

EFFECTO DE LOS AÑOS DE AGRICULTURA CONTINUA SOBRE EL RENDIMIENTO ACTUAL Y ALCANZABLE DE TRIGO EN URUGUAY

Ernst, O.^{1*}

¹Depto. De Producción Vegetal. Facultad de Agronomía, Universidad de la República (UDELAR);
* Autor de contacto: oenst@fagro.edu.uy ; Facultad de Agronomía. Paysandú. República Oriental
del Uruguay. CP 60000. 59847227950 Int 132.

PALABRAS CLAVE: Frontera de rendimiento; Brecha de rendimiento

INTRODUCCIÓN

En términos de productividad, el siglo XX fue testigo de un cambio sustancial en la relación de la humanidad con la tierra. Hasta mediados del siglo pasado, los aumentos en la producción de alimentos provinieron casi exclusivamente de la expansión del área de siembra, con relativamente baja producción por unidad de superficie, y sistemas de manejo que provocaron el deterioro y abandono de zonas inicialmente productivas. En la segunda mitad del siglo XX, la mayor parte del incremento de la producción provino de la intensificación agrícola, mediante el aumento en el uso de energía en mecanización y producción de agroquímicos, y la introducción de cultivares de alta producción en las principales especies de granos, capaces de aprovechar altos suministros de nutrientes (Cassman y Harwood, 1995; Cassman, 1999).

Alimentar a la población mundial estimada para el 2050 supone al menos duplicar la producción de alimento actual (Ruttan, 2002). Si no se modifican los patrones de consumo, existen dos opciones no excluyentes para alcanzar esa meta. La primera sería seguir ampliando la frontera agrícola, avanzando sobre ecosistemas con escaso uso agrícola y considerados ecológicamente valiosos o frágiles. La segunda, continuar aumentando la producción por unidad de superficie y tiempo en las zonas ya incorporadas a la agricultura. Esta segunda opción implica aumentar la productividad sin deteriorar los recursos naturales del agro-ecosistema y aumentando la eficiencia de uso de insumos (energía y agroquímicos). Para esto el deterioro de la calidad del suelo no debería actuar como factor restrictivo del rendimiento ni de la eficiencia de uso de insumos, y debería ser mantenida o mejorada a lo largo del tiempo.

La pérdida de calidad del suelo resulta primero, en la necesidad de incrementar el uso de insumos para obtener el mismo rendimiento. En una segunda fase, el deterioro de la calidad del suelo limita el rendimiento alcanzable independientemente de la cantidad de insumo aplicada, indicando la existencia de una limitante estructural o "efecto fijo" sobre el mismo.

En este artículo se presenta un avance de resultados sobre la manifestación de este problema en la agricultura uruguaya. Para ello se estimó la frontera de rendimiento de trigo (FR) para el paquete tecnológico actual utilizando registros de productores integrantes de la Federación Uruguaya de Centros Regionales de Experimentación Agropecuaria (FUCREA). A partir de este diagnóstico, está en ejecución un proyecto

de investigación cuyo objetivo es determinar la relación entre la pérdida de calidad de suelo y la brecha de rendimiento de los cultivos y sus causas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos consiste de 1072 registros del rendimiento actual de trigo (Ract.) de productores integrantes de la Federación Uruguaya de Centros Regionales de Experimentación Agropecuaria (FUCREA) del período 2009-2013. La misma incluye, además del rendimiento en grano, la ubicación geográfica (zona), fecha de inicio del período de barbecho, cultivo antecesor, fecha de siembra, cultivar, fertilización y control sanitario. Todos los registros corresponden a sistemas agrícolas sin laboreo. La FR se estimó utilizando un modelo estocástico donde:

$$\text{LnFR} = \text{LnIA} + \text{LnV} + \text{LnC} + \text{LnZ} + \text{LnAAC} + \text{LnZ} * \text{AAC} + \text{Ln}(\text{IA} * \text{AAC}) + v - \mu$$

FR= Frontera de rendimiento de trigo (Kg ha^{-1});

IA= Índice de Ambiente. Variable generada a partir de datos de clima;

V= variedad;

C= ciclo siembra-espigazón;

Z= zona;

AAC= años de agricultura continua, definidos como años desde la última pastura permanente, sea esta nativa o sembrada;

v = error aleatorio con media=0.

μ = ineficiencias de producción. Toma solo los valores positivos de la diferencia FR-Ract.

El valor μ corresponde a la Función de ineficiencia, la que se integró como:

$$\mu = \text{AI} + \text{AV} + \text{N}$$

donde:

AI= antecesor de invierno; AV= antecesor de verano;

N= kg ha^{-1} de nitrógeno agregado como fertilizante en todo el ciclo.

La Brecha de producción (Brecha) fue estimada como la diferencia FR-Ract.

Una vez estimada la FR, se estudió su relación con los años de agricultura continua (AAC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La función de frontera de producción presentó coeficientes positivos significativos ($p \leq 0,05$) para el IA, el cultivar seleccionado, y la interacción AAC*IA (Cuadro 1).

En la función de ineficiencias, el efecto antecesor de invierno y fertilización nitrogenada fueron significativos, no así el del cultivo antecesor de verano.

La interacción AAC+IA se muestra en la Cuadro 2. Para ello, en base a la relación entre la FR y el IA, este se resumió en dos categorías denominadas Índice de Ambiente de alta producción (IAap) definido por valores medio para coeficiente Q, precipitaciones durante el período crítico de definición del rendimiento, precipitaciones durante el llenado de grano, radiación media fotosintéticamente activa y temperatura

media durante el período de llenado de grano ($1,5 \pm 0,24 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ C}^{-1}$, $64 \pm 74 \text{ mm}$, $64 \pm 63 \text{ mm}$; $20,7 \pm 1,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ y $16,5 \pm 1,8$ respectivamente) e *Índice de Ambiente de Baja Producción (IAbp)* ($1,0 \pm 0,21 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ C}^{-1}$, $64 \pm 208 \pm 70 \text{ mm}$, $204 \pm 86 \text{ mm}$; $17,8 \pm 2,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ y $18,1 \pm 2,2$ respectivamente).

Cuadro 1. Coeficientes de los parámetros de la función estocástica de la frontera de producción de trigo en Uruguay, período 2009-2012.

	Parámetro	Coefficiente ¹	Error estándar	t-valor
<u>Frontera de producción</u>				
Constante	β_0	-2,82	3,35	-0,8
Índice de Ambiente (IA)	β_Q	0,06	0,3	2,0
Cultivar (C)	β_C	0,73	0,05	15,1
Ciclo a espigazón	β_{ciclo}	0,02	0,06	0,3
Zona (Z)	β_{ZI}	0,58	0,39	1,5
Años de agricultura continua (AAC)	β_{AAC}	-0,98	2,71	0,36
AAC * IA	β_{AAC*IA}	0,04	0,02	2,0
AAC * Z	β_{AAC*Z}	0,11	0,32	0,3
<u>Ineficiencias</u>				
Constante	$\bar{\delta}_0$	15,6	3,0	5,2
Antecesor de verano	$\bar{\delta}_{\text{antecesorv}}$	0,2	0,4	0,5
Antecesor de invierno	$\bar{\delta}_{\text{antecesor i}}$	-1,98	0,42	-4,7
Fertilización nitrogenada (N)	$\bar{\delta}_N$	-0,02	0,5	-2,4
<u>Parámetros de varianza</u>				
Varianza	σ^2	0,16	0,02	8,3
Gamma	γ	0,94	0,02	57,8

Eficiencia de producción promedio= 0,68

Razón de verosimilitud=221

Observaciones=1072

¹Coefficientes positivos en la función de la frontera de producción indican que las respectivas variables tienen efecto positivo sobre la frontera de rendimiento. Coeficiente positivo en la función de ineficiencia, indica que la variable afectó negativamente la eficiencia de producción.

Cuadro 2. Coeficientes de regresión (kg ha^{-1}) entre la frontera de rendimiento de trigo (FR), el rendimiento actual (Ract.) y la brecha de producción (Brecha) con los años de agricultura continua (AAC) en sistemas agrícolas sin laboreo.

	FR	Ract.	Brecha
<i>Ambiente de Baja Producción</i>	-79 **	-56 **	-23 *
<i>Ambiente de Alta Producción</i>	-18 *	ns	-22 *
Diferencia entre coeficientes	61 **	56 **	ns

** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; ns no significativo $p \leq 0,05$

La interacción resultó del efecto negativo de los AAC sobre la FR, el que fue significativamente mayor para las condiciones de IAbp. Como esta relación para el Ract. fue significativa solamente en este ambiente, la brecha de producción se redujo en ambos ambientes. No obstante, mientras que en IAap la reducción resultó como consecuencia del efecto sobre la FR, en IAbp fue el resultado de una reducción cuantitativamente mayor en la FR que en el Ract..

Los resultados muestran que los AAC estarían limitando el rendimiento alcanzable de trigo bajo el actual paquete tecnológico de producción. Este efecto aun no se cuantificaría sobre el Ract cuando las condiciones climáticas (IA). El efecto supone la ocurrencia de un proceso de degradación continua y acumulativa que compromete antes la FR que el Ract.

BIBLIOGRAFÍA

- Cassman, KG. (1999). Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96(11): 5952-5959.
- Cassman, KG. & R R Harwood, (1995). The nature of agricultural systems: food security and environmental balance. *Food Policy* 20(5): 439-454.
- Ruttan, VW. (2002). Productivity Growth in World Agriculture: Sources and Constraints. *Journal of Economic Perspectives* 16: 161-184