



**CREA Norte de Bs. As.**

**INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA.  
Evaluación de dobles cultivos. Campaña 2010/11**

**-Plan Zonal NBA-**

**Matías Ermacora,  
José Andrade,  
Lucas Ratto,  
Juan Pablo Cobuta,**

**1) Introducción:**

El rendimiento y la eficiencia con que se llevan a cabo los procesos productivos, son los pilares en los que deben basarse las decisiones de producción. En este sentido, la intensificación de los sistemas productivos se presenta como una herramienta para mejorar la producción, uso y aprovechamiento eficiente de los recursos. Sistemas productivos capaces de maximizar la captura y posterior uso de los recursos disponibles, serán los que determinen diferencias en la productividad global de las empresas agropecuarias. Asimismo, el aumento de la productividad aparece como una herramienta para mejorar los indicadores ecológicos y económicos, concepto ligado a la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Sistemas de doble cultivo, han sido reportados como estrategias para lograr el uso eficiente de los recursos disponibles, mejorar la productividad y rentabilidad de las rotaciones agrícolas. La intensificación de los sistemas productivos de la mano de dobles cultivos conlleva numerosas ventajas productivas y económicas como, mayor uso de del agua, radiación, nutrientes, menor incidencia de adversidades bióticas, diversificación de riesgos productivos, control de erosión, menor uso de energía externa, licuación del costo fijo tierra entre otras. A su vez, secuencias con igual nivel de intensificación pero compuestas por especies diferentes pueden diferir en la captura y uso de recursos y en la productividad del sistema.

Es por esto que, el Crea Norte de Bs. As. planteó la siguiente hipótesis: Es posible modificar la secuencia tradicional en tercios, mayoritariamente en uso en campos propios de la Zona Norte de Buenos Aires, aumentando el número de cultivos en la rotación para elevar la captura y uso de recursos y con ello la producción, generando un mejor resultado económico medido a través del margen bruto agrícola promedio y que a la vez determinen balances de carbono más positivos que eleven la productividad de los suelos en el tiempo.

## 1.1) Objetivos:

Para cada una de las secuencias evaluadas tanto dobles cultivos y como monocultivos, se realizaron las siguientes actividades:

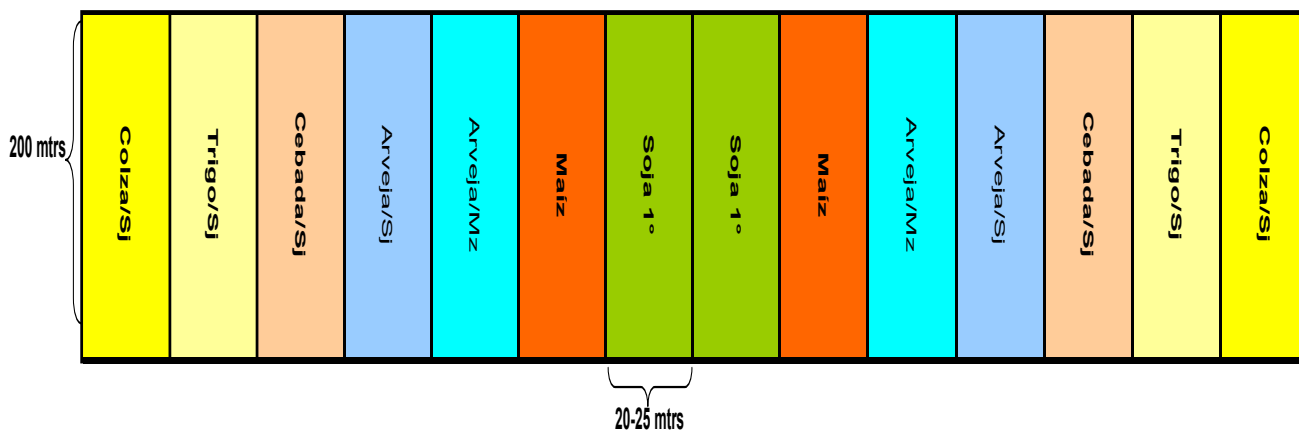
- Analizar los rendimientos logrados
- Medir el aporte aéreo de rastrojos.
- Cuantificar la estación real de crecimiento
- Evaluar el uso de recursos agua, radiación y nutrientes (nitrógeno, fósforo y azufre)
- Determinar el margen bruto agrícola

## 2) Metodología y determinaciones:

Sobre antecesor soja1°, fueron planteadas las parcelas en grandes franjas a campo, con 20-25 mtrs. de frente y 200 mtrs. de largo con repetición usando para ello la maquinaria propia del campo. En la Tabla 1 figuran los tratamientos a evaluar durante el primer año de ensayos. Se incluyen 4 cultivos de invierno (colza, cebada, trigo y arveja) y 2 de verano (soja y maíz), combinándose en un total de 7 tratamientos. La Teresa en la localidad de Perez Millán con serie de suelo Ramallo, La Lucila en Urquiza con serie de suelo Urquiza y La Libertad en Junín con Serie de suelo Rojas fueron los tres campos del Crea Norte de Bs. As definidos para la conducción de los ensayos. El manejo de todos los componentes del planteo apuntó al armado de sistemas de alta producción para la zona. El manejo de siembra, fertilización y protección de los distintos cultivos se presentan en el cuadro 2 para cultivos de invierno y en el cuadro 3 para cultivos de verano.

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

Cuadro 1: Tratamientos a evaluar durante la campaña 2010-11.



## Manejo de los cultivos de invierno:

La Teresa						
Cultivo	F/S - F/E	Variedad	Fertiliz	Herbicidas	Fungicida	Insectic
Colza	11/5 - 30/5	SRM2836	120SPS+210kg/haUrea	Banvel 80 cc	SpereMax 150	Clorpi+Ciper (2)
Trigo	10/6 - 23/6	SRM Nogal	120SPS+210kg/haUrea	Banvel 120+5 Mtsf	Nativo 600	-
Cebada	10/6 - 22/6	Scarlett	120SPS+210kg/haUrea	Banvel 120+5 Mtsf	Nativo 600	-
Arveja	28/7 - 20/8	Vipper	100 kg/ha SPS +*FF	Pivot 600	AmXra 250 (2)+500Carb	Clorpi (2)
Maíz	25/9 - 8/10	DK 747 MGRR	145MAP+200Urea	Atrz+Metol+Rup(2)	-	Ciper
Soja 1°	20/10 - 3/11	DM 4670	60 SPS	Rup(2)	150SphereMax	Clorpi+Ciper
La Lucila						
Cultivo	F/S - F/E	Variedad	Fertiliz	Herbicidas	Fungicida	Insectic
Colza	22/4 - 10/5	SRM2836	120MAP+150kg/haUrea+100LUan	Banvel 50 cc	Nativo 500	Curiom (2)
Trigo	9/6 - 23/6	Baguette P11	120MAP+150kg/haUrea+100LUan	Dicamba 50+5Mtsf	Nativo 600 (2)	-
Cebada	9/6 - 21/6	Scarlett	120MAP+150kg/haUrea+100LUan	Dicamba 50+5Mtsf	Nativo 600	-
Arveja	17/7 - 14/8	Vipper	100 kg/ha SPS +*FF	Pivot 600	Nativo 700	Clorpi-Dimet-Engeol
Maíz	18/9 - 1/10	DK 747 MGRR	145MAP+160Urea	Atrz+Metol+Rup(2)	-	-
Soja 1°	19/10 - 29/10	DM 4670	50 MAP'S	Clorim+Rup(2)	150SphereMax	Clorpi+Ciper
La Libertad						
Cultivo	F/S - F/E	Variedad	Fertiliz	Herbicidas	Fungicida	Insectic
Colza	26/4 - 6/6	SRM2836	120 MAP+200Urea	Dicamba 70 cc	AmXtra 200	Clorpi+Ciper
Trigo	17/6 - 2/7	Baguette P11	120 MAP+200Urea	Dicamba 50+5Mtsf	AmXtra 500	-
Cebada	17/6 - 30/6	Scarlett	120 MAP+200Urea	Dicamba 50+5Mtsf	AmXtra 500	-
Arveja	14/7 - 18/8	Vipper	100 kg/ha SPS +*FF	Pivot 600	AmXtra 350 (2)	Clorpi+Ciper (2)
Maíz	23/9 - 10/10	DK 747 MGRR	140MAP+210Urea	Atrz+Sulfos-Glifo	-	-
Soja 1°	25/10 - 13/11	DM 3810	50 MAP	Sulfo+Atrz-Glifo(2)	AmXtra 300	Voliam(2)-Clorpi

\*FF: fertilizante foliar (Fetrilon o Nitrofoska) + Giberelinas

Cuadro 2: Campo, localidad de referencia, serie de suelo, fecha de siembra (F/S), fecha de emergencia (F/E), variedad, fertilización, herbicidas, fungicidas e insecticidas para los cuatro cultivos invernales y los dos estivales evaluados.

## Manejo de los cultivos de verano:

Planteo	La Teresa		La Lucila		La Libertad	
	F/S - F/E	Variedad	F/S - F/E	Variedad	F/S - F/E	Variedad
Colza-soja	23/11 - 5/12	A4990	18/11 - 26/11	DM4670	4/12 - 13/12	DM 3700
Trigo-soja	6/12 - 14/12	A4990	16/12 - 23/12	DM4670	23/12 - 30/12	DM 4800
Cebada-soja	18/11 - 28/11	A4990	25/11 - 3/12	DM4670	4/12 - 13/12	DM 3700
Arveja-soja	23/11 - 1/12	A4990	25/11 - 3/12	DM4670	4/12 - 13/12	DM 3700
Arveja-maíz	6/12 - 13/12	DK747MGRR 100MAP+100Urea	14/12 - 23/12	DK747MGRR 110MAPs+100Urea	4/12 - 13/12	DK747MGRR 100MAP+150Urea

Cuadro 3: fecha de siembra (F/S), fecha de emergencia (F/E) y variedad o híbrido utilizada en el cultivo de segunda según cultivo invernal que antecedió. Para maíz de segunda se presenta en manejo de la fertilización.

## Determinaciones:

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

A la siembra y a la madurez fisiológica de todos 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 distintos cultivos por el método de balance hídrico.

Se determinó la densidad de plantas logradas a través del recuento del número total de plantas en 5 segmentos de 2m de longitud cada uno. Durante todo el ciclo y en todos los cultivos se midió la proporción de radiación interceptado por el canopeo utilizando un radiómetro de barra (Cavadevices). En estadíos tempranos la intercepción fue estimada por un software para determinar cobertura (APS Assess). 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 madurez de los cultivos, se cortó la biomasa aérea en 3 hileras de 5 metros de largo cada una para estimar materia seca. Las muestras fueron secadas en estufas y pesadas con balanza de precisión (0.5 grs). La cosecha fue mecánica, siendo la de colza directa en los tres ensayos. Fue tomada una muestra de grano para unificar humedades y cuantificar los componentes de rendimiento. En el caso de colza y de arveja se realizó una determinación manual de desgrane post cosecha para cuantificar pérdidas. Sobre las muestras de grano, fue realizado un análisis de nutrientes: nitrógeno, fósforo y azufre. A partir de esto se calculó la extracción de nutrientes realizada por los distintos cultivos.

### Descripción climática: Lluvias por campo

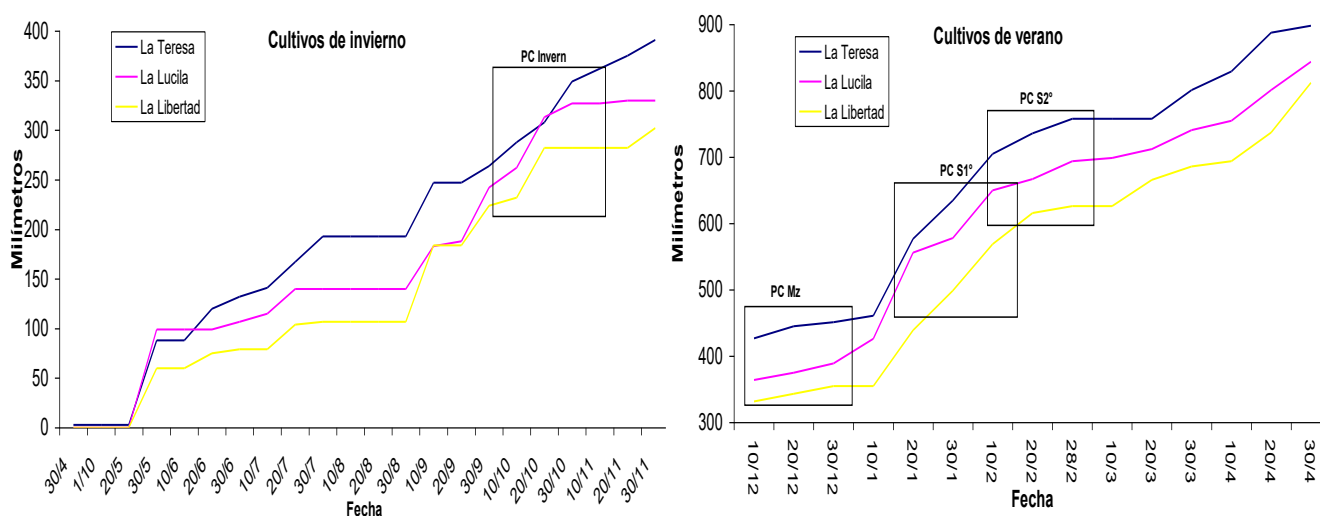


Figura 1: precipitaciones acumuladas registradas cada 10 días en los tres ensayos separados por ciclo de cultivo: izquierda) cultivos de invierno y derecha) cultivos de verano.

Desde fines de agosto y durante todo el periodo crítico de los cultivos de invierno (20/9 al 10/11), se registraron importantes precipitaciones, con volúmenes totales entre 100 y 140 mm generando valores de milímetros acumulados de 360, 330 y 280 mm en La Teresa, La Lucila y La Libertad, respectivamente. Durante el período crítico del cultivo de maíz (1/12 al 30/12), no se registraron lluvias importantes, sólo 20 – 25 mm en los tres campos. Coincidentemente con el comienzo del período crítico de la soja de primera (del 10/1 al 20/2) comenzaron a registrarse importantes precipitaciones, alcanzando los 230 – 260 mm. Esto permitió además recargar parcialmente los perfiles en las secuencias de dobles cultivos. Se observan importantes diferencias en mm

acumulados entre campos durante esta etapa. El registro de precipitaciones disminuye durante el período crítico de los cultivos de segunda (del 10/2 al 10/3) alcanzando los 30 mm en La Teresa y La Lucila y sólo 10 mm en La Libertad.

### 3) Resultados:

#### 3.1) Rendimiento y aportes de rastrojos de los cultivos invernales, de verano y planteos por campo:

Existe una fuerte interacción ( $p=0.000$ ) entre cultivos y campos. Esto obligó a analizar los resultados de cada campo en particular:

Campo	Planteo	Rto cult.inv (Kg/ha)	Mseca Inv.(kg/ha)	Rto cult.Vrno(kg/ha)	Mseca Vrno(Kg/ha)	Mseca Planteo(kg/ha)
La Teresa	Colza/soja	2340	5823	2975	3334	9157
La Teresa	Trigo/soja	6546	8326	2554	2001	10327
La Teresa	Cebada/soja	6175	8150	2941	3549	11699
La Teresa	Arveja/soja	2913	3804	3443	3636	7440
La Teresa	Arveja/maíz	2952	3803	10078	7565	11368
La Teresa	Soja1°			4489	4890	4890
La Teresa	Maíz			7133	9728	9728
La Lucila	Colza/soja	2141	5773	3503	3520	9293
La Lucila	Trigo/soja	5370	6088	2813	2217	8305
La Lucila	Cebada/soja	5878	6841	2871	2871	9712
La Lucila	Arveja/soja	3344	4103	3821	3493	7596
La Lucila	Arveja/maíz	3268	3967	10990	7989	11956
La Lucila	Soja1°			4829	4689	4689
La Lucila	Maíz			9011	8082	8082
La Libertad	Colza/soja	2643	7127	3364	3670	10797
La Libertad	Trigo/soja	5530	8530	2963	2919	11449
La Libertad	Cebada/soja	4998	7938	3216	3131	11069
La Libertad	Arveja/soja	3158	4382	3413	3067	7449
La Libertad	Arveja/maíz	3072	4734	10838	7225	11959
La Libertad	Soja1°			4715	5026	5026
La Libertad	Maíz			11454	8788	8788

Cuadro 4: rendimiento y aporte de materia seca aérea (rastrojos) en kg/ha para los cultivos de invierno y de verano evaluados en las tres localidades.

En términos generales, el campo La Teresa fue el ambiente más productivo durante el invierno, como promedio de todos los cultivos invernales evaluados. La Libertad presentó los menores rendimientos invernales encontrándose La Lucila en un nivel de producción intermedio. Esto presenta una clara relación con las precipitaciones acumuladas hacia el período crítico de los cultivos de invierno registradas en cada campo. En el Campo La Teresa se destaca el rendimiento logrado por las gramíneas de invierno. Por otro lado, las arvejas lograron los mayores rendimientos en el campo La Lucila y la colza en La Libertad. El aporte de rastrojos fue superior en el campo La Libertad e inferior en La Lucila. Los cultivos invernales que más rastrojo aportaron fueron claramente el trigo y la cebada. Por el contrario, las arvejas fueron los cultivos que menos rastrojo aportaron (Cuadro 4). Contrariamente con lo que sucedió con los cultivos de invierno, los cultivos de verano presentaron los mayores rendimientos en el campo La Libertad y La Lucila observando en La Teresa los menores rendimientos. Las sojas de primera y de segunda presentaron los mejores rendimientos en la Libertad y en La Lucila, siendo más variables según

antecesor en este último campo. En este sentido, las sojas de segunda sobre arveja presentaron los mejores rendimientos. El maíz de segunda presentó la misma tendencia entre campos. Respecto al maíz en fecha de siembra convencional, el rendimiento en el campo La Teresa se vio severamente afectado, mientras que en el campo la Libertad se lograron muy buenos rendimientos (Cuadro 4). La presencia de horizonte B2t asociada al tipo de suelo en la Teresa y en menor medida en La Lucila y la falta de reposición del agua consumida en etapas vegetativas, afectaron al cultivo en su exploración radicular y en el aprovechamiento del agua almacenada en todo el horizonte durante el período crítico para la definición de los componentes. En el ensayo conducido en La Libertad sin horizonte textural, le permitió a los cultivos explorar todo el perfil de suelo y poder soportar temporalmente la falta de lluvias.

### 3.2) Rendimiento de las sojas de segunda según antecesor:

**ANALYSIS OF VARIANCE TABLE FOR RTO**

SOURCE	DF	SS	%SCT	MS	F	P
CULTIVO (A)	3	2060981	66.8	686994	49.57	0.000
ESTABLECI (B)	2	381788	12.4	190894	13.77	0.001
BLOQUE (C)	1	59501	1.9	59501	4.29	0.063
A*B	6	429033	13.9	71505.5	5.16	0.009
A*B*C	11	152444	4.9	13858.6		
TOTAL	23	3083747	100			

Cuadro 5: análisis de varianza para rendimiento de sojas de segunda

La importancia relativa de la variable cultivo antecesor sobre el rendimiento de las sojas de segunda quedó evidenciado en la proporción de la variabilidad total que es explicada por este componente, que sumada a la interacción con la localidad explica el 81% de la variabilidad total. Existen diferencias significativas en el rendimiento de las sojas de segunda según el cultivo antecesor ( $p=0.00$ ) (Cuadro 5). La interacción de la variable cultivo antecesor con el establecimiento se genera debido a diferencias entre los campos en la magnitud del diferencial observado en las sojas de segunda, según los cultivos antecesores y no a cambios en el orden de las diferencias (interacción de tipo 1).

Cultivo antecesor	La Teresa		La Lucila		La Libertad		Rto Prom(kg/ha)	RastrojoProm(kg/ha)
	Rto S <sup>2</sup> (kg/ha)	Rastrojo(kgha)	Rto S <sup>2</sup> (kg/ha)	Rastrojo(kgha)	Rto S <sup>2</sup> (kg/ha)	Rastrojo(kgha)		
Arveja	3444	3637	3822	3493	3414	3067	3560	3399
Colza	2975	3335	3504	3520	3364	3671	3281	3509
Cebada	2941	3549	2872	2872	3216	3131	3010	3184
Trigo	2554	2001	2813	2217	2963	2919	2777	2379
Probabilidad	0.00	0.03	0.01	0.03	0.02	0.27		
DMS(0.05)	258	1049	568	803	136	935		

Cuadro 6: comparación de medias para rendimiento de sojas de segunda utilizando los bloques como repeticiones en cada uno de los campos. Se presenta el valor de probabilidad y la diferencia mínima significativa al 5%

Las sojas de segunda presentaron los mayores rendimientos sobre arvejas en los tres ensayos con diferencias significativas, generando una diferencia máxima de 1000 kg/ha y una diferencia mínima de 450 kg/ha respecto al cultivo

con antecesor trigo, que, consistentemente fue el de menor rendimiento en los tres ensayos. Estas diferencias están explicadas por la combinación de dos efectos: fecha de siembra y agua disponibles. Las diferencias de rendimiento de las sojas de segunda observadas entre los cultivos invernales arveja, colza y cebada están asociadas fundamentalmente a diferencias en los milímetros de agua disponibles para el cultivo de segunda (ver consumo diferentes de agua, Cuadro 7). Por su parte, las diferencias de rendimiento de las sojas de segunda conseguidas entre cebada y trigo se asocian a efectos de la fecha de siembra (ver consumos similares de agua, Cuadro 7).

Las sojas 2° planteadas sobre arveja y colza generaron los mayores aportes de rastrojos, siendo trigo el antecesor que generó menores aportes de rastrojos. Esta tendencia se observó en los tres ensayos (Cuadro 6).

### 3.3) Uso de recursos, productividad y variabilidad entre secuencias:

Campo	Planteo	Estac crecim			Evapotransp			Rad Acum			Nitro abs			Fosf abs			Azufre abs		
		Invierno	Verano	Total	Invierno	Verano	Total	Invierno	Verano	Total	Invierno	Verano	Total	Invierno	Verano	Total	Invierno	Verano	Total
La Teresa	Colza/soja	167	122	289	391	482	873	1173	1206	2379	63	148	211	12.1	12.5	24.6	5.7	5.7	11.4
La Teresa	Trigo/soja	150	119	269	409	440	849	1293	1291	2584	84	121	205	14	11.5	25.5	3.9	4.2	8.1
La Teresa	Cebada/soja	133	127	260	353	457	810	1079	1207	2286	64	143	207	12.5	13	25.5	3.2	4.5	7.7
La Teresa	Arveja/soja	87	126	213	250	520	770	817	1471	2288	82	177	259	5.1	14.5	19.6	3.4	7.1	10.5
La Teresa	Arveja/maiz	87	150	237	235	593	828	826	1390	2216	86	113	199	5.6	21	26.6	3.5	6.1	9.6
La Teresa	Soja1°		134	134		583	583		1440	1440		218	218		19	19		9.7	9.7
La Teresa	Maiz		130	130		557	557		1946	1946		82	82		14.5	14.5		4.3	4.3
La Lucila	Colza/soja	176	122	298	446	488	934	1376	1589	2965	63	157	220	14	16.5	30.6	3.0	4.3	7.3
La Lucila	Trigo/soja	161	109	270	398	445	843	1196	1230	2426	75	126	201	12	12	24	3.0	3.6	6.6
La Lucila	Cebada/soja	143	122	265	386	483	869	1038	1088	2126	63	127	190	11.9	12.9	24.8	2.8	3.3	6.1
La Lucila	Arveja/soja	94	127	221	357	469	826	817	1573	2390	94	182	276	8.5	16	24.5	3.1	6.5	9.6
La Lucila	Arveja/maiz	94	132	226	352	462	814	815	1515	2330	94	101	195	8.9	22	30.9	3.3	6.2	9.5
La Lucila	Soja1°		132	132		537	537		1626	1626		214	214		21	21		7.1	7.1
La Lucila	Maiz		144	144		529	529		2022	2022		114	114		21.5	21.5		4.7	4.7
La Libertad	Colza/soja	167	126	293	344	491	835	1128	1115	2243	77	152	229	15.1	14.5	29.6	3.2	6.3	9.5
La Libertad	Trigo/soja	155	115	270	448	386	834	1236	1126	2362	71	128	199	11.4	11.5	22.9	3.3	5.3	8.6
La Libertad	Cebada/soja	133	126	259	330	465	795	1081	1278	2359	50	153	203	8.8	13.5	22.3	3.2	5.6	8.8
La Libertad	Arveja/soja	93	126	219	331	472	803	818	1259	2077	95	160	255	6.3	13.5	19.9	3.4	6.6	10
La Libertad	Arveja/maiz	93	149	242	312	464	776	832	1544	2376	95	110	205	5.8	20.5	26.3	3.7	5.6	9.3
La Libertad	Soja1°		132	132		452	452		1818	1818		206	206		19	19		8.4	8.4
La Libertad	Maiz		144	144		624	624		1866	1866		123	123		22.5	22.5		6.4	6.4

Cuadro 7: estación real de crecimiento en días, Evapotranspiración en mm, Radiación acumulada en Megajoules, nitrógeno, fósforo y azufre absorbidos en kg/ha diferenciado por campo y secuencia, como valor parcial del cultivo de invierno, de verano y como valor total de la secuencia.

#### 3.3.1) Estación de crecimiento:

En primera medida, se pueden observar las diferencias marcadas entre los dobles cultivos y los monocultivos en la ocupación efectiva del año alcanzando al doble los días aprovechados (Cuadro 7). Por otro lado, y más allá de una

misma cantidad de cultivos en el año, el aprovechamiento pudo ser de un 59% para la secuencia arveja/soja a un 80% para el caso de colza/soja (77 días más). Este último, fue el planteo con mayor estación de crecimiento, donde el componente invernal es una variedad primaveral intermedia que en promedio de los tres ensayos alcanzó los 170 días. Trigo/soja y cebada/soja, presentaron estaciones de crecimiento similares (Cuadro 7).

Madurez fisiológica				
Campo	Colza	Trigo	Cebada	Arveja
La Teresa	12/11	19/11	2/11	16//11
La Lucila	2/11	1/12	11/11	16/11
La Libertad	10/11	4/12	10/11	19/11
Madurez de cosecha				
Campo	Colza	Trigo	Cebada	Arveja
La Teresa	25/11	6/12	20/11	23/11
La Lucila	20/11	14/12	25/11	23/11
La Libertad	29/11	15/12	29/11	27/11
La fecha de madurez de cosecha tiene en cuenta ajuste de la humedad a cosecha				

Cuadro 8: fecha calendario de madurez fisiológica y madurez de cosecha para los cultivos invernales en cada uno de los campos.

La fecha posible de cosecha y como consecuencia, opción de siembra de cultivo de segunda, al igual que la campaña pasada, no presenta diferencias importantes entre los cultivos invernales colza, cebada y arveja y, los  $\pm 5$  días como máximo que se observaron, se encuentran asociados a fecha de siembra y ciclo (usando un grupo primaveral en colza). Respecto del trigo, las diferencias estuvieron entre 11 y 24 días entre campos y cultivos, con promedio de 17 días (Cuadro 8).

### 3.3.2) Evapotranspiración:

#### De las secuencias:

SOURCE	DF	SS	%SCT	MS	F	P
SECUENCIA CULT (A)	6	722526	92.5	120421	280.77	0.000
ESTABLECI (B)	2	7915.86	1.0	3957.93	9.23	0.001
BLOQUE (C)	1	288.095	0.0	288.095	0.67	0.422
A*B	12	42013.5	5.4	3501.12	8.16	0.000
A*B*C	20	8577.9	1.1	428.895		
TOTAL	41	781321	100			

Cuadro 9: análisis de varianza para la evapotranspiración de las siete secuencias evaluadas.

Se observan marcadas diferencias en los valores de evapotranspiración entre secuencias y entre campos ( $p=0.00$ ). A su vez, se observa interacción entre estas dos variables ( $p=0.00$ ). El 98% de la variabilidad de los valores medidos de evapotranspiración en la secuencia lo explicó la variable secuencia de cultivo y su interacción con la localidad (Cuadro 9).

Secuencia	La Teresa			La Lucila			La Libertad			Promedio
	EtSec	EtInlv	EtcVer	EtSec	EtInlv	EtcVer	EtSec	EtInlv	EtcVer	%S1°
ColzaSj	873	391	482	935	446	489	835	344	491	168
TrigoSj	849	409	440	843	398	445	834	448	386	161
CebadaSj	810	353	457	869	386	483	804	331	472	157
ArvejaMz	828	235	593	814	352	462	796	331	465	154
ArvejaSj	770	250	520	826	357	469	776	312	463	153
Maíz	557		557	528		528	624		624	109
Soja1°	583		583	537		537	452		452	100
Probabilidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DMS(0.05)	23	20	24	66	32	41	13	16	14	

Cuadro 10: comparación de medias para el valor de Evapotranspiración (en milímetros) del planteo y de los componentes invernales y de verano por campo. Se presenta el valor de probabilidad y la diferencia mínima significativa al 5%.

Los planteos que mayor uso del recurso agua realizaron en los tres campos fueron colza/soja y trigo/soja, con un componente de consumo invernal importante respecto de las otras secuencias y en promedio aumentaron el consumo de agua en un 68 y 61 % respecto de la soja 1°. Los planteos que le siguieron en el consumo de agua en los tres campos fueron cebada/soja y arveja/maíz con valores entre 800 y 870 mm según el campo, representando en promedio un 57 y un 54 % más de consumo respectivamente, que soja de primera. El planteo arveja/soja fue el doble cultivo con menor consumo total de agua, con valores entre 770 a 830 mm, con un consumo promedio porcentual que superó a la soja 1° en un 53%. Respecto de los monocultivos, soja de primera superó levemente el consumo de agua hecho por maíz en dos de los tres campos, justamente donde el rendimiento de maíz fue afectado. Sin embargo, en promedio, el consumo de maíz estuvo un 9% por encima del consumo de la soja 1° (Cuadro 10)

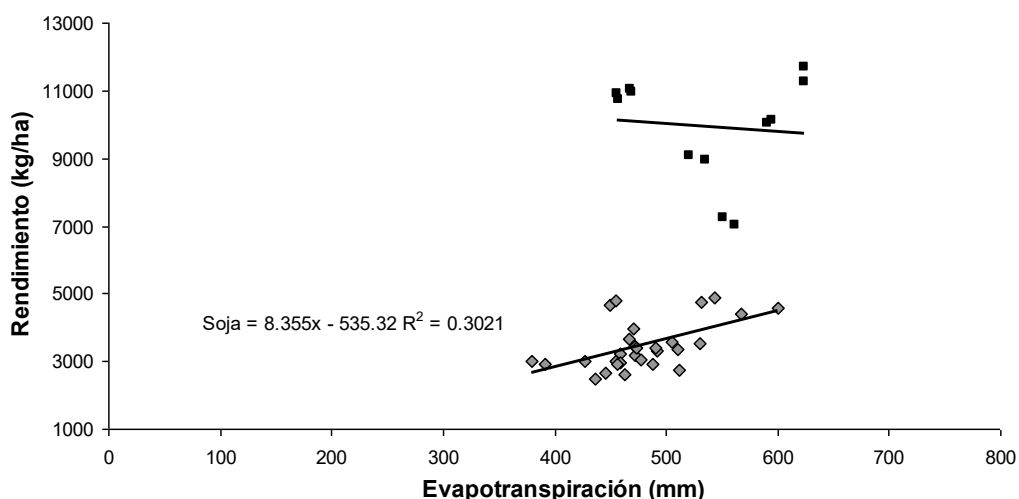


Figura 2: relación entre los valores de Evapotranspiración en mm y el rendimiento en grano diferenciado entre los cultivos de maíz y soja

No se observó para los cultivos de maíz y soja una relación importante del rendimiento con los valores de evapotranspiración estimados. Soja presentó

una pendiente de 8.3 kg/ha por milímetro evapotranspirado, dato coincidente con la bibliografía nacional (Figura 2).

### 3.3.3) Radiación acumulada:

SOURCE	DF	SS	%SCT	MS	F	P
SECUENCIA CULT (A)	6	104177	2.3	52088.4	7	0.005
ESTABLECI (B)	2	3487204	76.0	581201	78.07	0.000
BLOQUE (C)	1	480.095	0.0	480.095	0.06	0.802
A*B	12	845042	18.4	70420.2	9.46	0.000
A*B*C	20	148892	3.2	7444.6		
TOTAL	41	4585795	100			

Cuadro 11: análisis de varianza para la radiación acumulada de las siete secuencias evaluadas.

Se observan marcadas diferencias en los valores de radiación acumulada entre secuencias y entre campos ( $p=0.00$ ). A su vez, se observa interacción entre estas dos variables ( $p=0.00$ ). El 21% de la variabilidad de los valores estimados de radiación acumulada en los distintos planteos, lo explicó la variable secuencia de cultivo y su interacción con la localidad (Cuadro 11).

Secuencia	La Teresa			La Lucila			La Libertad			Promedio
	RadAcumSec	RadAcumInv	RadAcumVer	RadAcumSec	RadAcumInv	RadAcumVer	RadAcumSec	RadAcumInv	RadAcumVer	%S1°
ColzaSj	2456	1250	1206	2962	1373	1589	2232	1117	1115	131
TrigoSj	2489	1282	1206	2273	1190	1083	2505	1227	1278	125
ArvejaMz	2208	818	1390	2324	809	1515	2370	826	1544	118
CebadaSj	2360	1069	1291	2263	1032	1321	2197	1071	1126	117
ArvejaSj	2281	811	1470	2383	810	1573	2071	812	1259	115
Soja1°	1945		1945	2022		2022	1867		1867	100
Maíz	1440		1440	1626		1626	1819		1819	84
Probabilidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DMS(0.05)	163	110	97	195	136	114	188	109	14	

Cuadro 12: comparación de medias para el valor de radiación acumulada en megajoules del planteo y de los componentes invernales y de verano por campo. Se presenta el valor de probabilidad y la diferencia mínima significativa al 5%.

Los planteos que aprovecharon mayor cantidad de la radiación incidente fueron variables entre campos: colza/soja y trigo/soja en La Teresa, colza/soja y arveja/maíz en la Lucila y en La Libertad fueron trigo/soja y arveja/maíz con importantes aportes de los cultivos invernales en las primeras dos secuencias mencionadas y con un aporte importante del cultivo de verano en la otra secuencia. Como promedio, colza/soja, trigo/soja y arveja/maíz aumentaron el valor de radiación acumulada en un 31, 25 y 18% respecto de la soja 1°, respectivamente. Las secuencias cebada/soja y arveja/soja también variaron sus valores entre campos, siendo más estable los valores de cebada/soja con importantes aportes del cultivo invernal. Estas secuencias, aumentaron el valor de radiación acumulada en un 17 y 15% respecto de la soja 1°. Los valores estimados para soja1° fueron estables entre campos, no así para el cultivo de maíz, que en promedio estuvo un 16% por debajo de la soja1°, demostrando

nuevamente limitaciones para la captura y uso de recursos en dos de los tres campos evaluados (Cuadro 12).

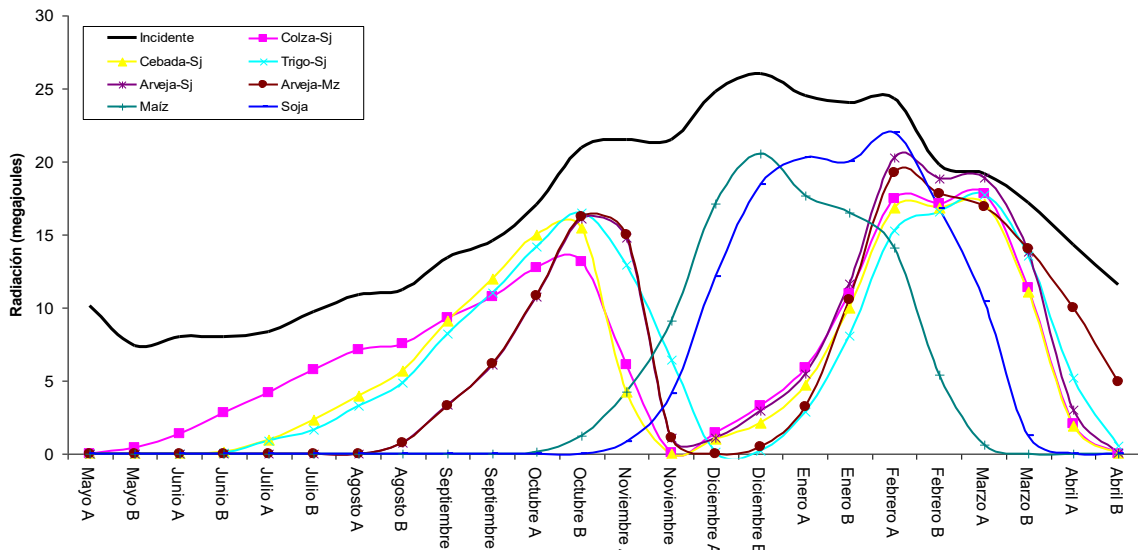


Figura 3: valores de radiación incidente e interceptada en megajoules por los distintos planteos como promedio de bloques y localidades.

Como primera diferencia importante, se observa la doble curva de los dobles cultivos invernales con un bache importante coincidente con la mayor oferta de radiación. En los monocultivos se observa la coincidencia del pico de interceptación con el de oferta radiativa. Este comportamiento reduce las diferencias en los valores acumulados de radiación durante el ciclo de los distintos planteos evaluados (Figura 3). Con respecto a los cultivos invernales, colza explica sus diferencias por radiaciones interceptadas en etapas tempranas y trigo en etapas tardías. Las sojas y maíces de segunda sobre arveja definen un pico más alto que el resto de los cultivos de segunda, siendo además en este último caso durante un período más prolongado (Figura 3).

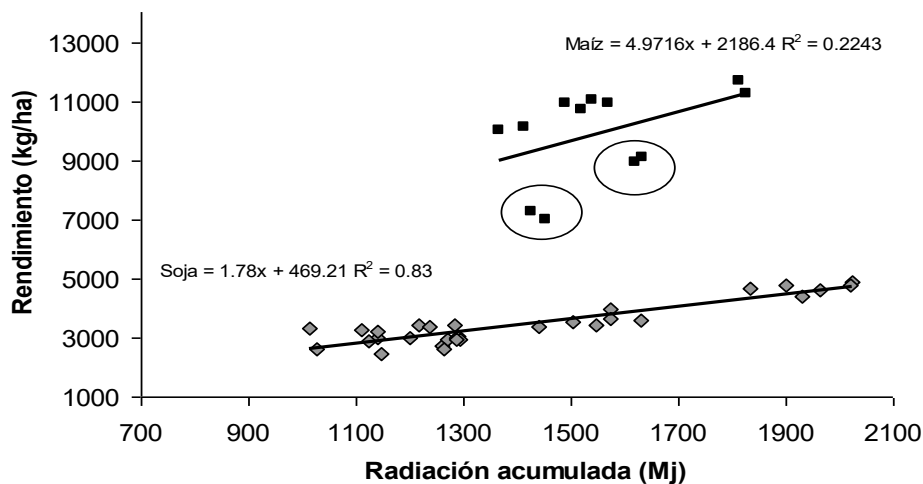


Figura 4: relación entre la radiación acumulada en megajoules y el rendimiento en grano para el set de datos de soja y maíz.

Se observó una estrecha relación entre los valores de radiación acumulada y el rendimiento en grano logrado por las sojas, no así con el rendimiento definido por los maíces demostrando los puntos remarcados, limitaciones a la hora de particionar recursos a rendimiento (ensayo en La Teresa y La Lucila). La eficiencia en el uso de radiación determinada en soja, es levemente superior a los valores observados en bibliografía nacional (1.78 vs 1.5 kg soja/mj interceptado) (Figura 4).

### 3.3.4) Consumo de nutrientes: Nitrógeno, fósforo y azufre en grano.

Se observan diferencias significativas en el valor de nitrógeno, fósforo y azufre extraído en grano ( $p=0.00$ ) para cada una de las secuencias evaluadas e interacciones con los Campos ( $p=0.00$ )

	La Teresa			La Lucila			La Libertad			
Secuencia	N total	N Inv	N verano	N total	N Inv	N verano	N total	N Inv	N verano	Promedio
ArvejaSj	259	82	177	276	94	182	255	95	160	263
ColzaSj	211	63	148	220	63	157	229	77	152	220
Soja1°	218		218	214		214	206		206	213
TrigoSj	205	84	121	201	75	126	199	71	128	202
CebadaSj	207	64	143	190	63	127	203	50	153	200
ArvejaMz	199	86	113	195	94	101	205	95	110	200
Maíz	82		82	114		114	123		123	106
Probabilidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DMS(0.05)	17	14	14	24	11	21	20	12	14	

	La Teresa			La Lucila			La Libertad			
Secuencia	P total	P Inv	P verano	P total	P Inv	P verano	P total	P Inv	P verano	Promedio
ColzaSj	24.6	12.1	12.5	30.6	14	16.5	29.6	15.1	14.5	28.3
ArvejaMz	26.6	5.6	21	30.9	8.9	22	26.3	5.8	20.5	27.9
CebadaSj	25.5	12.5	13	24.8	11.8	13	22.3	8.8	13.5	24.2
TrigoSj	25.5	14	11.5	24	12	12	22.9	11.4	11.5	24.1
ArvejaSj	19.6	5.1	14.5	24.5	8.5	16	19.9	6.3	13.6	21.3
Soja1°	19		19	21		21	19		19	19.7
Maíz	14.5		14.5	21.5		21.5	22.5		22.5	19.5
Probabilidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DMS(0.05)	5.1	3.4	4.2	4.1	3	2.7	3	2.6	2.4	

	La Teresa			La Lucila			La Libertad			
Secuencia	S total	S Inv	S verano	S total	S Inv	S verano	S total	S Inv	S verano	Promedio
ArvejaSj	10.5	3.4	7.1	9.6	3.1	6.5	10	3.4	6.6	10.0
ArvejaMz	9.6	3.5	6.1	9.5	3.4	6.1	9.3	3.7	5.6	9.5
ColzaSj	11.4	5.7	5.7	7.3	3	4.3	9.5	3.2	6.3	9.4
Soja1°	9.7		9.7	7.1		7.1	8.4		8.4	8.4
TrigoSj	8.1	3.9	4.2	6.6	3	3.5	8.6	3.3	5.3	7.8
CebadaSj	7.7	3.2	4.5	6.1	2.8	3.3	8.8	3.2	5.6	7.5
Maíz	4.3		4.3	4.7		4.7	6.4		6.4	5.1
Probabilidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.70	0.00	
DMS(0.05)	0.8	0.4	0.7	1	0.6	1	1.3	0.9	0.8	

Cuadro 13: nitrógeno, fósforo y azufre exportado en grano, diferenciado por cultivo de invierno, de verano y como total para cada una de las secuencias y campos evaluados

**Para el caso de nitrógeno**, la doble secuencia con leguminosa mostró diferencias de nitrógeno en grano muy marcadas en los tres campos con valores entre 250 y 280 kg/ha N exportado. La secuencia que siguió en

exportación de nitrógeno fue colza/soja, con valores entre los 210 y 230 kg/ha de N. Soja de primera fue el planteo que le siguió en los valores de nitrógeno en grano y presentó valores estables entre campos, entre los 205 y 220 kg/ha. Los planteos trigo/soja, cebada/soja y arveja/maíz, presentaron cambios relativos entre campos pero con valores de nitrógeno en grano totales muy similares, oscilando entre los 190 y 210 kg/ha de N exportado en grano. El monocultivo de maíz, presentó la menor extracción en grano de N total. El valor promedio estuvo influenciado por el bajo rendimiento en uno de los campos, en los otros dos campos, la extracción estuvo entre los 110 y 125 kg/ha de N (Cuadro 13).

**Para el caso de fósforo**, las secuencias colza/soja y arveja/maíz presentaron cambios relativos entre campos pero con valores muy similares de fósforo total engrano. Los valores oscilaron entre campos y planteos de 24 a 30 kg/ha de fósforo exportado en grano. Cebada/soja y trigo/soja, fueron las secuencias que siguieron en la extracción total de fósforo, con valores entre 22 y 26 kg/ha, muy similares entre planteos y estables entre campos. Arveja/soja, soja 1° y maíz, presentaron cambios relativos entre campos en la extracción total de fósforo con valores similares entre planteos. Quitando el maíz afectado en el rendimiento, la exportación estuvo entre los 19 y 23 kg/ha de fósforo total exportado en grano (Cuadro 13).

**Para el caso de azufre**, la secuencia con mayor contenido de azufre en grano en los tres campos fue arveja/soja, con valores entre 9.5 y 10.5 kg/ha de azufre exportado. Arveja/maíz y colza/soja fueron las secuencias que siguieron en los valores de azufre en grano, con diferencias entre campos y con valores entre 7 y 11.5 kg/ha de azufre exportado en grano. Soja 1° presentó valores entre 7 y 10 kg/ha de azufre en grano y las secuencias trigo/soja y cebada/soja presentaron valores estables entre campos y muy similares entre secuencias, con extracciones de azufre en grano entre 7 y 10 kg/ha. Maíz presentó los menores valores de azufre exportado en grano en los tres campos (Cuadro 13).

### 3.3.5) Porcentaje del año y del uso hecho por los distintos planteos sobre la oferta total de recursos agua y radiación:

Planteo	La Teresa			La Lucila			La Libertad			PromAgua	PromRadiac
	%Año	%Uso Agua	%Uso Radiac	%Año	%Uso Agua	%Uso Radiac	%Año	%Uso Agua	%Uso Radiac		
Colza/soja	79.2	81.9	42.4	81.6	88.4	50.1	80.3	73.5	37.2	81.3	43.2
Trigo/soja	73.7	79.6	43	74.0	79.7	38.5	74.0	73.3	41.7	77.5	41.1
Cebada/soja	71.2	75.9	40.7	72.6	82.1	38.3	71.0	70.1	36.6	76.0	38.5
Arveja/maíz	64.9	77.5	38.2	61.9	77	39.3	66.3	68.3	34.9	74.3	37.5
Arveja/soja	58.4	72.1	39.4	60.5	78.1	40.3	60.0	70.7	34.4	73.6	38.0
Soja1°	36.7	54.6	33.6	36.2	50.8	34.2	36.2	39.8	31.1	48.4	33.0
Maíz	35.6	52.1	24.9	39.5	50	27.5	39.5	54.9	30.3	52.3	27.6
Probabilidad		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		
DMS(5%)					6.2	3.3		1.1	3.1		

Cuadro 14: estación de crecimiento expresada en % del año, % del uso del agua total como lluvias+almacenamiento y % del uso de radiación incidente para cada uno de los planteos y campos evaluados. Se presentan los valores promedios como referencia.

De manera consistente entre campos, las secuencias colza/soja y trigo/soja fueron las que mayor estación de crecimiento exploraron y las secuencias que mayor porcentaje de los recursos disponibles utilizaron. En relación al recurso agua, utilizaron entre el 74 y el 82% de la oferta total de agua, mientras que entre el 37 y el 42% de la radiación incidente fue aprovechada por esta secuencia. Por su parte, la secuencia cebada/soja presentó mayor estación de crecimiento que las secuencias arveja/soja y arveja/maíz sin diferencias importantes en los porcentajes de uso de los recursos agua y radiación. Para el caso de agua, el uso estuvo entre el 70 y el 82% mientras que el de radiación entre el 35 y 41%. Los monocultivos presentaron estaciones de crecimiento más cortas con menores porcentajes, respecto de los dobles cultivos, de uso de los recursos radiación y agua, especialmente en este último de manera consistente en los tres campos sin observar diferencias importantes entre maíz y soja1° (Cuadro 14).

### 3.3.6) Márgenes brutos por secuencias:

Se observan diferencias significativas en el margen bruto de las secuencias ( $p=0.00$ ) evaluadas y entre los campos ( $p=0.00$ ). Además existe una fuerte interacción entre las secuencias evaluadas y los campos ( $p=0.000$ ) por lo que los márgenes brutos se presentan para cada campo en particular:

Secuencia	MB La Lucila	Secuencia	MB La Libertad	Secuencia	MB La Teresa	Secuencia	%MB S1°
ArvejaMz	1541	ArvejaMz	1479	ArvejaMz	1358	ArvejaMz	150
ArvejaSj	1286	ColzaSj	1297	ColzaSj	1111	ColzaSj	119
ColzaSj	1071	ArvejaSj	1096	ArvejaSj	1059	ArvejaSj	118
Soja1°	1009	Maíz	1053	TrigoSj	981	Soja1°	100
CebadaSj	888	Soja1°	972	CebadaSj	959	TrigoSj	93
TrigoSj	837	TrigoSj	906	Soja1°	936	CebadaSj	92
Maíz	743	CebadaSj	841	Maíz	430	Maíz	76
Probabilidad	0.00		0.00		0.00		
DMS(0.05)	160		61		172		

Cuadro 15: márgenes brutos para todas las secuencias de cultivos evaluadas en cada un de los campos y % margen bruto promedio respecto a soja de 1°. Precio neto en U\$\$/Tn: Soja: 272, Maíz: 148, Arveja: 235, Colza: 403, Cebada: 136 y Trigo: 148.

Consistentemente en los tres campos la secuencia Arveja/maíz presentó los mejores márgenes brutos con diferencias importantes respecto de las otras secuencias, generando una diferencia promedio de 50% más de margen respecto a la soja1°.

Arveja/soja y Colza/soja presentaron resultados similares entre sí y mejores resultados que la soja de 1° en todos los casos evaluados, superando al margen de la soja1° en un 20%. Asimismo, presentaron mejores resultados que Trigo/soja y Cebada/soja quienes estuvieron un 7% por debajo del margen bruto de la soja 1°. El Maíz en su planteo de monocultivo, presentó el menor margen bruto en 2 de los tres campos arrastrado por los bajos rendimientos (Cuadro 15).

### Conclusiones de la campaña:

- Como cultivos invernales, arveja presentó los rendimientos más estables (Cv 6%) seguido de trigo y cebada (Cv 10.1 y 10.3%), siendo colza el cultivo más variable en rendimiento (Cv 12.7%).
- No hubo diferencias importantes en días a madurez de cosecha entre los cultivos colza, cebada y arveja. Las diferencias en días respecto al trigo alcanzaron en promedio a 17 días.
- Existió un fuerte efecto del cultivo antecesor sobre el Rto de S2°, con interacciones con las localidades. Siempre sobre arveja rindió más que sobre colza, que sobre cebada y que sobre trigo con diferencias promedio de 279, 550 y 783 kg/ha, respectivamente.
- La S2° sobre arveja en La Teresa rindió el 76.7% de la S1°, mientras que en La Libertad ese valor alcanzó el 72.3%. Por su parte, el maíz sobre arveja rindió 141.3% del maíz convencional, mientras que en La Libertad ese valor alcanzó el 94.6%.
- Las secuencias que mayor aporte de rastrojo hicieron fueron arveja/maíz (11761 kg/ha), cebada/soja (10827 kg/ha) y trigo/soja (10027 kg/ha). Estas deberían ser los eslabones de la secuencia destinados a aportar carbono.
- Existieron diferencias en la estación real de crecimiento entre monocultivos y dobles cultivos. A su vez, dentro de dobles cultivos, colza/soja utilizó mayor parte de la estación real de crecimiento (81%). En el otro extremo, arveja/soja utilizó el 59% de la estación real de crecimiento. Asociado a esto, colza/soja usó el 81.3 y el 43.2% de la oferta total de agua y radiación, mientras que arveja/soja usó el 73.6 y el 38% del agua y radiación total ofertada.
- Arveja/soja fue el planteo que más nitrógeno y azufre se llevó en grano, 263 y 10 kg/ha respectivamente. Colza/soja y arveja/maíz fueron las secuencias más extractivas de fósforo, con 28 kg/ha.
- El Margen bruto de arveja/maíz superó en un 50% al de S1°. El MB arveja/soja y colza/soja superaron al de soja de primera en un 18% siendo trigo/soja y cebada/soja inferiores en un 7%.

**Evaluación de alternativas de secuencias de cultivos invernales/soja y soja 1°. Datos de campaña 2009-10 y 2010-11.**

Planteo	Rto cult.inv (Kg/ha)	Rastrojo Inv.(kg/ha)	Rto cult.Vrno(kg/ha)	Mseca Vrno(Kg/ha)	Mseca Planteo(kg/ha)	Etc cultivo
Colza/soja	2144	5769	3336	3450	9219	382
Cebada/soja	5400	7868	3044	3016	10884	453
Arveja/soja	2866	3905	3361	3209	7114	326
Soja1°			4517	4269	4269	(531)
Probabilidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DMS(0.05)	639	1480	580	434	1208	103

Cuadro 16: rendimiento y aporte de rastrojos en kg/ha para tres planteos de dobles cultivos y soja 1°. Valores de evapotranspiración de colza, cebada, arveja y soja 1°. Datos promedios de dos campañas y tres localidades.

Las alternativas evaluadas en cultivos invernales difirieron en productividad y en el consumo de agua. La cebada presentó un consumo promedio de 453 milímetros, 70 (15%) y 130 (28%) milímetros más que colza y arveja, respectivamente. El planteo cebada/soja produjo mayor cantidad de rastrojo seguido del planteo colza/soja y arveja/soja, siendo el planteo de soja de primera quien claramente aportó menos rastrojo. Las sojas de segunda en promedio rindieron 305 kg/ha más sobre colza y arveja que sobre cebada alcanzando el 75% de la productividad de la soja 1° (Cuadro 17). Si quitamos de la base de datos los rendimientos de soja 2° de La Lucila en campaña 2009-10 con problemas en la fecha de siembra, las diferencias de rendimiento a favor de la soja de segunda sobre arveja alcanzan los 337 y 227 respecto de antecesor cebada y colza, respectivamente.

Planteo	Colza/soja		Cebada/soja		Arveja/soja		Soja1°
	Colza	Soja2°	Cebada	Soja2°	Arveja	Soja2°	
Gastos Tot	445	232	462	232	324	232	306
Precio Neto	403	272	136	272	235	272	272
Margen Bruto	419	675	272	596	350	682	923
Total - %S1°	1094	119%	868	94%	1032	112%	923

Cuadro 18: Gastos totales, Precio neto y Margen bruto parcial, total y como porcentaje de Soja 1° para las tres secuencias evaluadas. Precio neto en U\$\$/Tn: Soja: 272, Maíz: 148, Arveja: 235, Colza: 403, Cebada: 136 y Trigo: 148.

El planteo Colza/soja y arveja/soja presentaron un aumento en el margen bruto del 19 y 12 % respectivamente, en relación al logrado por el planteo de soja de primera. Cebada/soja presentó un margen bruto inferior en un 6% respecto a soja 1° (Cuadro 18).

**Conclusiones dos campañas (2009/10 y 2010/11):**

- **Cebada presentó los rendimientos más estables (Cv 12.4%) seguido de colza (Cv 15.7%), siendo arveja el cultivo más variable en rendimiento (Cv 20.2%). Si tenemos en cuenta heladas (Rto=0) y enfermedades, el cultivo mas variable fue colza.**

- No hubo diferencias importantes en días a madurez de cosecha entre los cultivos invernales evaluados ( $\pm 4$  días como max).
- El rendimiento de soja 2° sobre arveja fue similar que sobre colza, con diferencias de 305 kg/ha (10%) promedio comparado con cebada. Quitando dato de Rto S2° La Lucila 2009-10, las diferencias en rendimiento de soja de segunda sobre arveja alcanzan los 337 y 227 k/ha comparada con cebada y colza, respectivamente.
- La soja 2° sobre arveja en La Teresa rindió el 77.2% de la soja 1°, mientras que el La Libertad ese porcentaje alcanzó el 72.5 %.
- Los doble cultivos aportaron más rastrojo que soja 1° con un orden de magnitud de 2.6, 2.2 y 1.7 veces para el caso de cebada/soja, colza/soja y arveja/soja, respectivamente. Cebada/soja fue el planteo que alcanzó el aporte de 11 Tn/ha necesarios para mantener el balance de carbono de nuestros suelos (dato Inta Pergamino).
- La cebada fue el cultivo invernal más eficiente en el uso de agua y la arveja el menos eficiente. Cebada consumió 130 (28%) y 70 (15%) milímetros más que colza y arveja, respectivamente.
- El Margen bruto de colza /soja y arveja/soja superaron al de soja de primera en un 19 y 12 % respectivamente, siendo cebada/soja el de menor resultado (- 6%).