7
1	Sg	Soj	Alg	Soj-Tr	Sg-Tr	Sg	Sg
2	Soj	Alg	Sg	Soj-Tr	Soj-Tr	Soj	Alg
3	Alg	Sg	Soj	Soj-Tr	Alg-Tr	Soj	Sg
4	Sg	Soj	Alg	Soj-Tr	Sg-Tr	Sg	Alg
5	Soj	Alg	Sg	Soj-Tr	Soj-Tr	Soj	Sg
6	Alg	Sg	Soj	Soj-Tr	Alg-Tr	Soj	Alg

(\*) Soj = soja; Tr = Trigo; Sg = Sorgo; Alg = Algodón.  
El tamaño de cada parcela es de 2000 m<sup>2</sup> (20 m x 100 m).

## REGISTROS Y DETERMINACIONES

- ◆ Precipitaciones diarias.
- ◆ Descripción y análisis físico-químico del suelo, para su clasificación taxonómica y utilitaria.
- ◆ Materia orgánica, acidez y salinidad inicial y final del horizonte superficial.
- ◆ Contenido de humedad del suelo, por el método gravimétrico, hasta 2 m de profundidad (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 125, 145 y 175 cm).
- ◆ Actividades culturales y rendimientos.[arriba]

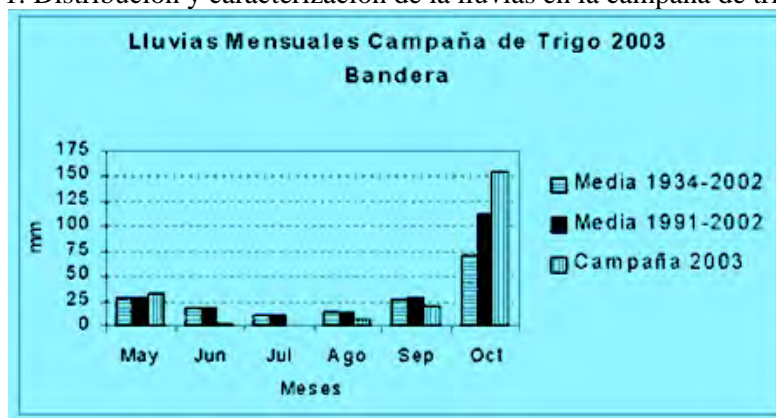
## RESULTADOS

En el presente informe se evalúan los aspectos que hacen al aprovechamiento del agua del cultivo de trigo y del primer ciclo de rotaciones. Los aspectos relacionados a las propiedades edáficas serán evaluadas luego de al menos 3 campañas agrícolas.

### PRECIPITACIÓN EN LA CAMPAÑA DE TRIGO 2003

Las lluvias de la campaña de trigo 2003 se presentan en la Figura 1.

Figura 1. Distribución y caracterización de las lluvias en la campaña de trigo 2003.



## ANÁLISIS DE LA LLUVIA DE LA CAMPAÑA 2003 EN RELACIÓN A LOS VALORES HISTÓRICOS

Es por todos conocido que una de las limitantes principales y determinantes de los resultados de la agricultura de secano en Santiago del Estero es la disponibilidad de agua y que esto es principalmente grave para los cultivos de invierno dada la estacionalidad de sus precipitaciones.

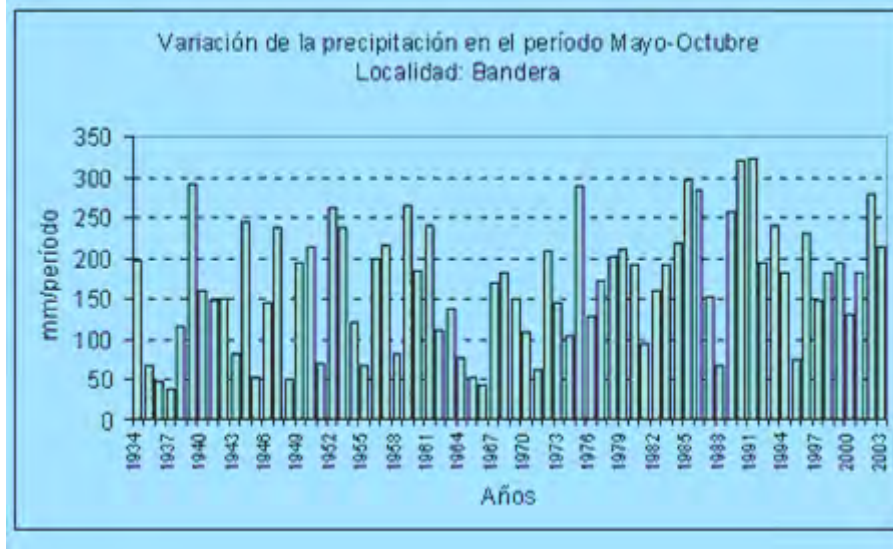
Es una verdad también para todos, que las precipitaciones en Santiago del Estero no solo son bajas sino muy variables de año a año lo que agrega una importante cuota de incertidumbre que complica la gestión empresarial.

Por esta cuestión de la variabilidad de las precipitaciones es importante no solo explicarnos porque nos ha ido bien o mal en determinado año sino intentar tener idea de cuantos años es probable que nos vaya bien y cuantos no. Para esto, que nos pone en camino a transformar la incertidumbre en un riesgo conocido, es necesario analizar la precipitación de cada año, de cada campaña, de cada mes en relación a los valores históricos.

Esto es lo que se hace en esta sección, para que nos ayude a interpretar los resultados de la campaña de invierno 2003 y como ejemplo del camino a seguir para la evaluación de los riesgos agro-climáticos de la agricultura de secano en Santiago del Estero.

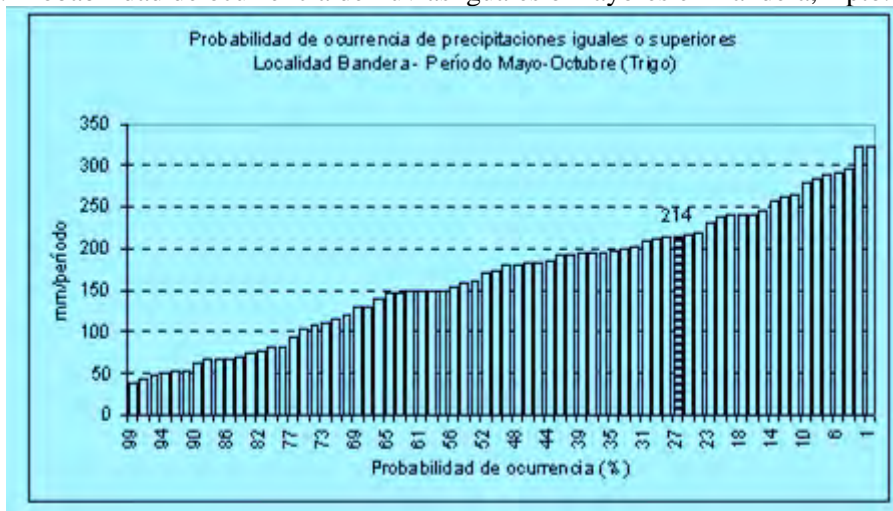
En la Figura 2 se presentan las lluvias de casi 70 años en el período Mayo-Octubre para la Localidad de Bandera, Departamento Belgrano. La variabilidad de las precipitaciones se expresa claramente y va desde 37 mm en 1937 hasta 323 mm en 1991.

Figura 2. Precipitaciones en el período Mayo-Octubre en Bandera, Dpto. Belgrano.



En la Figura 3 hemos ordenado los valores de lluvia registrados a lo largo de los años empezando por el menor (los 37 mm de 1937) hasta llegar al máximo (los 323 mm del año 1991), hemos contado el número de años que cada lluvia fue igualada o superada a lo largo de la serie y hemos expresado esta relación en forma de porcentaje. Interesados en el análisis de la campaña de invierno 2003, sus 214 mm los hemos identificado en el gráfico.

Figura 3. Probabilidad de ocurrencia de lluvias iguales o mayores en Bandera, Dpto. Belgrano.



¿Qué podemos ver de este gráfico? Por ejemplo que los 214 mm de lluvia de la campaña 2003 tienen una probabilidad de ser igualados o superados del 27 %. En otras palabras de cada 100 años tan solo en 27 años lloverá lo mismo o más que en el 2003 y en los restantes 73 años lloverá menos (o lo que es lo mismo aproximadamente 3 de cada 10 años lloverá igual o más y 7 de cada 10 años va a llover menos). Una primera conclusión de este análisis sería que la precipitación de la campaña 2003 en Bandera no ha sido mala en relación a los valores históricos.

Seguramente muchos, viendo los magros rendimientos de los trigos sembrados en Junio de este año en la zona, no estén de acuerdo con aquella primera conclusión y algo de razón tienen, porque para explicar los rendimientos no basta con el análisis de la campaña como un todo, es importante conocer "como le llovió al trigo" en sus etapas más sensibles a la falta de agua (pre-floración, macollaje, llenado de grano en ese orden). Para esto hemos realizado el mismo tipo de análisis pero para las lluvias de cada mes. Los resultados se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis histórico de las lluvias mensuales, campañas de verano y rotaciones.

(\*) Se refiere a la campaña de verano anterior al trigo 2003.

Mes	Valores Históricos		Campaña 2003	
	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Lluvia (mm)	Probabilidad (%)
Mayo	0	122	33	28
Junio	0	101	2	55
Julio	0	72	0	62
Agosto	0	115	6	47
Septiembre	0	131	20	47
Octubre	5	229	154	8
Campaña verano	215	1326	891(*)	13
Rotación completa	349	1507	1104	14

Desde el punto de vista de los datos históricos, las lluvias de Octubre y Mayo han sido muy buenas y buenas con 8 y 28% de probabilidades de ser superadas respectivamente. Las lluvias de los restantes meses se ubicaron cercanas a los valores medios (que sería el 50% de probabilidad) con Junio y Julio algo por debajo de su media, y Agosto y Septiembre apenas por encima.

Desde el punto de vista agronómico, es seguro que las lluvias no han sido suficientes para garantizar un buen desarrollo y en especial durante las etapas de macollaje, pre-floración y llenado temprano de grano. Las lluvias de septiembre y principios de octubre ayudaron a un buen desarrollo de los granos formados, compensando en parte los períodos secos en macollaje y pre-floración.

Los datos confirman lo que muchos saben o intuyen, el rendimiento del trigo en condiciones de "secano" va a depender en gran medida de la humedad almacenada en el suelo al momento de la siembra, de la buena elección de prácticas de manejo para su conservación (aspectos que se tratan en la próxima sección) y de algunas lluvias más o menos extraordinarias en los momentos "claves" del cultivo.

Las campañas de verano son los momentos de recarga de agua del perfil de suelo, por esta razón se incluye en la Tabla 2, el análisis de la campaña de verano 2002/2003 (tomada como las precipitaciones de noviembre 2002 a Abril 2003). Puede observarse que a lo largo de los registros históricos los 831 mm de dicha campaña han sido igualados o superados solamente en 13% de los casos, lo que nos permite definirla como una excelente campaña desde el punto de vista de los aportes hídricos.

La Tabla 2 se cierra con el análisis de la rotación completa, es decir las precipitaciones registradas desde Noviembre del 2002 a Octubre 2003, de nuevo los datos nos ponen en claro que el primer año del ensayo se ha desarrollado bajo excelentes condiciones de precipitación en relación a los valores históricos.

## CONDICIONES INICIALES DE HUMEDAD DEL SUELO

El trigo se sembró en rotación sobre sorgo y sobre soja. El contenido de humedad que cada uno de estos cultivos antecesores dejó disponible para el trigo, se observa en las tablas 3 y 4.

Tabla 3. Agua disponible a la siembra, expresada en milímetros.

Profundidad	Cultivo antecesor	
	SORGO	SOJA
0.60 m	80	80
1 m	135	135
2 m	335	275

El agua disponible o agua útil (AD) es el agua del suelo que esta disponible para que pueda ser absorbida por el cultivo. Si bien para cada profundidad considerada (0.60 m, 1 m y 2 m), el contenido de humedad del suelo era mayor al indicado en la Tabla 3 no toda el agua estaba disponible para el cultivo, ya que una parte es fuertemente retenida por las partículas del suelo.

Si se toma en cuenta el primer metro de suelo, tanto el sorgo como la soja dejaron igual cantidad de agua disponible para la implantación del trigo: 135 mm de agua, mientras que, si se considera hasta dos metros de profundidad, el sorgo dejó el perfil más húmedo que la soja: 335 mm contra 275 mm, respectivamente. ¿Pero, qué significan estos números? ¿Es una buena cantidad de agua para la siembra del trigo? A los fines de aclarar el análisis, los mismos datos se presentan en la Tabla 4 expresados como porcentaje respecto a la Capacidad de Campo, que es la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la acción de la gravedad.

Tabla 4. Humedad disponible a la siembra, expresada como porcentaje de capacidad de campo.

Profundidad	Cultivo antecesor	
	SORGO	SOJA
0.60 m	45 %	45 %
1 m	45 %	45 %
2 m	65 %	50 %

Se inició la campaña con una humedad del 45% de capacidad de campo, si se considera el primer metro de profundidad, independientemente del cultivo antecesor. En todo el perfil, hasta los 2 metros de profundidad, el trigo se implantó en un suelo más húmedo con el sorgo como cultivo antecesor. La humedad al momento de la siembra fue buena para un sistema de producción agrícola de secano con siembra directa.

## RENDIMIENTOS

El rendimiento del trigo sobre el sorgo fue de 1090 kg/ha, y sobre la soja de 1290 kg/ha. La extracción de agua por las raíces se produjo hasta 1.40 m, siendo uno de los motivos que explica los rendimientos similares, ya que, como se indicó más arriba, en el primer metro de suelo el contenido hídrico inicial del suelo fue el mismo en ambas parcelas.

## CONSUMO DE AGUA DEL TRIGO

El consumo medido de agua del trigo fue de 400 mm, mientras que el máximo calculado a partir de las condiciones agro-meteorológicas de la campaña fue de 495 mm, es decir, el déficit hídrico fue de 95 mm para todo el ciclo. El consumo medido fue del 80 % respecto al máximo calculado; sin embargo, no sólo se debe analizar el balance hídrico total del ciclo, sino también estudiar el momento en que se produjeron los déficits hídricos. Así, el período seco de los meses de junio, julio y agosto, afectó la producción de macollos, y el período de pre-floración donde el cultivo define el N° de granos por espiga. Las lluvias de setiembre y primeros días de octubre ayudaron a un buen desarrollo de granos, compensando parcialmente el escaso macollaje. Las importantes precipitaciones registradas a fines de octubre (74 mm), si bien incidieron para que el balance hídrico total fuera menos negativo, no tuvieron influencia positiva sobre la producción.

## CONSUMO DE AGUA DE LAS ROTACIONES

El consumo de agua, expresado en mm, al cabo del primer año de rotaciones, se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Consumo de agua de las rotaciones. Primer año.

Parcela	Rotación (*)	Secuencia considerada	Consumo (mm)			% de agua utilizada (**)
			Verano	Invierno	Total	
1	Sg-Soj-Alg	Sorgo-Barbecho	455	290	745	67
2	Sg-Soj-Alg	Soja-Barbecho	525	275	800	72
3	Sg-Soj-Alg	Algodón-Barbecho	515	300	815	74
4	Soj / Tr	Soja-Trigo	535	390	925	84
5	Sg-Tr-Soj-Tr-Alg-Tri	Sorgo-Trigo	470	435	905	82
6	Sg-Soj-Soj	Sorgo-Barbecho	470	270	740	67
7	Sg-Alg	Sorgo-Barbecho	460	270	730	66

(\*) Soj = soja; Tr = Trigo; Sg = Sorgo; Alg = Algodón  
(\*\*) Se refiere al % respecto a los 1104 mm precipitados durante el primer año de la rotación.

La siembra del trigo consume mas agua que mantener el suelo con cobertura, sin cultivo, en el invierno. Un posterior análisis de los costos e ingresos asociados a ambas opciones (sembrar trigo o dejar rastrojos), será otra importante herramienta para las decisiones del productor. Desde el punto de vista de la utilización del agua, las secuencias del doble cultivo (Soja-Trigo y Sorgo-Trigo) han realizado un mayor uso del agua disponible. Sin dejar de ser importante, esta mayor utilización del agua tiene todavía que analizarse en base a su efecto sobre el cultivo posterior y por supuesto en función de los resultados económicos y ambientales de las rotaciones, tarea que iremos realizando a medida que transcurran las diferentes campañas.

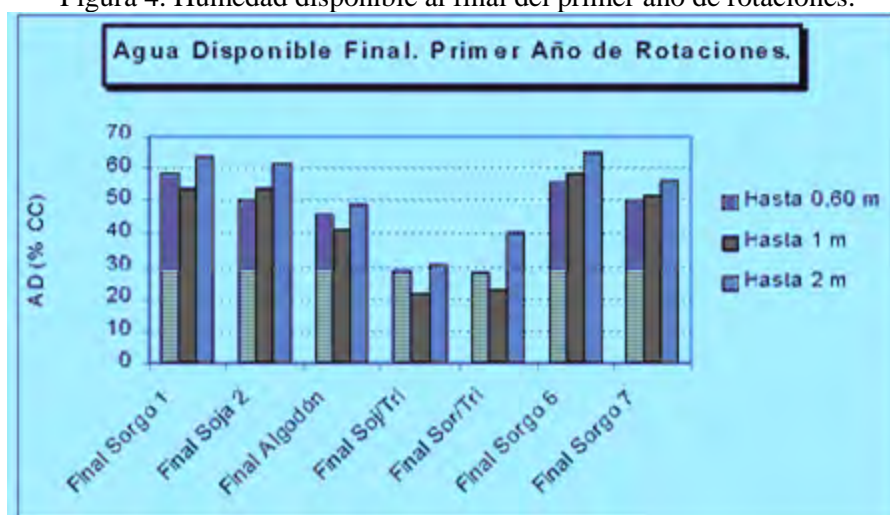
De la Tabla 5, es también importante analizar los consumos de las parcelas durante la campaña de invierno; las 5 parcelas bajo barbechos químicos consumen por evaporación directa desde la superficie del suelo, en promedio, 281 mm, entre los cuales los barbechos de algodón y soja con menos rastrojo tienden a ser los que más consumen. El consumo promedio de las dos parcelas con trigo, en este caso por evapotranspiración, es de 413 mm.

## LA DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA LOS CULTIVOS POSTERIORES. ANÁLISIS DEL PRIMER AÑO DE ROTACIONES

La Figura 4 ilustra la humedad del suelo al final del primer año de rotaciones, que estará disponible para la siguiente siembra de los cultivos de verano.

Dicha Figura y la Tabla 5 brindan información complementaria que es interesante analizar. Las parcelas de rotaciones soja/trigo y sorgo/trigo son las que tuvieron el mayor consumo de agua, y, por lo tanto, las que dejaron el perfil del suelo más seco para la implantación de los cultivos de verano. Las rotaciones sorgo/rastrojo, soja/rastrojo y algodón/rastrojo tuvieron un menor consumo que las que incluyeron al trigo, y por lo tanto, dejaron un contenido de humedad mayor en el suelo.

Figura 4. Humedad disponible al final del primer año de rotaciones.



## CONSIDERACIONES FINALES

La decisión de sembrar trigo o no es obviamente privativa del productor, los resultados que aquí se presentan brindan información sobre el consumo de agua asociado al manejo de rotaciones en siembra directa. Es claro que la siembra del trigo tiene como consecuencia un mayor consumo de agua que mantener el suelo con cobertura, sin cultivo, en el invierno. Un posterior análisis de los costos asociados a ambas opciones (sembrar trigo o dejar rastrojos) y de los ingresos correspondientes a la producción de trigo lograda, será otra importante herramienta para la toma de decisiones del productor.

Volver a: [Sustentabilidad](#)