

# Denunciando el presente, imaginando el futuro

NOTA OPINION

Oswaldo Ernst\*

## INTRODUCCIÓN

El marco de referencia de esta nota es una invitación de la Asociación Uruguaya pro Siembra Directa (AUSID) a presentar “una visión de cómo está el sistema agrícola hoy y hacia dónde va; cuáles son los desafíos y qué debemos de esperar”. Por lo que son cuatro puntos que serán tratados con distinta profundidad, enmarcando a los dos primeros en “**denunciando**” y los dos siguientes en “**imaginando**”.

“La mejor forma de adivinar el futuro es trabajar para hacerlo realidad”. Cuando se imagina un futuro y se trabaja en base a él, estamos generando mayor oportunidad de lo que imaginamos, finalmente se logra, o sea, que “el futuro se concrete”. Adivinar el futuro, por tanto, implica elegir “alguno de los futuros” dentro del menú de todos los “futuros posibles”. En este artículo se discute el sistema agrícola considerando (1) cómo nos imaginábamos el futuro ubicados en 1990; (2) analizando el 2003/04 como el futuro de 1990, ahora que sabemos qué pasó; (3) analizando el 2012 como el futuro del 2003/4; y (4) imaginando el 2020 como el futuro del 2012.

## IMAGINANDO EL FUTURO EN 1990

A fines de la década de 1980, a partir de registros de chacras de trigo de productores pertenecientes a Cooperativas, Sociedades de Fomento Rural y Grupos CREA de los Departamentos de Colonia, Soriano y Río Negro, se identificó a la historia de chacra como una de las variables de manejo determinantes de rangos de variaciones en el rendimiento de trigo (Ernst *et al.*, 1990). Mientras que el rendimiento medio de los cultivos de trigo sembrados sobre praderas “cabeza de rotación”, lograron un rendimiento de  $2800 \pm 500$  kg/ha, los sembrados sobre chacras viejas, promediaron  $1900 \pm 350$  kg/ha. Esta variable definió un “escalón de rendimiento” dentro del cual la variabilidad de rendimiento se explicó por otras variables de

manejo y ambiente. Por tanto, el objetivo de los trabajos posteriores fue eliminar el efecto chacra, lo cual implicaba imaginar el futuro de 1990, como cultivos de trigo en los que la variabilidad de rendimiento estuviera entorno a los 3000 kg, lo que permitiría mejorar el rendimiento medio del país. El “efecto chacra” ya estaba identificado como una variable de alto impacto a partir de la información generada en el experimento de rotaciones instalado en “La Estanzuela” en 1963, y atribuido a la pérdida de calidad de suelo cuantificado por la evolución diferencial del contenido de materia orgánica (MO) y propiedades físicas del suelo (Díaz Rosello *et al.*, 1980). Los ciclos de ganancia y pérdida de carbono del suelo a través del tiempo en los sistemas de agricultura rotando con pastura representaban la situación de cultivos “cabeza de rotación” y “chacra vieja”, respectivamente. Tanto la pérdida de calidad de suelo registrada en sistemas de agricultura continua como los ciclos de pérdidas y ganancias de los sistemas cultivo-pastura, están explicados por dos factores: la pérdida de fertilidad con la erosión, y la pérdida de MO por oxidación permanente estimulada por un manejo con laboreo convencional (LC). Por lo tanto, si nuestro objetivo era eliminar el “efecto edad de chacra”, debíamos controlar la erosión y reducir la oxidación de la MO. La herramienta elegida para solucionar el problema fue eliminar el laboreo.

El futuro imaginado para el cual trabajar era que no se produjeran los ciclos de ganancia y pérdida de MO asociados a los 2800 y 1900 kg/ha promedio de trigo, respectivamente, sino que se estabilizara y, por qué no, mejorar, de manera de no generar el efecto “chacra vieja”, y que todos los cultivos de trigo fueran como “cabeza de rotación. Para “darle oportunidad a ese futuro”, a partir de 1993 se instalaron en la EEMAC experimentos en los que se estudia, entre otros objetivos, el efecto de la labranza o no del suelo combinado con la rotación o no de cultivos con pasturas sobre la calidad del suelo y el rendimiento de los cultivos. La información generada en estos experimentos tiene como condición para poder ser extrapolada, que los niveles de pérdida de suelo por erosión estimados para todas las combinaciones de manejo evaluadas, están por debajo del valor que es

\* Ing. Agr. Dpto. Producción Vegetal, EEMAC.

considerado como tolerancia para el suelo y clima de referencia. O sea que el diseño de la rotación cumple con el objetivo planteado en el '90. Esto es condición número uno para poder extrapolar los resultados adecuadamente. Bajo esa condición, los sistemas que eliminan el laboreo han logrado el objetivo de mantener la concentración de MO en los primeros 20 cm del perfil al mismo nivel que el manejo propuesto de rotación cultivo-pastura con laboreo. Cumplido

el objetivo, se identifica una situación que mejora el resultado y corresponde a mantener la rotación cultivos-pasturas pero sin laboreo (Ernst y Siri Prieto, 2009). También se logró eliminar el efecto años de agricultura (Cuadro 1) ya que, salvo para girasol, no hubo efectos significativos de las combinaciones de labranza y rotación sobre el rendimiento de trigo, soja, cebada y sorgo grano.

**Cuadro 1.** Efecto del sistema de laboreo y la rotación cultivo-pastura sobre el rendimiento (Mg ha<sup>-1</sup>) de trigo/soja, cebada/ sorgo, barbecho/girasol, en el experimento de largo plazo en Paysandú, Uruguay (2001-2008). (Ernst et al., 2009)

Cultivo	Laboreo		No laboreo	
	50% cultivo 50% pastura	50% cultivo 50% pastura	67% cultivo 33 % pastura	100% cultivo
Trigo	3.04 a	3.17 a	3.22 a	3.22 a
Soja 2da	1.51 b	1.89 ab	1.81 ab	2.10 a
Cebada	3.72 a	2.74 ab	2.56 b	2.86 a
Sorgo 2da	4.26 a	4.89 a	5.10 a	5.04 a
Girasol	2.88 a	2.59 ab	2.20 b	2.29 ab

Valores seguidos por la misma letra dentro de filas no difieren entre sí  $p \leq 0,05$

Evaluated over time, as a difference in yield achieved without tilling compared to tilling, rotation with pastures has an effect when tilled, but lost importance in systems without tilling (Ernst and Siri Prieto, 2010). Again, the number one condition is that soil loss is controlled. These systems over time showed us that rotation cultivation-pasture without tilling compared to continuous agriculture without tilling have fewer needs for use of agrochemicals both of fertilizers and herbicides; for this reason, the advantage should not be evaluated only on soil quality and yield, but also in the energy needed to produce a ton of grain.

*los sistemas de agricultura-pastura con laboreo pero, como es agricultura continua, produce más grano. En 8 años hay 8 años produciendo grano, y en una rotación pasturas-cultivo con igual cantidad de años, se produce solo 4. Así que a igualdad de producción por año de cultivo, produce el doble. Los resultados muestran que en el sistema de agricultura continua sin pasturas hay igual cantidad de malezas pero menor diversidad (quiere decir que está cambiando el problema), hay incremento de las plagas estrategias "r" (lo que fue muy evidente mientras hubo pasturas y empezó a perder relevancia después), se generan enfermedades de la rotación, se generan deficiencias de nitrógeno por falta de ingreso por fijación biológica que venía de las pasturas, y como consecuencia, hay mayor cantidad de agroquímicos para producir una tonelada de grano. Pero como todas estas variables son más o menos solucionables, en el siglo XXI la agricultura y la ganadería se van a seguir llevando bien, pero alambrado de por medio. Para ello hay desafíos de corto plazo, como mantener una tasa creciente de adopción de un sistema (siembra directa) que no asegure mayor rendimiento en el corto plazo (o sea rinde lo mismo que el otro), y respetar los límites de esa propuesta para que aporte a la sustentabilidad general de sistema productivo".*

### EL SISTEMA AGRÍCOLA-GANADERO DEL SIGLO XXI

In 1999 a forum was held at LATU about Agriculture of the 21st Century. In it was discussed the possible evolution of agricultural systems and technologies of production. In that opportunity expressed: "Continuous agriculture has the same yield as

## 2003-2004 COMO EL FUTURO DEL AÑO 1990

Una nota de opinión publicada en la Revista CAN-GÜÉ, titulada “*Uruguayizando argentinos*” (Ernst, 2003), resume nuestra visión en ese momento. En ella se establece que “*La coyuntura actual de los precios de los granos oleaginosos, ...continúan presionando al sector a aumentar la siembra del cultivo de soja..., se produce una argentinización de la agricultura, lo que implica el traslado de tecnologías y sistemas de producción generados en y para condiciones agroecológicas diferentes.*” Eso era la valoración en ese momento, y representa una alerta de que el futuro que nos imaginábamos empezaba a no ser exactamente como lo habíamos imaginado. Y decía también en este mismo artículo: “*Estamos frente a un cambio aparente menor, que puede transformarse en un bajo aporte de carbono, mayor extracción de fósforo del sistema y mayor riesgo de erosión como consecuencia de largos períodos de barbecho sin cobertura del suelo con rastrojos. Los cambios en las secuencias de cultivos y en los sistemas de producción no son neutros, modifican propiedades y equilibrios logrados que implicarían modificar la tecnología de producción para que no se transformen en un paso hacia atrás en el camino ya recorrido.*” Fernández y Andregnette (2004), analizando la base de rendimientos CREA en el 2004 dicen: “*Las rotaciones agrícolas generan mayor margen bruto que aquellas de rotaciones de pasturas y cultivos...*”, y aclaran que, “*si siguiera el comportamiento decreciente que se verifica cuando se hace laboreo, la primera conclusión se caería con el tiempo*”. A partir de datos obtenidos por las encuestas de la DIEA es posible describir el uso del suelo en ese momento. El esquema era básicamente cultivo de invierno/soja de segunda, barbecho, soja de primera. ¿Cuál es el problema de esa secuencia? En una secuencia verano-invierno los períodos de barbecho son realmente cortos y en una secuencia de verano-verano los barbechos son muy largos y la cobertura es muy baja. Identificado el problema del sistema mayoritariamente implementado en el Litoral Oeste, se iniciaron proyectos tendientes a mitigar sus efectos negativos. Siembra de cultivos de cobertura para lograr la cobertura y aporte de carbono al suelo que las secuencias no tenían. Se ejecutó con la AUSID en convenio con el INIA y financiado por el FPTA,

un proyecto en el que se evaluó la combinación de cultivos de cobertura y construcción de terrazas para acortar el largo de las pendientes. La conclusión fue: las terrazas ayudan pero la cobertura tiene el control del sistema.

## EL 2012 COMO FUTURO DEL 2003-2004

Seguimos teniendo una altísima proporción de barbechos invernales descubiertos con alto riesgo de erosión. A esto se suma que con las secuencias de cultivos que se están utilizando, el balance de carbono en el suelo está siendo negativo. La solución imaginada no está logrando los resultados previstos por fallas en la implementación. Ni la intensidad de uso del suelo ni los rendimientos medio logrados ayudan al logro de los objetivos planteados de reducir la erosión de suelo por debajo de la tolerancia ni al menos mantener el nivel de MO del suelo. La alternativa sería aumentar los rendimientos y el número de cultivos por año. Solamente en aquellos sistemas con alta intensidad de uso del suelo se logran los aportes de rastrojos promedio necesarios para balances neutros, no porque sean altos los rendimientos sino porque se produce dos veces por año. Y ¿por qué son bajos los rendimientos? Registros de chacra de productores CREA muestran que los altos rendimientos se logran en suelos calificados como de “alta aptitud agrícola” tanto para trigo como para soja (González, s/p<sup>1</sup>). Si bien es cierto que hay bajos rendimientos en chacras calificadas como con aptitud agrícola (errores de manejo o efecto año), es baja la proporción de rendimientos altos logrados en chacras calificadas de “baja aptitud agrícola” (Figura 1). En este trabajo, el rendimiento medio del grupo de chacras “inferior” fue de 1800 kg, y los superiores de 5000 kg para trigo, y de 1200 kg y 3600 kg, inferior y superior, respectivamente, para soja. Ambos grupos de rendimientos “inferior” están asociados a “baja aptitud agrícola del suelo”.

Se podría mejorar el rendimiento y el sistema de producción solamente sembrando donde hay que sembrar y dejando de sembrar donde no se debe. En todas aquellas zonas donde la aptitud del suelo es buena pero no se logran rendimientos altos, no hubo rendimientos suficientes para mantener la calidad del suelo. Los sistemas agrícolas en todo el mundo, y por lo tanto también en Uruguay, cuanto más agrícolas son, su sostenibilidad es más dependiente del rendimiento logrado y la intensidad de uso del suelo.

En la Figura 2 hay un signo de interrogación en el cuadrante superior izquierdo, ya que no se obtuvieron rendimientos altos en chacras con más de 7

<sup>1</sup> Gonzáles, 2012. Análisis de las variables ambientales y de manejo vinculadas a variaciones de rendimiento en grano en cultivos agrícolas de secano. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Uruguay. 72 p. (En publicación)

años de agricultura continua. Es la primera cuantificación del problema planteado por Fernández y Andregnette (2004), sobre el posible efecto negativo de los años de agricultura continua sin laboreo sobre el

rendimiento de los cultivos. Los resultados muestran un análisis de registros de productores CREA en los que desaparecieron los rendimientos más altos en las chacras con más años de agricultura.

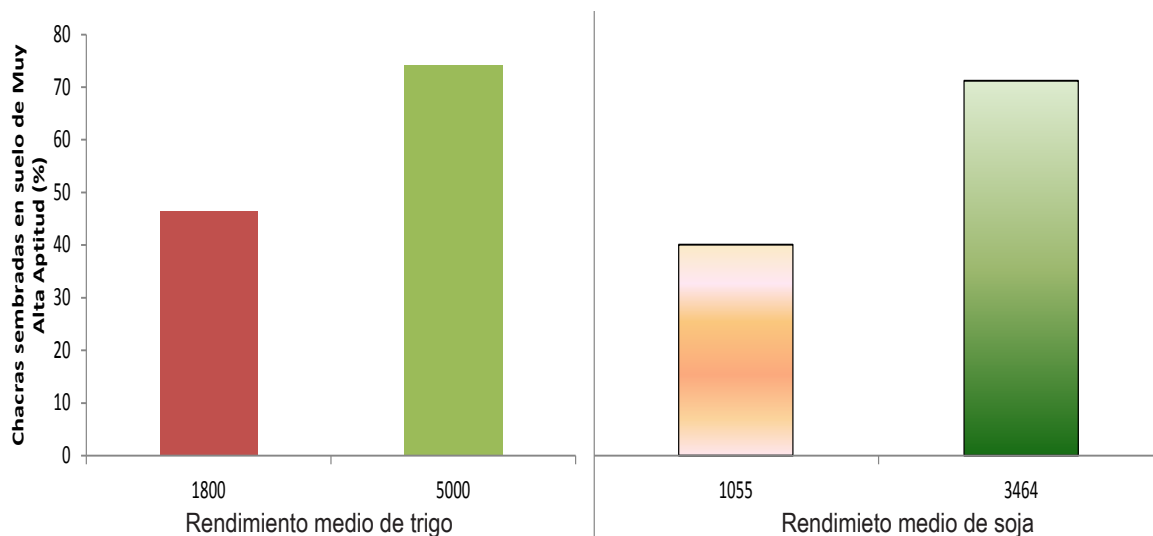


Figura 1. Rendimiento medio del trigo (a) y de la soja (b), en función del porcentaje de superficie sembrada sobre suelos calificados como “muy alta aptitud agrícola”. (González, s/p<sup>1</sup>) \*

\* Elaborado en base a registros de productores CREA Zafras agrícolas 2006/2007 al 2009/2010.

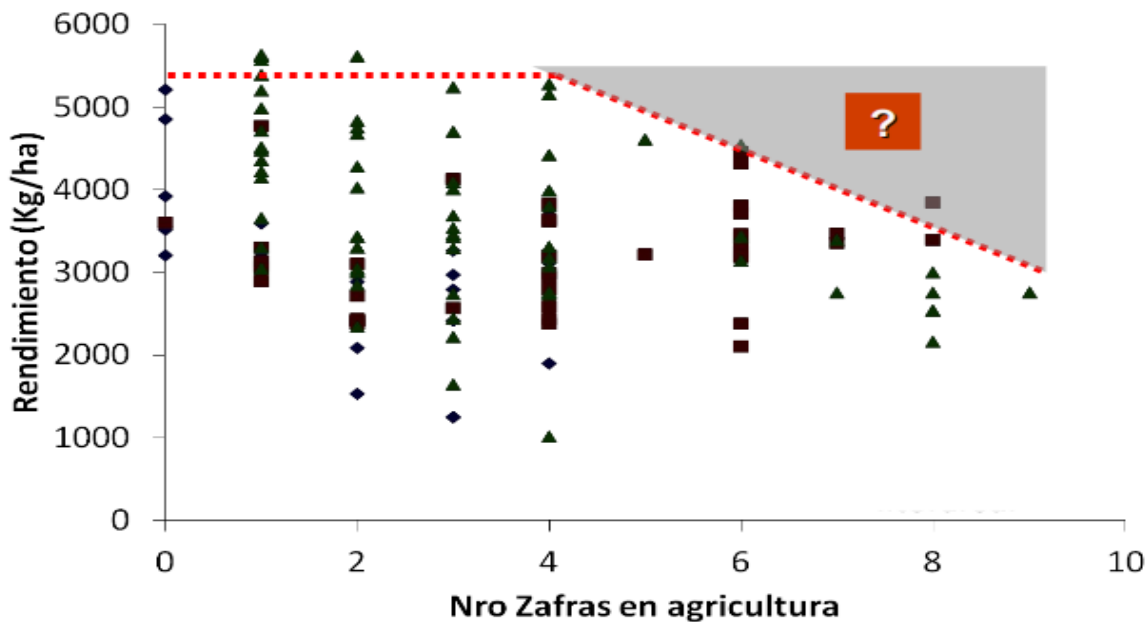


Figura 2. Efecto años de agricultura sobre el rendimiento de trigo de la zafra invierno 2010. (Mazzilli, s/p<sup>2</sup>)

Muchas variables pueden terminar definiendo el resultado, como el tipo de suelo, la asignación de variedades, las fechas de siembra, y el manejo de nutrientes.

Centurión y Chinazzo (2012), trabajando sobre suelos con características similares entre sí pertenecientes a la Unidades de suelo Young y San Manuel

no encontraron relación entre el rendimiento de trigo y los años de agricultura continua. En cada sitio se evaluó el rendimiento alcanzable (definido como el rendimiento obtenido en cada sitio cuando los nutrientes no actuaron como limitantes y se controlaron todos los factores reductores) y el rendimiento actual (el obtenido por cada productor en ese sitio con el manejo correspondiente a la chacra). Esta diferencia estima el rendimiento limitado por la disponibilidad de agua (Cuadro 2).

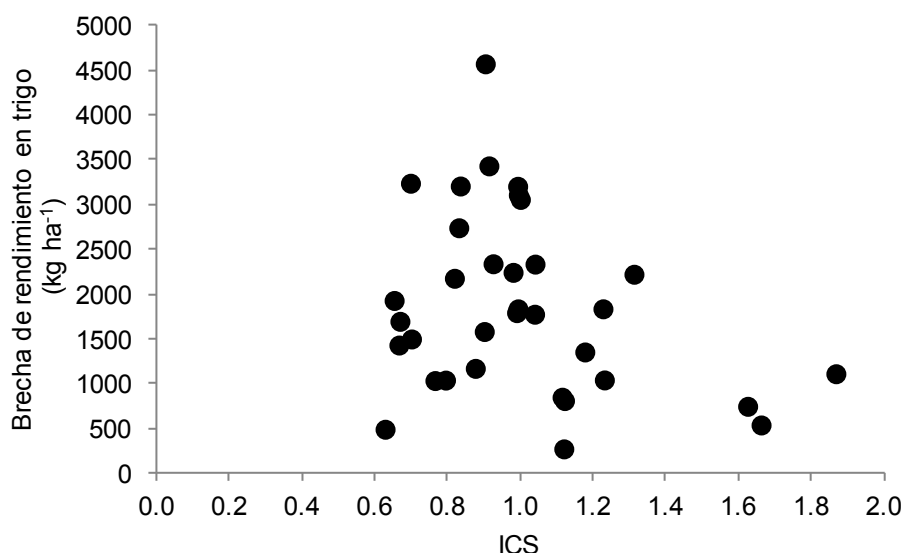
<sup>2</sup> Mazzilli, S. 2010. Análisis de un caso agrícola. Jornada de Cultivos de Invierno FUCREA. <http://www.fucra.org/informacion/index.php?StartPos=42&TypeId=15&ClassId=46>

**Cuadro 2.** Rendimiento alcanzable y actual de trigo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) según años de agricultura a partir de la salida de la última pastura. (Centurión y Chinazzo, 2012)

	Rendimiento pos pastura ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Años de agricultura Media y desvío estándar
Alcanzable	0 a 1	$6055 \pm 1685$
Actual	0 a 1	$4941 \pm 1719$
Alcanzable	2 a 4	$6024 \pm 1101$
Actual	2 a 4	$4788 \pm 1285$
Alcanzable	5 a 6	$5592 \pm 823$
Actual	5 a 6	$3509 \pm 1164$
Alcanzable	7 o más	$6228 \pm 1565$
Actual	7 o más	$4167 \pm 1248$

No se cuantificó efecto de los años de agricultura continua sin laboreo. El rendimiento alcanzable fue similar y en todos los casos superior al actual. Sin embargo, a partir de la caracterización de propie-

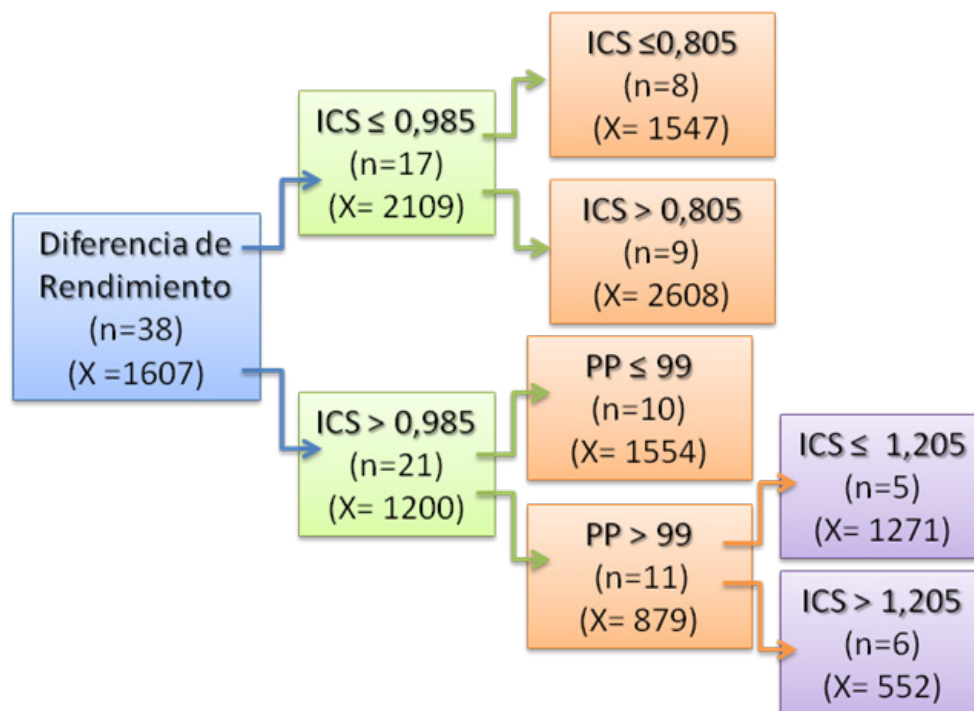
dades físicas, químicas y biológicas de cada sitio, construyeron un índice de calidad de suelo, el cual se relacionó negativamente con la diferencia entre el rendimiento alcanzable y el actual (Figura 3).



**Figura 3.** Regresión lineal entre la diferencia de rendimiento alcanzable y actual (Brecha de rendimiento) en función del Índice de Calidad de Suelo (ICS). (Centurión y Chinazzo, 2012)

El Índice de Calidad de Suelo (ICS) resultó de una combinación lineal positiva de la concentración de carbono del suelo, velocidad de infiltración, potencial de mineralización de nitrógeno y profundidad del suelo. Los resultados indican que cuanto mejor es la calidad del suelo, menor es la diferencia entre el rendimiento alcanzable y el actual, y que al deteriorarse la calidad del suelo, para lograr un rendimiento actual similar, sería necesario incrementar las canti-

dades de nutrientes y controlar de manera efectiva factores reductores del rendimiento. Quiere decir que si bien no se cuantificó un efecto “edad de chacra”, sí hubo efecto “calidad de suelos” aun dentro de suelos definidos como con alta capacidad de uso agrícola. En la Figura 4 se presenta el árbol de clasificación y regresión para la diferencia de rendimiento alcanzable menos actual de trigo en función del, el ICS y variables de manejo y ambiente del cada sitio.



**Figura 4.** Árbol de regresión y clasificación para la brecha entre rendimiento alcanzable y actual (Diferencia de rendimiento) en función del índice de Calidad de Suelo (ICS) y variables de ambiente. ICS= índice de calidad de suelo; PP= mm lluvia durante el período crítico de definición del rendimiento. (Centurión y Chinazzo, 2012)

La diferencia entre el rendimiento que se puede lograr y lo que se está logrando, en promedio fue de 1600 kg/ha, pero varió entre una media de 2000 y 1200 kg/ha cuando el ICS fue menor o mayor a 0,98, respectivamente. Si además de tener una buena calidad de suelo, llueve bien durante el período crítico de definición del rendimiento del trigo (20 días pre-floración más 10 días pos-floración), en ese caso la diferencia fue de solo 500 kg/ha. Esto implica que el rendimiento actual fue dependiente de la calidad del suelo y que para cada suelo el sistema agrícola implementado debería mantener o mejorar las propiedades que definen el ICS o será cada vez más costoso y difícil mantener el rendimiento actual. A nivel internacional son escasas aún las evidencias de que “sutiles” pérdidas de calidad del suelo, no evidentes utilizando indicadores tradicionales como contenido de materia orgánica del suelo, reducen el rendimiento actual en una condición agroecológica dada. Es necesario entender los procesos que generan estas pérdidas de calidad de suelo y las causas de la respuesta vegetal, de manera de no comprometer la capacidad futura de producir alimentos y energía.

## 2020 COMO FUTURO DE HOY

Si incrementar el rendimiento de los cultivos en sistemas agrícolas sin laboreo depende de implemen-

tarlos sobre suelos cuya capacidad de uso lo permite, concretar altos rendimientos depende de mantener la calidad del suelo y esto es dependiente de la intensidad de uso del suelo y de la producción anual de residuos. Imaginamos para el futuro, sistemas agrícolas dispersos y diversos, ubicados en suelos con aptitud agrícola alta y muy alta, con rendimientos muy superiores a los actuales. Y esto es opuesto a empresas grandes con aplicación de paquetes de manejo homogéneos aplicados en suelo con capacidad de uso variable. El desafío para el futuro es mantener los niveles de producción nacional actual, pero afectando sólo la superficie con capacidad de uso para sostener sistemas agrícolas de altos rendimientos. Esta propuesta la definimos como “intensificación sostenible de la agricultura”. Supone que las áreas de mayor aptitud agrícola es donde se pueden lograr los mayores rendimientos y la mayor eficiencia de uso de insumos y energía, y esa es la forma de retroalimentar la sostenibilidad. Esta estrategia permitiría atender una demanda creciente de granos sin necesidad de incorporar nueva superficie, con mayores restricciones y que cumplan otros servicios ecológicos. La intensificación sostenible implica máxima captura de radiación y agua, y en Uruguay esto significa acercarse a dos cultivos por año. Las ineficiencias de los sistemas agrícolas resultan de ineficiencias en la captura de agua y radiación en los períodos largos de barbecho, y en las pérdidas de eficiencia durante los ciclos de

los cultivos determinadas por la aplicación de tecnologías de producción y nutrición de cultivos inadecuadas para el ambiente específico de producción.

## ¿QUÉ ESTAMOS HACIENDO PARA DARLE OPORTUNIDAD AL FUTURO IMAGINADO PARA EL 2020?

### 1. Estrategias para identificar zonas con capacidad de uso diferente

Implementar sistemas agrícolas dispersos, en suelos con aptitud agrícola muy alta dentro del damero de suelos que es posible encontrar dentro de cada predio, supone incorporar una visión de manejo del paisaje en función de su capacidad de uso, algo que ya se hizo en Uruguay aunque no fuéramos conscientes de ello (zonas de cada predio más agrícolas o menos agrícolas, montes naturales, árboles, desagües, campo natural, etc.) y que se fue cambiando por mayoritariamente soja. Para ello es necesario identificar y mapear las “zonas agrícolas” por atributos de suelo que maximicen la varianza entre ellos, de manera de crear “zonas de manejo” con áreas de suelo que se parecen entre sí y separarlos de otras muy distintas. La implementación de este concepto recibe distintos nombres; los más conocidos, agricultura por ambiente y zonas de manejo. La identificación de los mismos puede hacerse con distintas fuentes de información, utilizando un taladro holandés y calicatas, imágenes satelitales, monitores de rendimiento, entre otras. Lo importante es que existe una aceptable concordancia entre el resultado al cual se llega utilizando distintas fuentes de información (Coitiño y Ernst, 2013). Un ejemplo es el trabajo de Bosch y Lecueder (2011),

quienes estudiaron la concordancia entre zonas definidas a partir de atributos del suelo como profundidad, capacidad de almacenar agua disponible, indicadores de fertilidad y zonas definidas a partir de monitores de rendimiento geo-referenciados. Concluyeron que las zonas definidas como con alta capacidad agrícola a partir de la cuantificación directa de atributos del suelo fueron las mismas que las propuestas como “alto rendimiento todos los años” a partir del estudio de la correlación espacial de los datos de rendimiento o el Índice Verde Normalizado (IVDN) en un estadio determinado de cada cultivo. Las zonas de menor potencial definidas por atributos del suelo resultaron en rendimientos variables en función de variables externas como cantidad y distribución de lluvias, por lo que la concordancia fue baja. Por tanto, los atributos del suelo definen la capacidad de uso y la diferencia con establecerlas a partir de imágenes y monitores de rendimiento o hacerlo a taladro, es que para definirlo con monitores de rendimiento, primero hay que sembrar toda la superficie, cosechar y posteriormente identificar las zonas con potencial agrícola. Cuando se las define a partir de un mapa detallado de suelos en lugar de corregir el error, se planifica para no hacerlo.

### 2. Los nutrientes como limitante

La cuantificación de la brecha entre el rendimiento alcanzable y el actual (Centurión y Chinazzo, 2012), indica que el rendimiento de trigo en los sistemas de agricultura continua está limitado por la disponibilidad de nutrientes aun en aquellos sitios en los que fue posible mantener el ICS (Figura 5). Reducir esta brecha es parte de la propuesta de la intensificación sostenible.

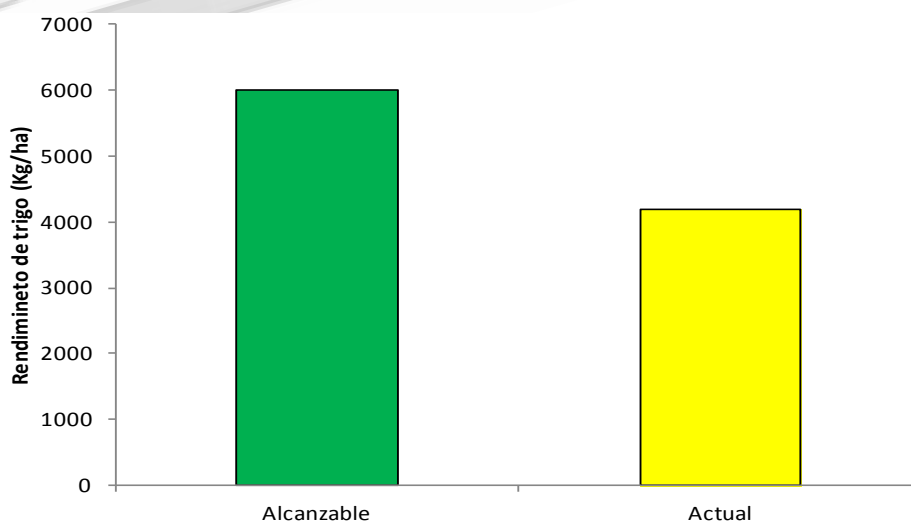


Figura 5. Rendimiento actual de trigo y el alcanzable sin limitaciones de nutrientes. (Centurión y Chinazzo, 2012)

La brecha entre el rendimiento actual y el alcanzable fue de 1623 kg/ha en promedio, pero el trabajo no identifica qué nutrientes fueron responsables de la diferencia. Desde hace 3 años se están ejecutando proyectos que incluyen experimentos en red sobre respuesta y estrategias de fertilización nitrogenada, potásica y azufrada en trigo, soja, cebada y maíz en distintos suelos e intensidades de uso. Los mismos permitirán revisar los criterios actuales de fertilización, adecuándolos a cambios en los cultivares, sistemas de producción y rendimientos alcanzables.

### **3. El agua como insumo**

La mayoría de la superficie agrícola de Uruguay se realiza limitada por la disponibilidad hídrica que impone la cantidad y distribución de las lluvias y la capacidad de almacenar agua disponible de los suelos. Pensar en el agua como insumo supone definir que parte de la captura de agua se hace fuera del sitio de producción y/o ciclo del cultivo.

Giménez (2012), estimó que el rendimiento potencial de maíz en Paysandú se ubica, dependiendo de la radiación de cada año, entre 13 y 15,5 Mg/ha; el de soja entre 4,9 y 7,3 Mg/ha y el de sorgo grano entre 10,5 y 13,4 Mg/ha. A su vez, cuantificó que las pérdidas de rendimiento por deficiencia hídricas durante el período crítico de definición del rendimiento se ubican entre 40 y 50% del rendimiento potencial en maíz y soja, y entre 29 y 34% en sorgo grano. Para suelos con 80 mm de capacidad de almacenar agua disponible, pero con buena capacidad de uso agrícola por su fertilidad y topografía, Mazzilli (s/p3) estimó para una serie de 30 años, pérdidas promedio de rendimiento atribuibles a deficiencias hídricas de 1200, 6700, 5400, 2400 y 1700 kg/ha de trigo, maíz de primera, maíz de segunda, soja de primera y soja de segunda respectivamente. Cuantificación del rendimiento alcanzable con distintas estrategias de riego, ajuste del paquete tecnológico, calibración y validación de modelos de simulación como herramientas para la toma de decisiones son temas de proyectos en marcha dentro de esta temática. La existencia activa del Grupo de Desarrollo del Riego y políticas públicas que ponen en discusión el tema y promueven su implementación son promotores y justificación adicional para un trabajo fuertemente cuestionado hasta no hace mucho tiempo.

### **4. Biocombustibles como oportunidad para sistemas agrícolas**

El 2020 plantea el desafío de producir energía a partir de productos agropecuarios, lo que genera el dilema entre producción de granos para alimentos contra energía. A su vez, los rastrojos de cultivos

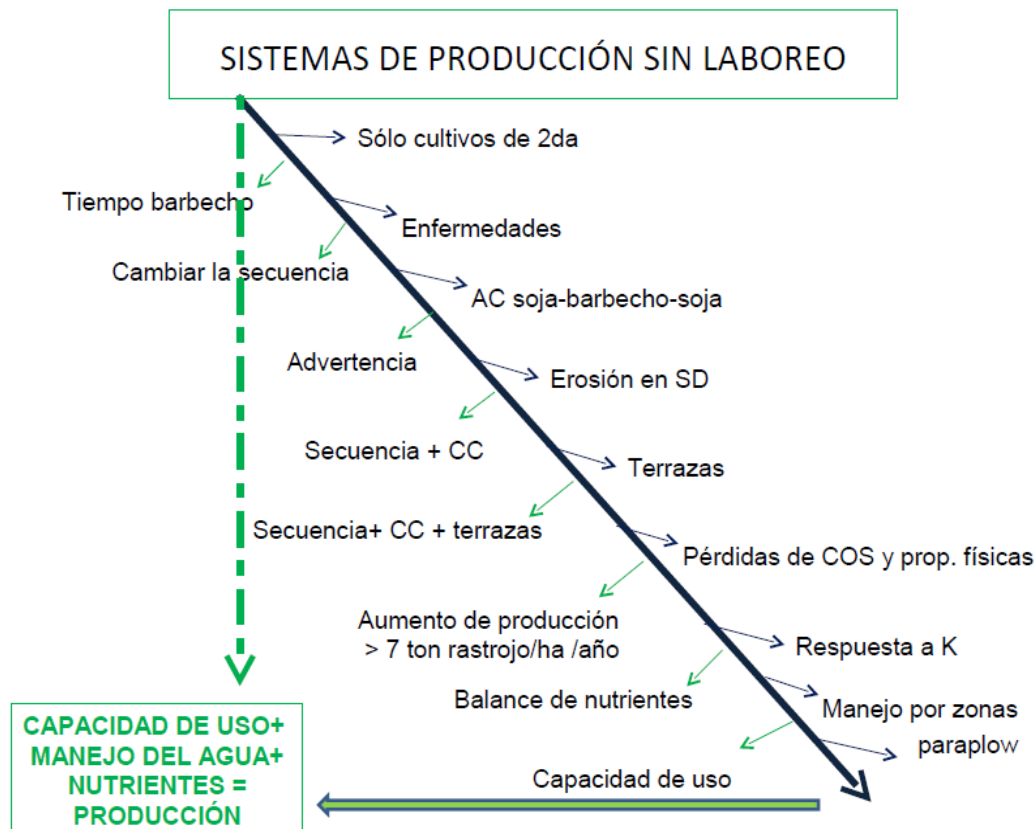
considerados como subproductos del proceso de producción de granos, plantean la posibilidad de producir energía a partir de algo que hoy está “tirado en el campo sin valor comercial”, lo que implica el dilema de calidad de suelo contra energía para biocombustible. A este nuevo escenario lo visualizamos como una oportunidad de producir energía a partir de la fijación de carbono por fotosíntesis en cultivos perennes estivales de altísima producción en suelos con capacidad de uso agrícola limitado. En esta propuesta se plasma el manejo del paisaje en función de la capacidad de uso del suelo. Siembra de cultivos en franja, produciendo energía en zonas que hay que proteger, dejando lo que se denomina “los corredores de vida”, teniendo zonas de amortiguación como alternativa a sembrar con un solo cultivo, situaciones con potenciales y limitantes de uso muy diferentes. Desde el 2008 están en marcha en la EEMAC experimentos de largo plazo que evalúan la producción y manejo de estas alternativas y sus posibles efectos sobre la calidad del suelo y el balance de nutrientes.

## **RESUMIENDO**

En la Figura 6 se resume sobre la línea punteada, la trayectoria objetivo planteado a inicios de la década de 1990.

En la línea continua inclinada, nuestra visión de la trayectoria seguida por los sistemas agrícolas desde 1999 al 2012. En las flechas que salen de ella hacia la derecha, los problemas que se fueron generando y se transformaron en demandas del sector al sistema de investigación e innovación nacional. En las flechas que salen hacia la izquierda de la línea continua, las soluciones propuestas desde la generación de tecnologías para mitigar los problemas que el propio sistema fue generando. El diagrama trata de dar la idea de que la fuerza de las flechas hacia la derecha fueron venciendo la de las que salen hacia la izquierda, por lo que el sistema se fue desviando de la trayectoria objetivo. En 1999 la siembra directa solo se hacía en los cultivos de segunda porque no se lograban buenos resultados de producción en los cultivos de primera ni en los de invierno cabeza de rotación. La respuesta fue ajustar el tiempo de barbecho a la limitante principal del momento, el control de gramilla. Implementado este cambio, surgieron los problemas de enfermedades en los sistemas agrícolas porque al eliminar el laboreo sin modificar la secuencia de cultivos el propio cambio generó el problema. La propuesta fue cambiar la secuencia para lograr resolver





**Figura 6.** Diagrama interpretativo de la trayectoria seguida por los sistemas agrícolas 1999 - actualidad, los problemas generados, las soluciones propuestas y la distancia entre el “futuro imaginado” y la visión de la realidad 2012.

este problema. Por distintas circunstancias, el sistema pasó de agricultura rotando con pasturas a agricultura continua dominado por la secuencia soja/ barbecho/ soja. La respuesta fue plasmada en la advertencia contenida en el artículo “*Uruguayizando argentinos*”. Mirando a través de la *ventanilla* empezamos a ver erosión en siembra directa, la respuesta fue: cambiemos la secuencia por las enfermedades, pero si no hay cultivo hay que sembrar cobertura. Aparecieron las terrazas como estrategia, y la respuesta fue: *las terrazas ayudan, pero la cobertura manda*. La solución implica secuencias de cultivos, cultivos de cobertura, más terrazas. Comenzó a cuestionarse la efectividad de la siembra sin laboreo como estrategia para mantener la fertilidad del suelo. Aparecieron pérdidas de carbono y de propiedades físicas. La respuesta fue: *esto pasa porque producimos poco, si no dejamos al menos 7 toneladas/ha/año de rastrojo vamos a tener pérdidas de carbono y compactación*. Surgieron deficiencias de potasio, como consecuencia de no respetar el balance de nutrientes en sistemas intensivos de agricultura. Y la propuesta de diferenciar “zonas de manejo” que es lo mismo que decir capacidad de uso, implica ajustar el sistema a la capacidad de uso del suelo y no solo agregar insumos de manera diferencial según la expectativa de rendimiento y la limitante de nutrición identificada.

Así se generó la brecha entre el futuro imaginado y la realidad. Imaginamos eliminar el efecto “años de agricultura” la erosión y oxidación de MO del suelo y para ello sigue válida la misma propuesta: adecuación del sistema de producción a la capacidad de uso del suelo, a lo que hoy se le suma, el logro de la máxima producción posible por unidad de superficie y tiempo como estrategia necesaria para que el no laboreo sea una herramienta efectiva para lograr el objetivo. La información que hay generada en Uruguay hoy es concluyente a nivel nacional, aunque seguramente hay predios que pueden estar en una situación distinta. Mirando el país como un potrero grande, el sistema agrícola no es sostenible en el tiempo y las tecnologías que se han propuesto para mitigar los problemas que aparecen tienen muy baja adopción.

“...La naturaleza trata la tierra benignamente. El hombre la trata brutalmente, ...vierte la fertilidad año tras año sobre las ciudades, las cuales, en recompensa de lo que dejan aprovechar, mandan los residuos a los ríos del océano... Este terrible proceso destructivo podrá ser disculpable en una civilización joven pero ya no admite disculpas en los Estados Unidos del año 1938... Sabemos lo que podemos hacer y estamos empezando su ejecución... el público está despertando justamente a último momento. Dentro de 30 años sería demasiado tarde” (Dr. Henry A. Wallace, 1938).

En Uruguay, tenemos diagnosticada una grave enfermedad de los sistemas agrícolas actuales, se ha reconocido la causa y sus consecuencias, y se sabe cuál es la medicina. Denunciar el presente, es decir que la producción agrícola creció en un esquema de expansión, sin cambios en el rendimiento medio actual de los cultivos, con un número muy bajo de empresas productoras, con alta extranjerización, con aplicación de tecnologías de insumos homogéneas,

en zonas muy heterogéneas en recursos y en rendimientos alcanzables. La pérdida de calidad de suelo implicará costos crecientes y dificultades para mantener los niveles actuales de producción, por lo que se hacen altamente dependientes de los precios de insumos y productos para poder mantenerse. Modificar esta tendencia es clave para lograr un país productivo y sostenible.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Bosch, F.; Lecueder, F. 2011.** Relación entre el rendimiento de soja de segunda y la variación espacial de los atributos edáficos dentro de una misma chacra. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 66 p.
- Centurión, H.; Chinazzo, M.V. 2012.** Rendimiento alcanzable en trigo en función de los años de agricultura: relevamiento de chacras. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Uruguay.
- Díaz, R.M.; García, F.; Bozano, A. 1980.** Dinámica de la disponibilidad de nitrógeno y las propiedades físicas del suelo en rotaciones de pasturas y cultivos. MGAP, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", Estación Experimental La Estanzuela. Miscelánea (CIAAB), 24, p.1-25.
- Ernst, O. 2003.** Uruguayizando argentineses. Cangüé, 24: 27-30.
- Ernst, O.; Coitiño, J. 2013.** Zonas de producción: atributos edáficos y respuesta al manejo. Estudio de casos. Cangüé 33: 9-13.
- Ernst, O.; Guido, R. Iewdiukov, A. 1990.** Laboreo de suelos para trigo. Documentos No 2 Montevideo. Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni".
- Ernst, O.; Siri Prieto, G. 2009.** Impact of perennial pasture and tillage systems on carbon input and soil quality indicators. Soil & Tillage Research. 105: 260-268.
- Ernst, O.; Siri Prieto, G. 2010.** Manejo del suelo y rotación con pasturas: efecto sobre la calidad del suelo, el rendimiento de los cultivos y el uso de insumos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 45: 22-26.
- Ernst, O.; Siri Prieto, G.; Cadenazzi, M. 2009.** Influence of Crop-Pasture Rotation and Tillage System on Yields of Wheat, Soybean, Barley, Sorghum and Sunflower in Uruguay. Journal of Agricultural Machinery Science 53: 253-262.
- Fernández, E; Andregnette, B. 2004.** Sostenibilidad económica de los sistemas mixtos y de agricultura continua. En: Sustentabilidad de la intensificación agrícola en el Uruguay. Actividades de difusión No 365 INIA la Estanzuela. pp 39-43.
- Giménez, L. 2012.** ¿Cuánto estamos perdiendo por no regar cultivos en Uruguay? En: Riego en cultivos y pasturas. 2do Seminario Internacional. Salto. Uruguay, p. 33- 43.

