



CREA Norte de Bs. As.

INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA.

Evaluación de la Intensificación de los sistemas productivos en el Crea Norte de Bs. As. Resultado físico y económico y su relación con el uso de los recursos

- Plan Nacional AACREA y Plan Zonal NBA- Campañas 2010-11, 2011-12 y 2012-13-

1) Introducción:

Durante las campañas 2008/09, 2009/10 y 2010/11, la zona NBA evaluó alternativas de dobles cultivos y monoculturas como punto de partida de un proceso de intensificación de los sistemas productivos sobre el eje de una hipótesis de trabajo: es posible modificar la secuencia tradicional en tercios, mayoritariamente en uso en campos propios de la Zona Norte de Buenos Aires, con el objetivo de aumentar la captura y uso de recursos y con ello la producción, generando balances de carbono más positivos que eleven la productividad de los suelos en el tiempo y que a la vez generen un mejor resultado económico medido a través del margen bruto agrícola promedio. En este sentido, evaluamos la captura y uso de recursos y la productividad por parte de monoculturas y dobles cultivos armados a partir de distintas combinaciones de invernales y estivales. Determinamos diferencias importantes y consistentes en la captura y posterior uso de recursos y con ello en el rendimiento y en el aporte de rastrojos al sistema, entre planteos de monocultivos y dobles cultivos. A su vez, confirmamos a partir de los antecedentes de las campañas 2008-09 y 2009-10 que secuencias de dobles cultivos conformados por diferentes especies, difieren en la captura y uso de recursos y por consiguiente en la productividad del cultivo de invierno, del cultivo de segunda y sobre el total de la secuencia. La complementariedad entre especies invernales evaluadas y la soja de segunda fue significativamente distinta. Los resultados generados sobre dispositivos en condiciones extensivas de campo son contundentes en la forma en que los distintos sistemas utilizan los recursos (radiación, agua y nutrientes). En una segunda etapa del proceso de intensificación, pudimos evaluar el impacto de la historia previa (efecto de los cultivos antecesores) sobre la captura y uso de recursos y su efecto sobre la productividad de los cultivos que siguieron en la secuencia bajo evaluación. Cuantificamos de manera significativa y consistente que, el o los cultivos que precedieron a la secuencia

bajo evaluación (trigo/soja), modificaron la captura y eficiencia de uso de los recursos agua, radiación y nitrógeno y con ello el rendimiento y el aporte de rastrojos al sistema.

A partir de aquí y habiendo cuantificado las dos primeras etapas del proceso de intensificación se nos presentó la posibilidad de cuantificar los efectos de los distintos niveles de intensificación y especies evaluadas hasta la fecha sobre las propiedades del suelo y con ello sobre la productividad del cultivo siguiente bajo un objetivo general que apunta a esclarecer aspectos funcionales de los sistemas productivos intensificados tratando de comprender los factores que comandan el funcionamiento de esos sistemas. Esta señal, de baja intensidad, nos obligó a plantear un sistema que pudo amplificar esas diferencias. Maíz en fecha de siembra temprana y con un manejo de la nutrición particular fue el mejor dispositivo para capturar los cambios generados en el ambiente y poder predecir el sentido de dichos cambios que ocurren en el suelo sobre el potencial productivo y estabilidad (capacidad buffer) de los mismos. En este sentido se planteó el **siguiente objetivo**:

Evaluar el rendimiento, la productividad y el uso de recursos por parte de un cultivo simple de maíz bajo un dispositivo uniforme sobre las rotaciones evaluadas durante las pasadas campañas que difirieron en la cantidad y especies cultivadas.

Este nuevo objetivo se apoya en la siguiente **hipótesis de trabajo**:

- Las diferencias, cambios ocurridos en el suelo -sus propiedades físicas y químicas, pueden trasladarse a los cultivos siguientes modificando la captura y la eficiencia en el uso de los recursos disponibles y con ello la productividad

2) Materiales y métodos:

Se sembró maíz bajo un dispositivo común para todas las parcelas (Cuadro 1) en fecha de siembra convencional con un modelo tecnológico del cultivo específico para esta línea de trabajo (Cuadro 2) sobre las parcelas ya definidas en las campañas anteriores, en tres campos de la Zona Norte de Buenos Aires, uno por subzona (B1, B2, B3) donde fueron evaluados en la primer etapa monocultivos y dobles cultivos y en una segunda etapa una secuencia y manejo común, trigo/soja.

Tratamiento	Campaña 2010-11	Campaña 2011-12	Campaña 2012-13
1	Colza/Soja	Trigo/soja	Maíz
2	Trigo/Soja	Trigo/soja	Maíz
3	Cebada/soja	Trigo/soja	Maíz
4	Arveja/Soja	Trigo/soja	Maíz
5	Arveja/Maíz	Trigo/soja	Maíz
6	Maíz	Trigo/soja	Maíz
7	Soja1°	Trigo/soja	Maíz

Cuadro 1: cultivos conducidos bajo la propuesta de trabajo con duración de tres campañas.

El híbrido de maíz utilizado fue DK 747 MGRR (DK 692 MGRR en uno de los ensayos) sembrados entre el 15/9 y el 30/9 con un manejo de herbicidas e insecticidas acorde a sistemas de alta productividad zonal.

El manejo de la fertilización del sistema productivo bajo evaluación fue uniforme con un modelo de N total (suelo + fertilizantes) de 100±5 kg/ha y una fertilización fosforada de 70 kg/ha Map, con el objetivo de capturar las señales provocadas por los cambios en el suelo como consecuencia de la historia previa de cada parcela.

La fertilización nitrogenada se realizó a partir de resultados de análisis de suelo 0-20, 20-40 y 40-60 de cada una de las parcelas quedando planteada al momento de la siembra, utilizando urea como fuente nitrogenada y siendo incorporada con la sembradora o barra fertilizadora al momento de la siembra.

El manejo de la fertilización fosforada fue a dosis fija para todas las parcelas aportando 70 kg/ha de MAP a la siembra.

Manejo del cultivo de Maíz:

Campo	Localidad	SerieSuelo	Hibrido	FechaSbra(Emerg)	Fert Fosf	Ntotal	Herbicidas*
La Teresa	Perez Millán	Ramallo	DK 692 MGRR	28/9 (12/10)	70 MAP	95-105	1.5 kg Ultra max+ 1.3L metolaclor+ 0.6L 2,4d +1 sulfato amonio
La Lucila	Urquiza	Urquiza	DK 747 MGRR	15/9 (2/10)	70 MAP	100-105	2L glifo+ 1.3Lmetolaclor+ 1 kg atrazina+ 0.5L 2-4d
La Libertad	Junín	Rojas	DK 747 MGRR	23/9 (10/10)	70 MAP	100	2L glifo+1.5 G90+ 0.7 2-4d+ 1.2 metolaclor

* Repaso con Glifosato 2 a 3 L/Ha en V6

Cuadro 2: Campo, localidad de referencia, serie suelo, híbrido utilizado, fecha de siembra y emergencia, fertilización fosforada y nitrogenada y paquete de herbicida utilizado.

2.1) Determinaciones:

Se llevó el registro de la fecha de siembra, fecha de emergencia, estados fenológicos relevantes y madurez fisiológica de los cultivos, así como el registro de labores e insumos utilizados.

A la siembra y a la madurez fisiológica de los cultivos se midió el contenido de agua hasta 1.8 metros de profundidad fraccionando el muestreo cada 20 cm.

Se registraron las precipitaciones en planillas de registro diarios. A partir de estos datos y con la curva número correspondiente a esa serie de suelo, se estimó el consumo de agua de los cultivos por el método de balance hídrico.

Junto con la determinación de humedad del perfil previo a la siembra de maíz, se llevó a cabo el muestreo y análisis de suelo en cada una de las parcelas evaluadas. Se tomaron muestras de 0-20 sobre las que se determinó, contenido de N-NO₃ y carbono liviano. En profundidad (20-40 y 40-60) sólo se hicieron determinaciones de N-NO₃. Las muestras fueron enviadas a un mismo laboratorio.

Se determinó la densidad de plantas logradas a través del recuento del número total de plantas en 6 segmentos de 2m de longitud cada uno.

Durante todo el ciclo y cada 10-15 días fue medida la proporción de radiación interceptada por el canopeo utilizando un radiómetro de barra (Cavadevices).

En estadíos tempranos la interceptación fue estimada por un software para determinar cobertura (APS Assess) sobre fotos tomadas al azar por tratamiento. La radiación total acumulada fue calculada a partir de los

porcentajes de intercepción medidos y los valores de radiación diarios registrados en casilla meteorológica de la localidad de referencia.

A la floración de los cultivos y con un medidor Minolta Spad-502 fue calculado el índice relativo de actividad fotosintética como promedio de 20 plantas realizando las lecturas sobre las hojas de la espiga y ± 1 .

A madurez de los cultivos, se cortó la biomasa aérea en tres repeticiones de 3 plantas cada una para estimar materia seca. Las muestras fueron secadas en estufas y pesadas con balanza de precisión (0.5 grs). A partir de esto, fue calculado el índice de cosecha y el aporte de rastrojos.

Previo a cosecha y en 6 estaciones, se determinó el número de plantas y espigas a cosecha.

La cosecha y determinación de rendimiento sobre todas las parcelas fue mecánica, dejando los bordes fuera de la evaluación. Se tomó una muestra de grano para unificar humedades y cuantificar los componentes de rendimiento.

Sobre muestras de grano y rastrojo, se realizará un análisis de nutrientes: nitrógeno, fósforo y azufre. A partir de esto se calculará la extracción de nutrientes realizada por los distintos cultivos.

Al estado de V5 del cultivo de maíz, previo al repaso con glifosato, se realizó un relevamiento de la comunidad de malezas y determinación de la frecuencia relativa de las mismas en cada una de las parcelas.

3) Resultados:

3.1) Precipitaciones durante el ciclo de los cultivos de Maíz, agua a la siembra, nitrógeno y carbono liviano.

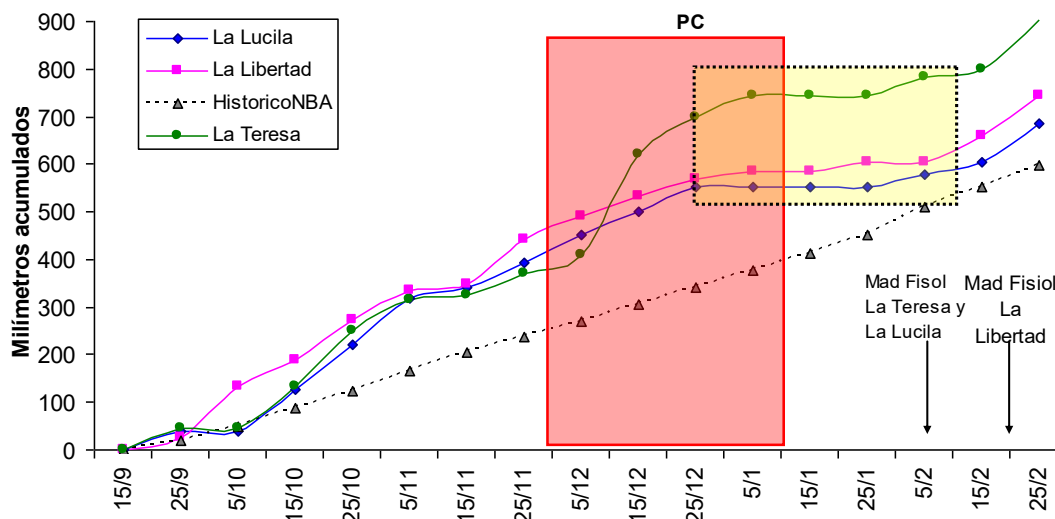


Figura 1: precipitaciones acumuladas durante el ciclo de los cultivos de maíz en los tres campos donde se condujeron los ensayos y promedio de la serie histórica 71-12 de San Pedro, Pergamino y Junín como representativa de Norte Bs As.

Las precipitaciones se caracterizaron por ser similares al promedio de la serie histórica en sus primeros estadios vegetativos (emergencia a V3) y muy por sobre la media en la mayor parte de la etapa vegetativa (V4 a VT). Durante gran parte del período crítico, las lluvias continuaron por encima de la histórica (150 mm en La Lucila y La Libertad y 370 mm en La Teresa vs

histórica de 100 mm) esto permitió sortear el período hasta madurez fisiológica sin registros de lluvia (Figura 1) y permitir completar en buena medida el llenado de los granos.

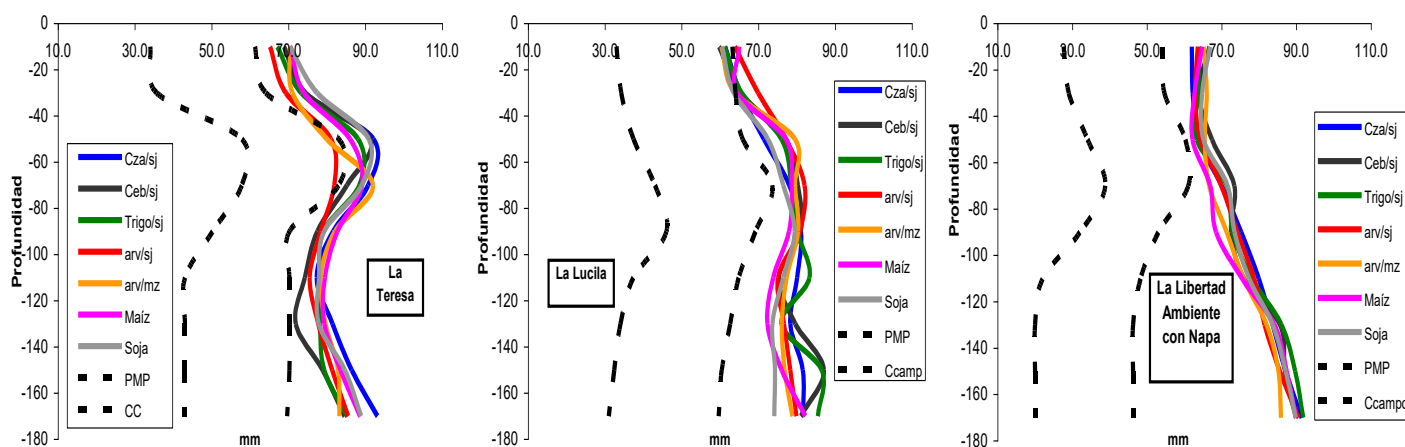


Figura 2: perfiles de humedad en milímetros a la siembra de los cultivos de maíz para cada secuencia en los tres ensayos.

En todos los casos se partió con los perfiles por sobre capacidad de campo y con presencia de napa en el campo La Libertad. Las lluvias de agosto y primera quincena de septiembre estuvieron entre los 200 y 300 milímetros generando perfiles de suelo con humedades por sobre capacidad de campo y el ascenso de la napa en el campo La Lucila al momento de la medición. No se observaron diferencias en el contenido de agua inicial entre las secuencias evaluadas (Figura 2).

Nitrógeno y carbono liviano a la siembra de los cultivos:

1° Campaña	2° Campaña	Carb Liviano %	N Sbra kg/ha
Arv/mz	Trigo/soja	2.45	31
Soja	Trigo/soja	2.22	31
Arv/soja	Trigo/soja	2.17	35
Maíz	Trigo/soja	2.15	31
Trigo/soja	Trigo/soja	1.98	34
Ceb/soja	Trigo/soja	1.98	31
Cza/soja	Trigo/soja	1.88	32
Probabilidad		0.47	0.51
DMS 5%		0.59	5
Interacción Campo x Antecesor		0.56	0.57

Cuadro 3: carbono liviano (sobrenadante) 0-20 cm y nitrógeno a la siembra 0-20+20-40+40-60 cm. para cada una de las secuencias evaluadas

No se cuantificaron diferencias significativas en los valores de carbono liviano medidos de 0-20 cm y el contenido de nitrógeno al momento de la siembra de los cultivos de maíz tampoco difirió entre tratamientos. No hubo interacción de estas variables entre campo y antecesor (Cuadro 3). Se observa una tendencia en los valores de carbono liviano asociados a la relación gramíneas/leguminosas de cada una de las secuencias evaluadas.

3.2) Relaciones funcionales:

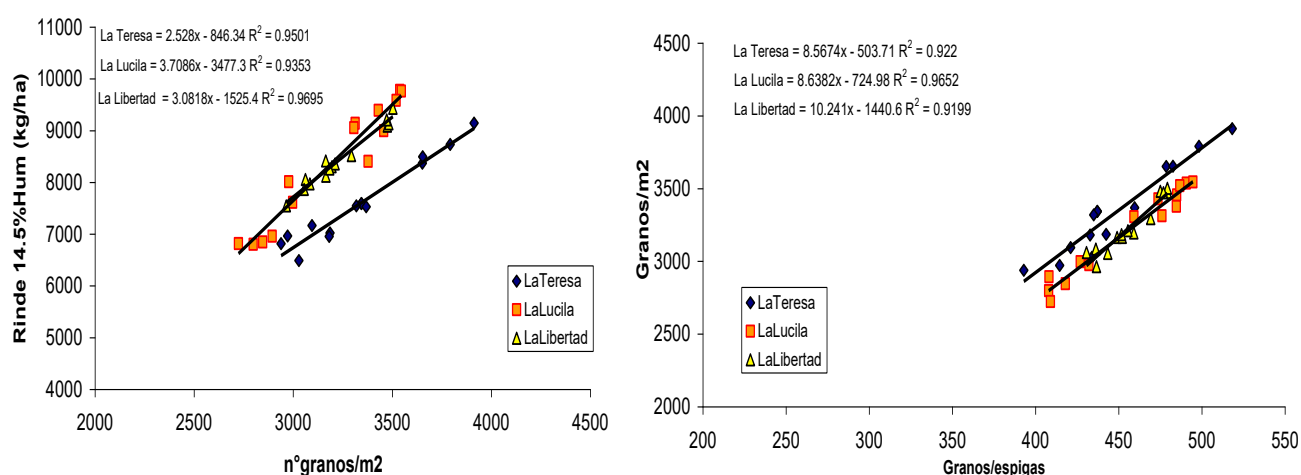


Figura 3: relación entre: izq) el rendimiento a humedad comercial y el componente n°granos/m² y der) el componente n° granos y el subcomponente granos/espiga diferenciado entre campos.

Las diferencias en rendimiento entre los tratamientos evaluados estuvieron asociadas claramente en los tres ensayos al n° de granos/m² fijados en cada situación. El rendimiento estuvo positiva y fuertemente asociado al n° granos/m² fijado en cada uno de los tratamientos evaluados, explicando entre 93% y un 97% la variabilidad de los rendimientos de los cultivos de maíz siendo consistente en los tres ensayos (Figura 3, izq) y reflejando una estrecha relación entre las condiciones que definieron los distintos antecesores junto al clima, alrededor de floración. El n° granos/espigas cosechados fue el subcomponente que explicó la mayor proporción de la variabilidad en el n° granos/m² cosechados, entre el 92 y 96%, consistente en los tres campos (Figura 3, der). El peso de 1000 granos explicó una proporción menor de la variabilidad observada en los rendimientos de los cultivos de maíz.

3.3) Análisis del Rendimiento:

VARIABLE	DF	SS	%SCT	MS	F	P
CAMPO (A)	2	6128326	16.9	3064163	8.5	0.0020
ANTECESOR (B)	6	2.03E+07	55.9	3379601	9.38	0.0000
A*B	12	2337798	6.4	194816	0.54	0.8636
RESIDUAL	21	7567617	20.8	360363		
TOTAL	41	3.63E+07	100.0			

Cuadro 4: análisis de varianza del rendimiento logrado por los cultivos de maíz para los 7 antecesores evaluados en los 3 campos.

Se observan diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de los cultivos de maíz como consecuencia de los distintos cultivos que lo antecedieron ($p=0.000$). No se observó interacción entre esta variable y la localidad ($p=0.864$) demostrando la consistencia de los resultados en los tres ensayos evaluados. Para destacar, más del 60% de la variabilidad de los rendimientos están explicados por el efecto del cultivo antecesor (Cuadro 4).

Resultados promedio de campos: rendimiento y componentes

Antecesoros								
1° Campaña	2° Campaña	Rinde (kg/ha)	Granos/m ²	P1000 (grs)	Espigas/10m ²	Granos/esp	Plantas/10m ²	Prolific
Arv/soja	Trigo/soja	9196 a	3613	255.3	73.4	492	73.2	1.00
Soja	Trigo/soja	9093 a	3554	256.1	73.5	483	73.3	1.00
Trigo/soja	Trigo/soja	8050 b	3212	250.5	71.8	447	72.2	0.99
Cza/soja	Trigo/soja	7989 b	3209	248.6	72.2	445	73.1	0.99
Ceb/soja	Trigo/soja	7822 bc	3128	249.7	71.6	437	72.3	0.99
Maíz	Trigo/soja	7706 bc	3127	247	70.9	441	72	0.98
Arv/mz	Trigo/soja	7122 c	2960	240.9	69.3	427	71.2	0.97
Probabilidad		0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
DMS 5%		720	185	11.6	1.5	21	1.1	0.02
Interacción Campo x Antec		0.86	0.39	0.96	0.46	0.09	0.37	0.41

Cuadro 5: rendimiento a 14.5% humedad, componentes y sub componentes para cada una de los cultivos de maíz diferenciados entre las distintas secuencias evaluadas en las dos campañas previas, como promedio de los tres ensayos. Se presenta el valor de probabilidad, la DMS al 5% y el valor de probabilidad de la interacción Campo x Antecesor.

La distribución de los rendimientos de los tratamientos fue consistente entre campos, los cultivos de maíz que presentaron mayores rendimientos fueron los planteados sobre las secuencias Arveja/soja - Trigo/soja y, Soja – Trigo/soja (la rotación de tercios) con diferencias muy marcadas respecto del resto de las secuencias evaluadas que tuvieron dentro del armado una cantidad mayor de gramíneas. En este grupo se destacan por lograr los menores rendimientos de maíz las secuencias Maíz – Trigo/soja y arveja/maíz – Trigo/soja.

El efecto de los cultivos antecesoros sobre el rendimiento de los cultivos de maíz alcanzó su valor máximo promedio de 2074 kg/ha (23%). Las diferencias en rendimiento estuvieron estrechamente explicadas por un mayor número de granos cosechados, asociado fundamentalmente a una mayor cantidad de granos/espiga fijados y en menor medida a una mayor cantidad de espigas cosechadas. También hubo efecto sobre el peso de los granos (Cuadro 5). Sólo el 15% de las diferencias observadas en la cantidad de granos fijados estuvo explicado por cambios en el logro del cultivo debido a efectos directos de los rastros sobre el logro del stand de plantas (plantas ausentes y/o plantas dominadas). El 85% restante de las diferencias en n° granos cosechados tuvo que ver con el estado de los cultivos durante el período crítico para la definición del rendimiento asociado a situaciones nutricionales diferentes generadas a partir de la historia previa de la rotación.

Resultados promedio de campos: Biomasa e Índice Cosecha

Las diferencias en rendimiento estuvieron explicadas por aumentos en la producción de materia seca total (entre un 75 y un 80%) y no por cambios en el índice de cosecha (Cuadro 6, Figura 4). La historia previa modificó la cantidad de materia seca producida donde se destacaron los cultivos de maíz planteados sobre las secuencias arveja/soja trigo/soja y soja^{1°} trigo/soja, siendo la secuencia arveja/maíz trigo/soja la que generó cultivos de maíz con menor producción de materia seca total. La partición de los cultivos de maíz a rendimiento presentó una leve tendencia sin alcanzar la significancia estadística, siendo consistente entre campos (Cuadro 6).

Antecesores			
1° Campaña	2° Campaña	Materia seca Total kg/ha	Ind Cosecha %
Arv/soja	Trigo/soja	16097 a	48.9
Soja	Trigo/soja	16060 a	48.5
Trigo/soja	Trigo/soja	14451 b	47.7
Cza/soja	Trigo/soja	14376 b	47.4
Ceb/soja	Trigo/soja	14099 b	47.4
Maíz	Trigo/soja	14267 b	47.1
Arv/mz	Trigo/soja	12922 c	46.2
Probabilidad		0.00	0.81
DMS 5%		877	4
Interacción Campo x Antecesor		0.24	0.99

Cuadro 6: materia seca total en kg/ha e índice de cosecha en % para cada uno de los tratamientos evaluados como promedio de los ensayos y bloques. Se presenta el valor de probabilidad la diferencia mínima significativa (DMS al 5%) y el valor de probabilidad de la interacción Campo x Antecesor.

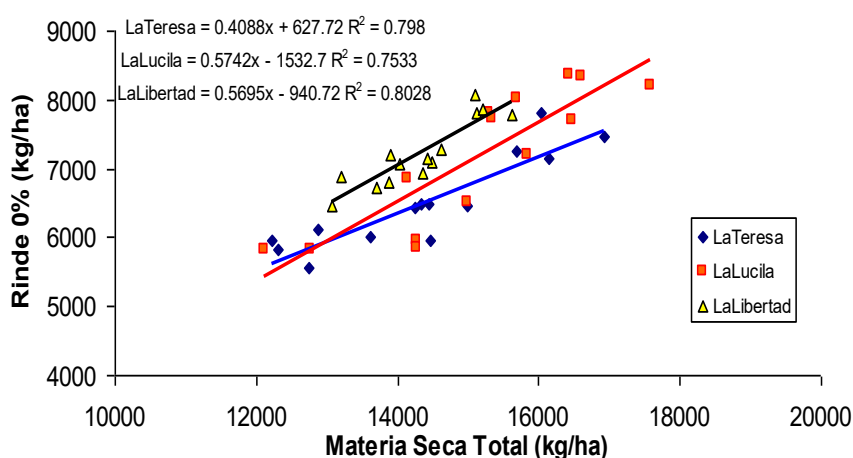


Figura 4: relación entre la producción de materia seca total y el rendimiento seco (0% humedad) diferenciado entre campos.

3.4) Captura de recursos y eficiencia de uso en los cultivos de Maíz:

a) Radiación y la Eficiencia de Uso (EUR):

SOURCE	DF	SS	%SCT	MS	F	P	SOURCE	DF	SS	%SCT	MS	F	P
CAMPO (A)	2	821118	77.9	410559	236.6	0.000	CAMPO (A)	2	5.56475	54.8	2.78237	30.1	0.000
ANTECESOR (B)	6	186958	17.7	31159.7	18.0	0.000	ANTECESOR (B)	6	1.82419	18.0	0.30403	3.3	0.019
A*B	12	8912.57	0.8	742.714	0.4	0.934	A*B	12	0.83092	8.2	0.06924	0.8	0.692
RESIDUAL	21	36448.5	3.5	1735.64			RESIDUAL	21	1.94069	19.1	0.09241		
TOTAL	41	1053437	100.0				TOTAL	41	10.1605	100.0			

Cuadro 7: análisis de varianza para: izq) el recurso radiación acumulado en el ciclo y der) la eficiencia en el uso de radiación para rendimiento en grano 0% (EUR) en kg/Mj.

Se observan diferencias significativas en la captura del recurso radiación según cultivo antecesor. El cultivo antecesor, no sólo tuvo efecto sobre la captura del recurso, sino que también sobre la eficiencia con que ese recurso fue transformado a rendimiento (EUR) (Cuadro 7).

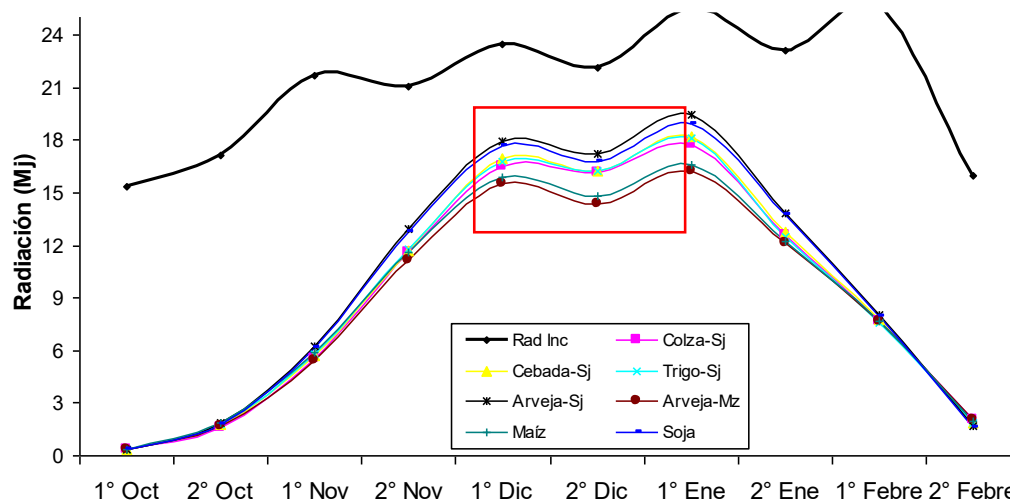


Figura 5: valores de radiación incidente (negro) e interceptada en megajoules por los distintos planteos como promedio de localidades y bloques.

Antecesores		Radiación Acumulad Mj		Efic Uso Rad
1° Campaña	2° Campaña	Ciclo	PeríodoCrítico	Rinde 0% (kg/Mj)
Arv/soja	Trigo/soja	1461 a	729 a	5.47 a
Soja	Trigo/soja	1430 a	716 a	5.43 a
Ceb/soja	Trigo/soja	1359 b	689 b	4.95 b
Trigo/soja	Trigo/soja	1353 b	687 b	5.13 ab
Cza/soja	Trigo/soja	1335 bc	675 b	5.13 ab
Maíz	Trigo/soja	1293 cd	632 c	5.13 ab
Arv/mz	Trigo/soja	1254 d	609 d	4.87 b
Probabilidad		0.00	0.00	0.02
DMS 5%		50	20	0.36
Interacción Campo x Antecesor		0.93	0.98	0.69

Cuadro 8: radiación acumulada en todo el ciclo del cultivo, durante el período crítico ($R1 \pm 20$ días) en Mj, y la eficiencia de uso de la radiación para rendimiento (EUR) en kg /Mj para el set de datos de trigo.

Los cultivos de maíz que capturaron mayor cantidad del recurso radiación fueron los planteados sobre la secuencias arveja/soja trigo/soja y soja 1° trigo/soja cuantificado durante el período crítico para fijar grano como durante todo el ciclo. Estas secuencias además de capturar mayor cantidad de radiación, fueron las que presentaron mayores valores en la eficiencia de uso del recurso. Por otro lado, los cultivos de maíz sembrados sobre las secuencias maíz trigo/soja y arveja/maíz trigo/soja fueron los que presentaron menor cantidad de recurso capturado y con menores valores de eficiencia de uso en esta última secuencia (Figura 5, Cuadro 8), en una clara y estrecha relación con los rendimientos observados en los cultivos de maíz (Figura 6). La variable cantidad de recurso aprovechado por los cultivos de maíz estuvo más claramente asociado (entre 80 y 83%) a las variaciones del rendimiento comparado con la eficiencia con que se usó este recurso, que presentó más variabilidad entre campos (Figura 6).

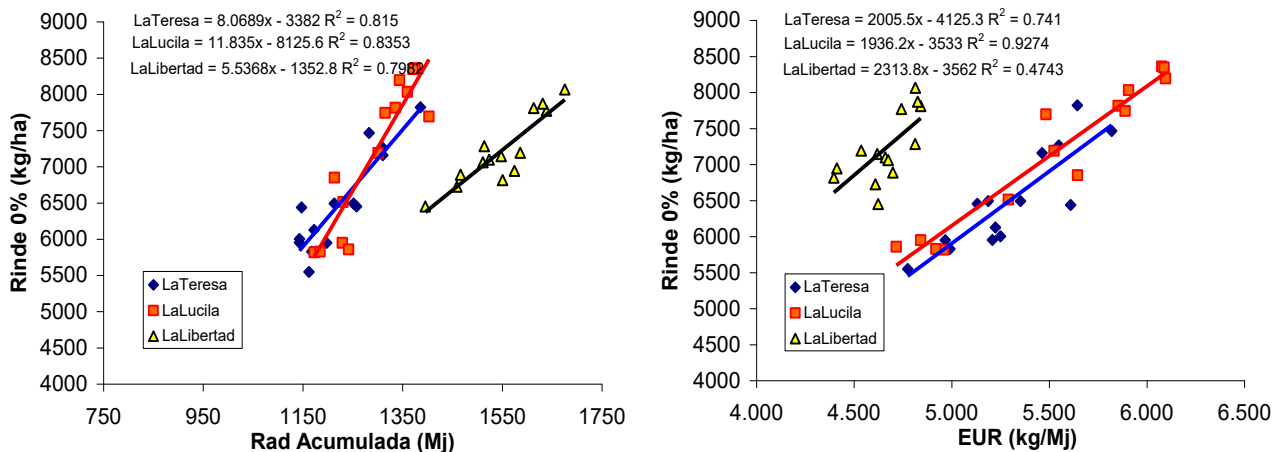
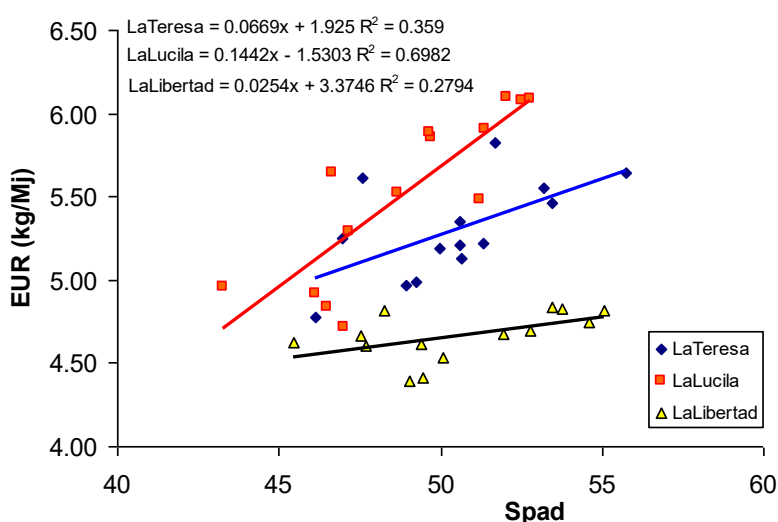


Figura 6: relación entre el rendimiento seco (0% humedad) y Izq) radiación acumulada en todo el ciclo y; Der) y la eficiencia de uso de radiación (EUR)



Antecesor		Indice Spad
1° Campaña	2° Campaña	Floración
Arv/soja	Trigo/soja	53.4 a
Soja	Trigo/soja	53.1 a
Ceb/soja	Trigo/soja	49.6 b
Trigo/soja	Trigo/soja	49.2 b
Cza/soja	Trigo/soja	49.2 b
Maíz	Trigo/soja	48.3 bc
Arv/mz	Trigo/soja	46.7 c
Probabilidad		0.00
DMS 5%		2.1
Interacción Campo x Antecesor		0.69

Figura 7: relación entre el índice Spad de hoja de la espiga ± 1 en floración y la EUR (kg/mj) diferenciada entre campos y valores de Spad promedio de campos diferenciado entre antecesores

El índice Spad mide la concentración relativa de clorofila y es un indicador directo de la actividad fotosintética y esto está relacionado con el contenido de nitrógeno de la hoja. La relación observada en dos de los tres campos indica que una parte importante de las variaciones en los valores de EUR generados por efecto de distintos antecesores, se explica por diferencias en las concentraciones de clorofila medidas en la hoja de la espiga ± 1 al estado de floración de los cultivos de maíz asociado a mayores concentraciones de nitrógeno en hoja (Figura 7).

b) Evapotranspiración (Etc) y eficiencia de uso (EUA)

SOURCE	DF	SS	%SCT	MS	F	P
CAMPO (A)	2	85717.9	74.5	42858.9	52.19	0.000
ANTECESOR (B)	6	585.286	0.5	97.5476	0.12	0.993
A*B	12	11552.1	10.0	962.679	1.17	0.362
RESIDUAL	21	17247	15.0	821.286		
TOTAL	41	115102	100.0			

SOURCE	DF	SS	%SCT	MS	F	P
CAMPO (A)	2	82.059	42.1	41.0295	20.92	0.000
ANTECESOR (B)	6	54.5357	27.9	9.08929	4.64	0.004
A*B	12	17.3643	8.9	1.44702	0.74	0.702
RESIDUAL	21	41.18	21.1	1.96095		
TOTAL	41	195.139	100			

Cuadro 9: análisis de varianza para la variable evapotranspiración del cultivo (Etc) y la eficiencia en el uso para rendimiento en grano de este recurso (EUA) en kg/mm

El cultivo antecesor, no afectó la evapotranspiración de los cultivos ($P=0.93$), pero tuvo un fuerte impacto sobre la eficiencia con que ese recurso fue transformado a rendimiento ($P=0.00$). En este caso, la variable antecesor explicó el 37% de la variabilidad observada en los valores de EUR sin interacción entre la variable campo y cultivo antecesor (Cuadro 9).

Antecesores		Consumo	Efic Uso Agua
1° Campaña	2° Campaña	ETC mm	Rinde 0% (kg/mm)
Arv/soja	Trigo/soja	549	14.5 a
Soja	Trigo/soja	547	14.4 a
Trigo/soja	Trigo/soja	542	12.9 b
Cza/soja	Trigo/soja	552	12.4 bc
Ceb/soja	Trigo/soja	555	12.1 bc
Maíz	Trigo/soja	547	12.1 bc
Arv/mz	Trigo/soja	546	11.2 c
Probabilidad		0.99	0.00
DMS 5%		34	1.5
Interacción Campo x Antecesor		0.36	0.7

Cuadro 10: valores de evapotranspiración de los cultivos en milímetros y eficiencia en el uso del agua evapotranspirada en kg con 0% humedad/milímetro evapotranspirado (EUA).

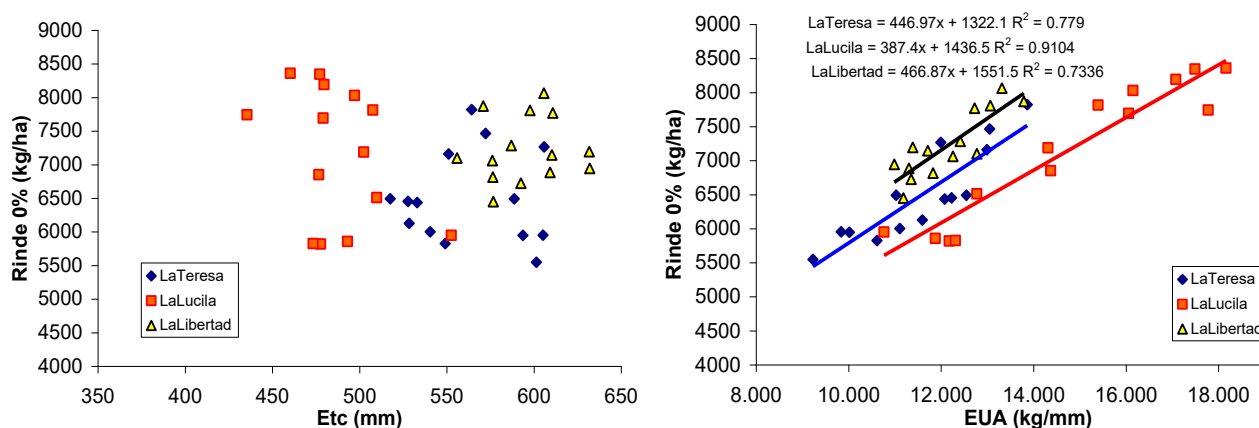


Figura 8 relación entre el rendimiento seco (0% humedad) y: Izq) La Evapotranspiración del cultivo; Der) eficiencia en el uso del agua evapotranspirada.

Los cultivos de maíz que presentaron mayores eficiencias en el uso del agua evapotranspirada fueron los planteados sobre las secuencias que comenzaron con arveja/soja y soja^{1°}. Por otro lado, los cultivos de maíz sembrados sobre

las secuencias que comenzaron sobre arveja/maíz, presentaron los valores más bajos de EUA (Cuadro 10). Esta tendencia fue consistente entre campos en una clara y estrecha relación con los rendimientos observados en los cultivos de maíz donde la variable EUA explicó entre el 73 y el 91% de la variabilidad de los rendimientos (Figura 8, der).

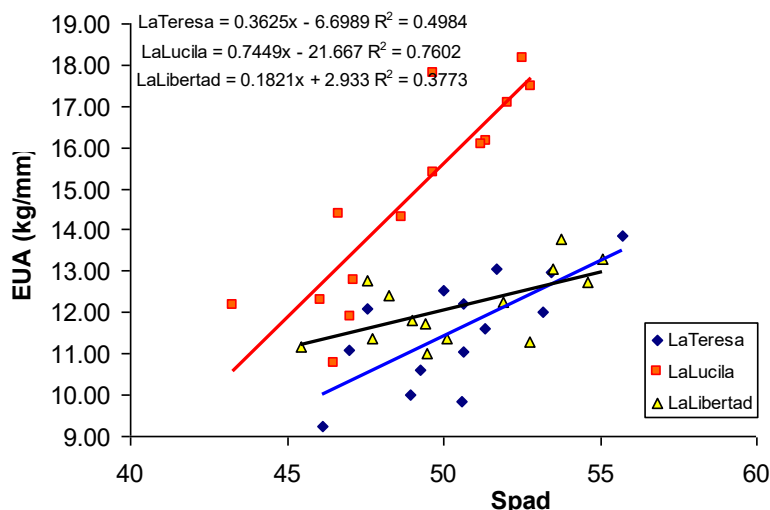


Figura 9: relación entre el índice Spad de hoja de la espiga ± 1 en floración y la EUR (kg/mj) diferenciada entre campos.

El estado nutricional al momento de la floración de los cultivos, medido como índice Spad también explicó buena parte de las eficiencias de uso de la evapotranspiración indicando que, los cultivos mejor nutridos por efecto de las distintas secuencias de cultivos fijaron más carbono por milímetro evapotranspirado

4) Resultado global de las secuencias evaluadas durante las últimas tres campañas: aporte de rastrojos y margen bruto global.

Aporte de Rastrojos (sin cuantificar raíces):

Secuencia cultivos			Aporte rastrojos kg/ha			
Camp 2010-11	Camp 2011-12	Camp 2012-13	Camp 2010-11	Camp 2011-12	Camp 2012-13	Acumulado
Colza/soja	Trigo/soja	Maíz	9749	8838	7545	26132
Trigo/soja	Trigo/soja	Maíz	10028	7094	7567	24689
Cebada/soja	Trigo/soja	Maíz	10827	7798	7411	26036
Arveja/soja	Trigo/soja	Maíz	7495	10136	8234	25865
Arveja/maíz	Trigo/soja	Maíz	11761	9489	6833	28083
Maíz	Trigo/soja	Maíz	8290	9146	7678	25114
Soja 1°	Trigo/soja	Maíz	4868	9723	8286	22877
Probabilidad			0.00	0.00	0.01	0.00
DMS (5%)			639	830	794	1322

Cuadro 11: aporte de rastrojos en kg/ha de parte aérea diferenciado por secuencia de cultivos para las tres campañas evaluadas y como valor acumulado. Dato promedio de localidades.

Como resultado global de las secuencias evaluadas, la de mayor aporte de rastrojos fue la que comenzó con arveja/maíz consistente entre campos seguido de las secuencias que comenzaron con colza/soja y cebada/soja. La

secuencia Soja1° Trigo/soja Maíz fue la que menos cantidad de rastrojos aportó siendo consistente entre campos (Cuadro 11). Las secuencias evaluadas aportaron entre 2 y 5.2 mil kg más de rastrojos por ha acumulados durante las tres campañas respecto a la secuencia tradicional de tercios. Cabe destacar el caso de las secuencias de dobles cultivos que comenzaron la rotación sin gramíneas, pero que el buen resultado del cultivo de segunda y de las dos campañas siguientes alcanzaron a compensar la ausencia de gramíneas en el primer año de evaluación (Cuadro 11).

Margen Bruto global:

Arranque Secuencia	Resultados primera campaña 2010-11				Resultados segunda campaña 2011-12				Resultados tercera campaña 2020-13				Acum 3 Camp	
	MB LaTere	MB LaLuc	MB LaLib	%S1°	MB LaTere	MB LaLuc	MB LaLib	%S1°	MB LaTere	MB LaLuc	MB LaLib	%S1°	Promedio	% S1°- T/S - Mz
Colza/soja	1132	1080	1323	112	792	427	709	90	463	626	663	78	2405	96
Trigo/soja	1058	895	997	93	344	203	581	53	445	708	627	79	1953	78
Cebada/soja	1113	1007	982	98	583	396	615	76	437	599	629	74	2120	84
Arveja/soja	1047	1251	1073	106	1003	597	782	112	693	804	788	103	2679	106
Arveja/maíz	1256	1405	1378	127	842	585	697	101	372	425	561	61	2507	100
Maíz	393	693	1012	66	796	530	738	98	443	573	612	73	1930	77
Soja 1°	1024	1093	1056	100	898	511	730	100	619	846	774	100	2517	100

Cuadro 12: márgenes brutos (MB) en U\$\$/ha sin costo alquiler en cada una de las localidades y como promedio de las tres expresada en % respecto de la secuencia de tercios (Soja1° - Trigo/soja-Maíz) de las tres campañas evaluadas y el MB acumulado en las tres campañas como promedio de los tres campos y como % de la secuencia de tercios. Precio Neto: Colza 403U\$\$/ha; Trigo: 153; Cebada: 150U\$\$/ha; Arveja 215, Maíz 147U\$\$/Tn y Soja 296 U\$\$/Tn

En cada una de las campañas evaluadas pudimos cuantificar aportes económicos por sobre el planteo de referencia Soja1° - Trigo/soja – Maíz de alguna de las variantes evaluadas. En la primer campaña hicieron su aporte los dobles cultivos colza/soja, arveja/soja y arveja/maíz. En la segunda campaña, trigo/soja planteado sobre arveja/soja y arveja/maíz hicieron su aporte y en la tercer campaña, el maíz planteado sobre la secuencia arveja/soja trigo/soja, fue quien aportó respecto a la secuencia de referencia. Como resultado del margen bruto acumulado, la secuencia que arrancó con arveja/soja aportó un 6% más de margen bruto acumulado respecto a la secuencia tradicional de tercios y la rotación que arrancó con arveja/maíz presentó márgenes acumulados similares a la rotación de tercios con la posibilidad de manejar el nitrógeno y generar resultados económicos superiores (Cuadro 12).