

**“INTERCULTIVO DE MAIZ TEMPRANO- TARDIO COMO ESTRATEGIA PARA
EFICIENTIZAR EL USO DE LOS RECURSOS EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE
BUENOS AIRES”**

Trabajo Final de Grado

del alumno

MELCON, FRANCISCO JULIO

Este trabajo ha sido presentado como requisito

para la obtención del título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Carerra: Ingeniería Agronómica



Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

“INTERCULTIVO DE MAIZ TEMPRANO- TARDIO COMO ESTRATEGIA PARA EFICIENTIZAR EL USO DE LOS RECURSOS EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES”

Trabajo Final de Grado

del alumno

MELCON, FRANCISCO JULIO

Ing. Agr. MSc. Roberto D. Lorea
Evaluador

Ing. Agr. Alan D. Severini
Evaluador

Ing. Agr. MBA Carlos Sosa
Evaluador

Dra. María de los Ángeles Rossini
Director

Ing. Agr. Paolo De Luca
Co - Director

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

Junín, 11 de Septiembre de 2018

Agradecimientos

A través de estas líneas quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que colaboraron para la realización del presente trabajo.

En primer lugar le quiero agradecer a mi directora de tesis, Ing. Agr. María Rossini, mi más amplio agradecimiento, por su paciencia antes mis demoras, por su aporte infinito en la tesis, su dedicación, por la orientación, seguimiento y supervisión continua del trabajo y su apoyo para seguir hasta lograr las conclusiones.

Al Ing. Agr. Martín Sackmann, quien me confió el trabajo, por su colaboración en el aporte de datos y su insistencia para concluirla. Extiendo mi gratitud al Ing. Agr. Paolo De Luca, por involucrarse, por el interés mostrado y las sugerencias.

Una especial mención al Ing. Agr. Guillermo Mangas por brindarme todo su apoyo para llevar adelante mi tesis y su interés por el desarrollo de la misma.

Por último todo esto no hubiese sido posible sin el apoyo incondicional de mi familia, mi papá, mi mamá, mi hermana, mis abuelas y mi novia, quienes estuvieron desde el día uno consultando por mi tesis, dándome ánimo para avanzar con la misma, trabajando junto a mi en el desarrollo de los ensayos.

A todos ustedes mis mayor aprecio y gratitud.

Índice

1. Introducción	1
1.1. <i>Rendimiento potencial, alcanzable y real</i>	4
1.2. <i>Sistemas productivos del maíz</i>	5
1.3. <i>Sistema de policultivos</i>	8
2. Objetivo.....	10
2.1. <i>Objetivos particulares</i>	10
3. Hipótesis.....	10
4. Materiales y métodos	11
4.1. <i>Diseño experimental</i>	11
4.2. <i>Condiciones de crecimiento durante la estación de cultivo</i>	14
4.3. <i>Determinaciones</i>	16
5. Resultados	17
5.1. <i>Rendimiento, número y peso de los granos</i>	17
5.2. <i>Rendimiento, número y peso de los granos relativo</i>	19
5.3. <i>Productividad del intercultivo y las monoculturas en un esquema de diversificación</i>	23
6. Discusión.....	25
7. Conclusión.....	29
8. Bibliografía.....	30

Resumen

La expansión de la agricultura en la Argentina ha sido hacia zonas más semiáridas como la Pampa Interior. De esta manera, el cultivo de maíz se ha expandido fuera de la zona templado-húmeda de producción tradicional hacia tierras menos productivas y con mayores limitaciones para el rendimiento del cultivo. Así, para atenuar estas limitaciones ha surgido la fecha de siembra tardía, la cual posee menor potencial de rendimiento que la fecha de siembra temprana pero una mayor estabilidad. El intercultivo de maíz temprano y tardío podría ser una buena alternativa para obtener los beneficios de ambas estrategias. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento absoluto y relativo (RR) del intercultivo maíz temprano-tardío en diferentes proporciones (33-67 y 50-50 % de temprano y tardío, respectivamente) en relación a la monocultura de maíz temprano y de maíz tardío. Se llevaron a cabo experimentos a campo en dos establecimientos localizados en los partidos de L. N. Alem (B) y en Pehuajó (B). Los rendimientos absolutos de ambas combinaciones de intercultivo fueron mayores en un 93% ($P < 0.10$) a la monocultura de maíz temprano (sólo en uno de los ambientes), aunque no superaron a la opción de la monocultura de maíz tardío. Los RR de los maíces tempranos en intercultivo versus la monocultura resultaron superiores (38%) a la proporción de este cultivo dentro de la intersembradura. Contrariamente, el RR del tardío resultó menor (16%) a la proporción de este cultivo dentro de la intersembradura. De esta manera, el intercultivo temprano compensó, mediante número de granos y peso de los mismos, el menor rendimiento del tardío resultando en un RR total mayor a 1 sólo en uno de los ambientes. El esquema de intercultivo, bajo un modelo de 100 has en el establecimiento de Pehuajó, obtendría una productividad superior (~8.440 Kg/ha) al esquema de cultivos separados (~7.400 Kg/ha). Sin embargo, el esquema de la totalidad de la superficie en fecha tardía resultaría en una mayor productividad (9.550 Kg/ha) respecto a ambos intercultivos. En la situación en que intercultivo obtenga un rendimiento un 13% mayor al actual puede igualar a la productividad del maíz tardío. Su factibilidad dependerá del ajuste de estrategias de manejo (elección de genotipos, proporción dentro de la intersembradura, densidad).

Palabras clave: fecha de siembra, intercultivo, maíz, policultivo.

1. Introducción

El sistema alimentario mundial experimentará una confluencia de presiones sin precedentes en los próximos años. La población mundial aumentará desde los casi 7.000 millones de habitantes actuales hasta 8.000 millones antes de 2030, y probablemente hasta más de 9.000 millones antes de 2050 (Oficina del Gobierno para la Ciencia, 2011). Muchas personas tendrán una situación económica mejor, una dieta más variada y de alta calidad que exigirá producir recursos adicionales. Esta demanda de alimentos estará aún más amenazada por el reemplazo, al menos parcial, de la matriz energética actualmente basada en energía fósil como petróleo, gas y carbón, por energía obtenida a partir de recursos renovables como los cultivos (biocombustibles). Esta futura demanda de alimentos exigirá una mayor producción de los cultivos comerciales.

Los aumentos de la producción pueden provenir de tres fuentes principales: expansión de la superficie de labranza, aumento de la intensidad de los cultivos (la frecuencia a la que se cosechan los cultivos de una superficie determinada) y mejoras de rendimiento.

La mejora de los rendimientos fue el factor más importante no sólo en el mundo desarrollado sino también en los países en desarrollo, donde representó el 70 por ciento del aumento de la producción. La expansión de la superficie cultivada representó algo menos de una cuarta parte del aumento de la producción en estos países. Sin embargo, en zonas con más abundancia de tierras, la expansión de la superficie fue un factor que contribuyó en mayor medida. Esto ocurrió especialmente en el África subsahariana donde representó el 35 por ciento y América Latina donde la cifra alcanzó el 46 por ciento, considerando el período 1961-1999 (FAO, 2002).

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Hoy día el maíz es el primer cultivo del mundo por su producción, después el trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar (USDA, 2015). El grano es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. Globalmente, el maíz se cultiva en más de 178 millones de hectáreas (USDA, 2015) con una producción anual de más de 580 millones de toneladas métricas. Argentina participa en un 2% de la producción mundial, exporta cerca del 65% con tendencia creciente y destina al mercado interno la diferencia. Del volumen total para el consumo interno, más de un 80% se destina a la alimentación animal bajo las formas de balanceado, silaje de maíz, derivados de la molienda, o directamente grano entero, partido y/o molido, siendo el consumo en chacra y la molienda en su conjunto los principales demandantes del maíz internamente (Pastor, 2004).

En nuestro país, el maíz es el segundo cultivo más importante luego de la soja, con una participación del 30% de la producción total de granos del país (BCR, 2017). Asimismo, el aumento de los precios internacionales a partir de 2006, determinan significativamente que el área sembrada con maíz presente una tendencia creciente.

La cadena del maíz argentino transita un proceso de cambio, puesto que se está incrementando aceleradamente la demanda nacional de alimentos balanceados por el sector pecuario (bovino, porcino y aviar), dado el mayor consumo de sus sub-productos (ej. carnes, leche y productos lácteos), como así también el consumo de los productos de las moliendas (húmeda y seca) y de los biocombustibles. Teniendo en cuenta que en nuestro país existe un bajo coeficiente de industrialización, la producción de maíz se caracteriza por una importante

diversificación de subproductos, y a medida que se avanza en sus encadenamientos, presenta una fuerte potencialidad en términos de articulaciones tecnológicas y productivas futuras (Lavarello, 2003).

Tradicionalmente la producción de maíz en la Argentina se concentró en la sub-región más productiva de las Pampas, es decir, la Pampa Ondulada (32° a 35.8° S y 58° a 62° O) (Hall 1984). Esta región templado-húmeda (ca. 950 mm año⁻¹) presenta las menores limitaciones climáticas para la agricultura en la Argentina y los suelos más fértiles. Junto a los cambios en las tendencias del clima, por ejemplo, los aumentos en las precipitaciones de hasta un 50% en algunas zonas de la Pampa (Barros, 2008), se ha observado la expansión de la agricultura hacia zonas más semiáridas como la Pampa Interior (al oeste y al sur-oeste de la Pampa Ondulada), donde la ganadería representaba el uso predominante de los suelos. Del mismo modo, la frontera agrícola se ha desplazado hacia el norte de la Pampa Ondulada. De esta manera, el cultivo de maíz se ha expandido fuera de la zona templado-húmeda de producción tradicional hacia tierras menos productivas y con mayores limitaciones para el rendimiento del cultivo.

El rendimiento en grano de un cultivo depende de la oferta de recursos por parte del ambiente, la captura de dichos recursos por parte del mismo, la eficiencia de uso de los recursos para producir biomasa y la partición de la biomasa producida a grano. Muchos de los recursos naturales son cada vez más limitados (agua, nutrientes), lo que constituye una amenaza. Sin embargo, la intensidad de la radiación solar se mantendrá relativamente constante, y representa un recurso que puede ser usado más eficientemente para la producción de granos. Al igual que en otros cultivos de granos, el rendimiento en maíz puede

ser estudiado a través de sus componentes numéricos: el número de granos (NG) por unidad de superficie y el peso individual de los granos. De ambos componentes numéricos, el NG explica la mayor parte de las variaciones en el rendimiento. Este componente numérico queda establecido en un período de aproximadamente 30 días centrado en la floración femenina, motivo por el cual se definió a esta etapa como período crítico. La incidencia de un estrés abiótico provoca importantes caídas en el NG cuando tiene lugar en este período, el cual coincide con el crecimiento activo de la espiga, la emergencia de estigmas y el inicio del llenado del grano (Cárcova *et al.* 2003).

1.1. Rendimiento potencial, alcanzable y real

El rendimiento potencial de un cultivo es aquel rendimiento máximo que se puede obtener cuando los únicos factores limitantes son la radiación y la temperatura (i.e. sin limitaciones de agua y nutrientes). Se encuentra determinado por el ambiente fototérmico (radiación y temperatura) explorado por el cultivo durante el período crítico para la determinación del rendimiento. Asimismo, depende de decisiones de manejo como el genotipo o la fecha de siembra.

El rendimiento alcanzable es aquel que es limitado por agua y nutrientes, los cuales durante el ciclo del cultivo determinan la brecha entre el rendimiento alcanzable y el potencial.

El rendimiento logrado puede ser menor al teóricamente alcanzable si no se protege al cultivo de los factores reductores (e.g. plagas, enfermedades y malezas) (Bert y Satorre, 2012).

1.2. *Sistemas productivos del maíz*

A lo largo del país existen distintos sistemas productivos para el cultivo y distintas tecnologías para su producción. En la región Pampeana, la principal región productiva de maíz (entre el 81% y 86% de la producción de maíz se concentró en las provincias Pampeanas en los últimos 5 años) pueden distinguirse dos sistemas productivos del cultivo de maíz. En primer lugar, en el sistema tradicional de producción que usualmente se denomina “Maíz temprano”, el cultivo se siembra hacia fines del invierno-inicio de primavera (según la zona, la ventana de siembra generalmente abarca dos meses comenzando a mediados de Agosto). El otro sistema es usualmente denominado “Maíz tardío” en el cual el cultivo se siembra a fin de primavera-inicio de verano. En este caso, el cultivo puede sembrarse más tardíamente, en una ventana de 1-1,5 meses desde mediados de Noviembre hasta usualmente Enero. Los distintos sistemas productivos exploran diferentes ambientes, ya sea por ubicar sus etapas fenológicas bajo distintas condiciones climáticas, por implantarse sobre condiciones de estado del suelo diferentes (e.g., maíz de segunda) o por tener diferentes tipos de manejo (fertilización, riego). Así, cada sistema presenta ventajas y desventajas que se manifiestan en los distintos rendimientos obtenidos (Bert y Satorre, 2012).

La fecha de siembra temprana, debido a las condiciones térmicas y radiativas puede generar más granos y de mayor peso y eso determina un mayor rendimiento potencial. En décadas pasadas, estudios realizados en la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino y otros centros de investigación, demostraron que las siembras tempranas del maíz en septiembre u octubre, con cultivares no transgénicos, tenían la máxima potencialidad de

rendimiento asociado a floraciones de fines de diciembre principio de enero, que permiten aprovechar los altos niveles de radiación en este período crítico de definición del rendimiento. Sin embargo, bajo situaciones en donde existen factores limitantes, las ventajas de un mayor rendimiento potencial de los sistemas tempranos son secundarias y pueden, en cambio, expresarse algunas ventajas agronómicas de los sistemas tardíos que contribuyen a obtener mejores resultados productivos del maíz en general (rendimiento alcanzable). Algunas de las ventajas climáticas mencionadas antes para los tempranos pueden convertirse en desventajas: por ejemplo mayores niveles de radiación implica mayor demanda atmosférica y, en consecuencia, mayor probabilidad de stress hídrico si la limitante es el agua, particularmente en el período crítico del cultivo. Sumado a lo anterior, dada la estacionalidad de las lluvias Pampeanas (mayores lluvias en semestre cálido) es más factible que el suelo presente un mayor nivel de recarga a la siembra y al inicio del período crítico de los maíces tardíos. Los niveles de N y P (deficitarios en la mayor parte de la región Pampeana) en el suelo al momento de la siembra de maíces tardíos suelen ser más altos que los maíces tempranos dado el mayor tiempo de mineralización y mejor condición hídrica del suelo.

El maíz tardío tiene mayor probabilidad de incidencia de factores reductores del rendimiento, dada las condiciones climáticas a las que se exponen las etapas críticas del cultivo (e.g., altas temperaturas y humedad). La presión de enfermedades y plagas es mayor, una enfermedad particularmente problemática, por las pérdidas de rendimiento que puede ocasionar al cultivo, es el tizón foliar (*Helminthosporium* sp.). Asimismo, es posible encontrar mayores niveles de plagas comunes del maíz cogollero (*Spodoptera frugiperda*), y de la isoca de la espiga (*Heliothis zea*), con un daño potencial mayor. El barbecho de los maíces

tardíos es más largo y generalmente requiere de un mayor número de aplicaciones de herbicidas (para evitar que una de las ventajas, la mayor reserva de agua a la siembra no desaparezca).

Tradicionalmente, el maíz temprano fue el sistema productivo predominante. Sin embargo, en la actualidad, con la aparición de híbridos Bt y con el desarrollo de tecnologías para el control de las principales orugas que afectan la planta y la espiga, es posible retrasar la fecha de siembra a principios de diciembre, de modo que la floración ocurra a mediados de febrero. La floración en febrero permite escapar a los períodos de sequía durante el período crítico ya que la media de precipitaciones en este mes es alta, con baja variación estacional y acompañada con temperaturas menores que implican una baja demanda hídrica del cultivo. Como desventaja, el cultivo florece con menor intensidad de radiación, debido a la época del año, y el potencial de rendimiento es menor (Presello, *et al.*, 2016).

La elección de la fecha de siembra tardía en el cultivo de maíz se está generalizando como una estrategia para una mayor estabilidad en los rendimientos, para sembrar lotes con poca agua útil a la siembra o para sembrar ambientes que por su génesis tienen poca capacidad de retener agua, (i.e. suelos con altos % de arena, con tosca cerca de superficie, tapto, etc.), pero con altas chances de una recarga del perfil con posteriores precipitaciones. Las zonas donde más se ha generalizado la fecha tardía como alternativa a la fecha temprana son norte de Córdoba, La Pampa, San Luis, Suroeste de Córdoba (Sackmann, 2010).

1.3. Sistema de policultivos

Si bien en zonas templadas son poco frecuentes, los policultivos o cultivos asociados recientemente han despertado el interés de los investigadores. En estos sistemas de producción dos o más cultivos crecen al mismo tiempo en una misma superficie de tierra. Este sistema no se reduce sólo a la mezcla de diferentes especies, sino también a la combinación de cultivares de una misma especie, y ésta es también una alternativa factible para incrementar el rendimiento de los cultivos.

El intercultivo de maíz temprano y tardío permitiría una estación de crecimiento más prolongada y por lo tanto mayor captación de recursos (luz, agua, nutrientes) por parte del mismo. Este sistema productivo podría ser una buena alternativa para colocar el período crítico para la determinación del NG en distintas fechas. De esta manera, la ventana temporal crítica para la definición del NG es más amplia y cualquier incidencia de un estrés dentro de la misma impactaría en menor magnitud. A su vez, el intercultivo permitiría un incremento la productividad de los suelos y hacer un uso más eficiente de los recursos, siendo, por lo tanto, una herramienta ecológicamente apropiada para reducir el uso de insumos externos, con los beneficios que implica en la sustentabilidad de los agroecosistemas.

Las ventajas de los policultivos y su rol en el marco de una agricultura sustentable se basan en dos grandes aspectos: (i) una mayor eficiencia en el uso de los recursos, y (ii) un mejor comportamiento (estabilidad) ante la presencia de estreses bióticos y abióticos. Las ventajas de los policultivos debidas a un mejor uso de los recursos se registran más frecuentemente cuando se desarrollan en condiciones subóptimas para el crecimiento del cultivo. Esto indicaría que si el recurso que es limitante en tal situación, es provisto a través

de riego o fertilización, la ventaja del policultivo podría desaparecer. Por este motivo, el empleo de este sistema de producción es planteado como una alternativa para reducir la utilización de insumos externos (Sarandón y Chamorro, 2003).

Los intercultivos o policultivos pueden evaluarse mediante el rendimiento relativo con respecto a la monocultura (Ecuación 1).

$$RR_A = \frac{\text{Rendimiento A intercultivo}}{\text{Rendimiento A monocultura}} \quad (1)$$

donde RR_A es el rendimiento relativo del cultivo A. Así, el RR puede calcularse para todos los cultivos que integren el intercultivo. La sumatoria de los rendimientos relativos (RR total) provee una medida del tipo de interacción entre los cultivos dentro del sistema de intercultivo.

$$RR_t = \frac{\text{Rend A en inter} + \text{Rend B en inter}}{\text{Rend A en mono} + \text{Rend B en mono}} \quad (2)$$

Si el RR total es menor a 1 es perjudicial hacer intercultivo (e.g. fitotoxicidad, alelopatía). Si es igual a 1 significa que hay plena competencia y no hay beneficio del intercultivo. Finalmente, si el RR total es mayor a 1, ambos cultivos se benefician estando juntos (i.e. se complementan) (Rao y Willey, 1980). El RR es equivalente a lo que se menciona como LER por sus siglas en inglés (Land Equivalent Ratio: Uso equivalente de la Tierra) en la literatura internacional.

El rendimiento relativo como herramienta para evaluar la conveniencia o no de los intercultivos se utiliza debido a que generalmente las especies que conforman el intercultivo se cosechan de manera separada (i.e. son especies distintas). En este trabajo, el intercultivo está compuesto por una única especie que difiere en la fecha de siembra pero que se cosecha de manera conjunta. Es por ello que se evaluará el rendimiento absoluto de las estrategias evaluadas y luego se analizarán los rendimientos relativos.

2. Objetivo

Evaluar el rendimiento absoluto y relativo del intercultivo maíz temprano-tardío en diferentes proporciones en relación a la monocultura de maíz temprano y de maíz tardío.

2.1. *Objetivos particulares*

Evaluar el rendimiento total y el rendimiento relativo de las diferentes combinaciones de intercultivo maíz temprano-tardío en comparación con la monocultura temprana y tardía.

Analizar los componentes del rendimiento (número y peso de granos) en cada una de las opciones.

Analizar, a partir de la productividad del intercultivo y de las opciones de monoculturas, su inserción en un sistema de diversificación.

3. Hipótesis

El rendimiento absoluto del maíz en intercultivo es mayor al rendimiento de las monoculturas temprana y tardía.

4. Materiales y métodos

4.1. Diseño experimental

Se realizó un experimento a campo en la estancia “Las Balas” (34°24′22,62” S, 61°35′18,69”), perteneciente a la firma LIAG Argentina S.A, en la localidad de Vedia, partido de L. N. Alem. Se replicó en la estancia “La Joaquina” (35°46′29,67” S, 62°10′47,62” O), propiedad de la firma CURARU S.A., ubicada en Estación El Recado, partido de Pehuajó. Los datos del análisis del suelo son presentados en la Tabla 1.

Tabla 1: Datos del análisis de suelo de ambas localidades.

ESTABLECIMIENTO	M.O. (%) *	P (ppm)	NO ₃ 0-20 cm	NO ₃ 20-50 cm
Las Balas	2,2	38,8	10,9	6,2
La Joaquina	2,3	9	s/d	s/d

M.O.: materia orgánica; **P:** Fósforo; **NO₃:** Nitratos

El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Los tratamientos incluyeron distintas combinaciones de maíz tardío y temprano sembrados en intercultivo:

T1: 100% maíz temprano- 0 % maíz tardío.

T2: 50% maíz temprano- 50% maíz tardío.

T3: 33% maíz temprano- 67% maíz tardío.

T4: 0% maíz temprano- 100% maíz tardío.

La siembra temprana se llevó a cabo el día 7/10/2013 en Las Balas, el híbrido utilizado fue DK 7210 VT3P. Se aplicaron en forma anticipada (8/9/2013) e incorporada 180 kg ha⁻¹ de

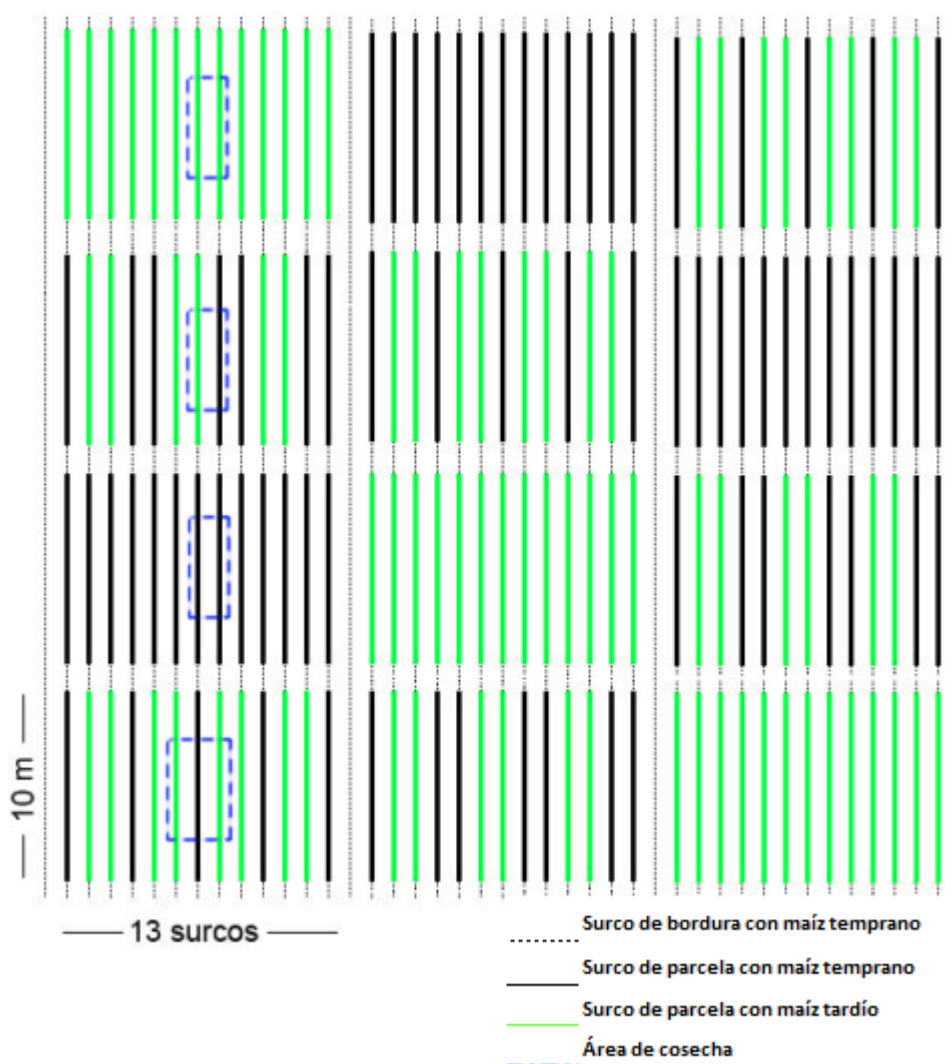
urea. Se pulverizó el 10/10/2013 con herbicidas, glifosato 66% 1,6 l, atrazina 90% 1 kg, 0,3 l 2,4D, e insecticidas con una dosis de 0,25 l de gammacialotrina. Se realizó una segunda aplicación de herbicidas el 16/10/2013 con 1,6 l de glifosato 66% y 0,5 kg de Atrazina 90%. En el caso de La Joaquina la siembra se realizó el día 3/10/2013 con el híbrido LT 624 VT3P, fertilizando en la línea con 70 kg ha⁻¹ de MAP. La aplicación de herbicidas fue el 4/10/2013 con 3 l de Atrazina 50%, 1 l. de Acetoclor y 3 l de Glifosato (360 gr e.a/ l). Se volearon 120 kg de urea ha⁻¹ cuando el cultivo se encontraba en V4.

Ambos genotipos evaluados poseen similar madurez relativa (122 días el DK 7210 VT3P y 123 días el material LT 624 VT3P) y comportamiento sanitario.

El ensayo se rodeó con 2 m (4 hileras) de cultivo de maíz. La siembra del maíz temprano se realizó con maquinaria propia. La unidad experimental fue de 13 hileras de 10 metros de largo distanciadas a 0,52 m. En el caso de la combinación 50% maíz temprano y 50% tardío se intercaló en combinaciones de 2 hileras cada tratamiento. Mientras que el tratamiento 33 % maíz temprano y 67% tardío incluyó 1 hilera sembrada temprano y 2 hileras de siembra tardía (Figura 1). La densidad de siembra objetivo fue de 65.000 pl ha⁻¹ para el caso de las siembras tempranas (tanto en monocultivo como en intercultivo) y de 60.000 pl ha⁻¹ en el sistema tardío. Las hileras correspondientes al maíz tardío fueron raleadas luego de la emergencia del maíz temprano. La siembra del maíz tardío se realizó cuando el maíz temprano alcanzó antesis (50% de las plantas con una antera emitiendo polen). Para Las Balas la siembra fue el 18/12/2013 y en La Joaquina el 12/12/2013. La siembra fue manual

con bastones sembradores colocando una semilla por golpe. En ambos casos luego de la siembra se realizó una aplicación de glifosato.

Figura 1: Diseño experimental con las diferentes combinaciones de intercultivo maíz temprano-tardío.



En la práctica esta metodología implicará la siembra mediante un prototipo que se muestra a continuación (Figura 2).

Figura 2: Prototipo de sembradora para intercultivos realizado por la firma PLA.



4.2. Condiciones de crecimiento durante la estación de cultivo

El período crítico para la determinación del rendimiento del cultivo en fecha temprana en Las Balas (desde el 3 hasta el 30 de Diciembre) se caracterizó por una temperatura media de 25 °C, una radiación incidente acumulada de 826 MJ/m² y 44 mm de precipitación (Tabla 2). El cultivo de fecha tardía (desde el 28 de Enero hasta el 24 de Febrero) exploró una temperatura media de 22 °C, la radiación incidente acumulada fue de 606 MJ/m² y 250 mm de precipitación.

En el Establecimiento La Joaquina, el período crítico del cultivo de fecha temprana (desde el 3 hasta el 30 de Diciembre) se caracterizó por una temperatura media de 26 °C (con breves períodos de temperaturas por encima de los 35°C), una radiación incidente acumulada de 820 MJ/m² y 35 mm de precipitaciones (Tabla 3). En el cultivo tardío (desde el 14 de Enero hasta el 10 de Febrero), la temperatura media fue de 25 °C, la radiación incidente acumulada de 703 MJ/m² y las precipitaciones de 89 mm.

Tabla 2: Precipitaciones, temperatura media, mínima, máxima y radiación incidente promedio por mes para el establecimiento Las Balas.

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Precipitaciones (mm)	23	47	216	53	173	221	106
T° media (°C)	16	18	20	25	24	21	18
T° min (°C)	8	11	13	17	18	16	11
T° max (°C)	24	25	28	33	31	27	26
Radiación Incidente (MJ/m2)	17	21	27	29	30	21	20

Estación meteorológica modelo: Imetos, Las Balas.

Tabla 3: Precipitaciones, temperatura media, mínima, máxima y radiación incidente promedio por mes para el establecimiento La Joaquina.

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Precipitaciones (mm)	37	59	151	34	19	140	115
T° media (°C)	12	17	21	26	25	22	20
T° min (°C)	5	11	14	18	16	16	12
T° max (°C)	20	25	29	34	34	29	28
Radiación Incidente (MJ/m2)	14	19	25	20	29	21	19

Estación meteorológica modelo: Nimbus THP. Trenque Lauquen, predio de Aeroclub, EEA Villegas.

4.3. Determinaciones

La cosecha de cada experimento se realizó para las combinaciones temprano-tardío en forma conjunta, en Las Balas se realizó el 10 de Julio, siendo la humedad del temprano 14,3% y del tardío 18,2%. En La Joaquina la trilla fue anterior, el 20 de Abril, promediando una humedad de 16% para el temprano y 30% para el tardío. La cosecha de espigas se realizó en forma manual sobre dos hileras vecinas (preferentemente ubicadas en el centro de la parcela) para los tratamientos 1, 2 y 4, o tres hileras contiguas en el tratamiento 3. De cada hilera sólo se cosecharon los 5 m centrales (unidad muestral). Las espigas cosechadas en cada hilera fueron colocadas en bolsas individuales para la posterior determinación de los componentes del rendimiento. El rendimiento en grano fue estimado para cada hilera a partir del peso húmedo de las espigas desgranadas. Para tal fin, una vez recolectadas las espigas fueron deschaladas y pesadas. Posteriormente, se tomó una muestra representativa de granos y se determinó el contenido de humedad de los granos. A partir de esta información se estimó el rendimiento en grano en base seca por unidad de superficie.

Para ambas fechas de siembra en intercultivo (temprano y tardío) se cuantificó el rendimiento relativo (Ecuación 1) y la sumatoria de ambos rendimientos relativos dio como resultado el rendimiento relativo total del intercultivo (Ecuación 2).

Para ambas fechas en intercultivo se evaluó el peso de mil granos relativo (P1000 Ra) (Ecuación 3):

$$P1000 Ra: \frac{P1000 A \text{ en intercultivo}}{P1000 A \text{ en monocultura}}$$

(3)

Similarmente, se cuantificó el número de granos relativo por unidad de área (hectárea) (NG Ra) (Ecuación 4):

$$\text{NG Ra: } \frac{\text{NG A en intercultivo}}{\text{NG A en monocultura}}$$

(4)

El efecto de los factores evaluados (intercultivo) sobre las variables de interés (rendimiento absoluto, número de granos, peso de los granos, rendimiento relativo, número y peso de granos relativo) se analizaron mediante un ANOVA (Statistix 7.0). Las localidades se analizaron por separado, considerando el resultado significativo ($P < 0.05$) del test de homogeneidad de varianza. Se trabajó con un $P < 0.10$ debido a que se trabajó con datos provenientes de ensayos de campo, teniendo una tolerancia del 10 % de estar cometiendo el error de rechazar la hipótesis nula cuando esta es verdadera. Así, se consideraron diferencias significativas con un 90% de probabilidad. En el caso de la variable “rendimiento” analizada para el establecimiento “La Joaquina” los valores se transformaron a través de la función Log2, para lograr una distribución normal.

5. Resultados

5.1. Rendimiento, número y peso de los granos

En el establecimiento Las Balas no se registraron diferencias significativas en los rendimientos absolutos (Tabla 4). El NG no difirió entre los tratamientos, pero sí hubo diferencias significativas en el P1000 ($P < 0.10$; Tabla 4), donde el tratamiento de 100% tardío presentó el mayor valor respecto al resto de los tratamientos.

Tabla 4: Rendimiento absoluto, número de granos (NG) por espiga y peso de los granos (P1000) para las diferentes combinaciones de intercultivo temprano-tardío en el Establecimiento Las Balas.

Establecimiento	Tratamiento	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	DE	NG (espiga)	DE	P1000 (gr)	DE
Las Balas	100% temprano	8744	1115 A	529	107 A	273	7 A
	33% tempr. - 67% tardío	9008	483 A	525	92 A	268	69 A
	50% tempr. - 50% tardío	8423	2103 A	515	124 A	271	35 A
	100% tardío	9432	660 A	600	30 A	282	10 B
DMS*		1533		102		6	
CV		12%		17%		12%	

*LSD Fisher, $P < 0,10$.

En el establecimiento La Joaquina, el tratamiento 100% temprano presentó un rendimiento significativamente menor al resto de los tratamientos ($P < 0,10$; Tabla 5), la opción 100% tardío obtuvo el mayor rendimiento, aunque no significativamente diferente a los tratamientos de intercultivo. El NG del tratamiento 100% tardío fue significativamente mayor ($P < 0,10$) al NG del intercultivo 33% temprano-67% tardío (Tabla 5). El resto de los tratamientos presentaron valores intermedios y no significativamente diferentes a los valores de los tratamientos extremos (Tabla 5). El P1000 en el tratamiento 100% tardío resultó significativamente mayor al resto de los tratamientos ($P < 0,10$, Tabla 5). Los tratamientos 100% temprano y 50% temprano-50% tardío obtuvieron los menores valores de P1000.

Tabla 5: Rendimiento absoluto, número de granos (NG) por espiga y peso de los granos (P1000) para las diferentes combinaciones de intercultivo temprano-tardío en el Establecimiento La Joaquina.

Establecimiento	Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	DE	NG (espiga)	DE	P1000 (gr)	DE
La Joaquina	100% temprano	4370	1250 A	485	49	AB	19
	33% tempr. - 67% tardío	8443	413 B	437	53	A	19
	50% tempr. - 50% tardío	8437	253 B	484	67	AB	17
	100% tardío	9549	1434 B	523	60	B	22
DMS		1466		73		32	
CV		29%		14%		20%	

(LSD Fisher, $p < 0,1$)

5.2. Rendimiento, número y peso de los granos relativo

En el establecimiento Las Balas, los RR tempranos de ambas opciones de intercultivo resultaron mayores a la proporción del área ocupada. Así, se obtuvo un RR del temprano de 0,46 cuando la proporción del mismo en intercultivo fue de 33% y de 0,69 cuando este representó el 50% de la combinación (Tabla 6). Contrariamente, el RR tardío fue en ambos casos inferior a la proporción de superficie ocupada por este cultivo (0.52 y 0.32 para su participación del 67% y 50% de la superficie, respectivamente). En ambas combinaciones el RR total resultó cercano a 1 (Figura 3).

Tabla 6: Rendimiento relativo del intercultivo temprano, tardío y, total en el Establecimiento Las Balas.

Establecimiento	Tratamiento	RR Temprano		RR Tardío		RR total
LAS BALAS	33% tempr. - 67% tardío	0,46	A	0,52	A	0,95
	50% tempr. - 50% tardío	0,69	B	0,32	A	1,01
DMS		0,03		0,14		

(LSD Fisher, $P < 0,10$)

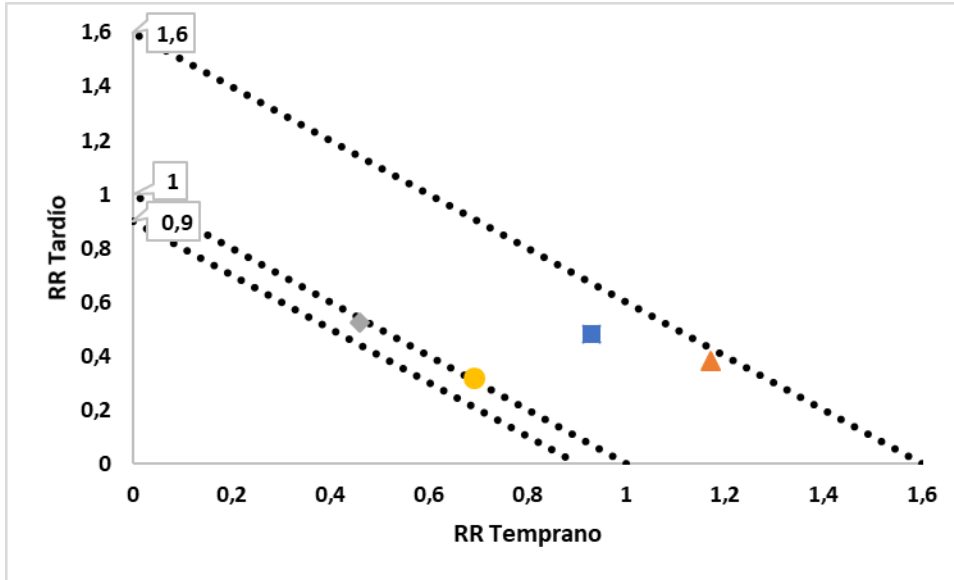
En el establecimiento La Joaquina, el RR del temprano resultó muy superior al porcentaje de superficie ocupada por este cultivo 0.93 y 1.17 para las combinaciones 33% temprano-67% tardío y 50-50%, respectivamente (Tabla 7). Similar al Establecimiento Las Balas, el RR tardío resultó en ambas combinaciones inferior a la proporción de superficie ocupada por este cultivo, con un RR de 0.48 para la combinación 33% temprano y 67% tardío, y 0.38 para la proporción 50-50%. El RR total en ambas combinaciones de intercultivo resultó mayor a 1 (Figura 3).

Tabla 7: Rendimiento relativo del intercultivo temprano, tardío y, total en el Establecimiento La Joaquina.

Establecimiento	Tratamiento	RR Temprano		RR Tardío		RR total
LA JOAQUINA	33% tempr. - 67% tardío	0,93	A	0,48	A	1,41
	50% tempr. - 50% tardío	1,17	A	0,38	B	1,58
DMS		0,22		0,02		

(LSD Fisher, $P < 0,10$)

Figura 3: Rendimiento relativo del intercultivo temprano y tardío para ambas localidades, en relación a los rendimientos relativos totales (isolíneas).



Símbolos: Círculo amarillo, 50% temprano – 50% tardío en Las Balas; círculo gris, 33% temprano – 67 % tardío en Las Balas; cuadrado azul, 33% temprano – 67 % tardío en La Joaquina; triángulo naranja, 50% temprano – 50% tardío en La Joaquina.

En Las Balas, el número de granos relativo del temprano para la combinación 33% – 67%, fue un 5% mayor en comparación con la monocultura (NG relativo 0.38 vs. proporción de la superficie ocupada 0.33) (Tabla 8). Para la combinación 50 – 50%, el NG relativo del temprano fue un 13% mayor a la proporción en intercultivo (0.63 vs. 0.50). En cuanto a las siembras tardías, ambos NG relativos resultaron menores a la proporción de esta fecha dentro del intercultivo (0.63 vs. 0.67 y 0.36 vs. 0.50).

Tabla 8: Número de granos relativo del intercultivo temprano y tardío en Las Balas.

Establecimiento	Tratamiento	NG Ra Temprano		NG Ra Tardío	
LAS BALAS	33% tempr. - 67% tardío	0,38	A	0,63	A
	50% tempr. - 50% tardío	0,63	B	0,36	A
DMS		0,06		0,44	

(LSD Fisher, $P < 0,10$)

En La Joaquina, el NG relativo del temprano en la combinación 33% - 67% resultó significativamente mayor a su proporción dentro del intercultivo (0.77 vs. 0.33) (Tabla 9). En la combinación 50%-50%, el NG relativo fue levemente mayor a la proporción ocupada por el temprano en el intercultivo (0.54 vs. 0.50). El NG relativo del tardío en ambas combinaciones resultó significativamente menor a la proporción del mismo dentro del intercultivo (0.33 vs. 0.67 y 0.26 vs. 0.50).

Tabla 9: Número de granos relativo del intercultivo temprano y tardío en La Joaquina

Establecimiento	Tratamiento	NG Ra Temprano		NG Ra Tardío	
LA JOAQUINA	33% tempr. - 67% tardío	0,77	A	0,33	A
	50% tempr. - 50% tardío	0,54	A	0,26	B
DMS		0,27		0,06	

(LSD Fisher, $P < 0,10$)

En cuanto al peso de 1000 granos relativo del temprano en intercultivo en ambas combinaciones en el establecimiento Las Balas resultó mayor que en la monocultura (22% en la combinación 33%-67% y un 8% en la 50%-50%) (Tabla 10). El peso de los granos en el tardío en ambas combinaciones de intercultivo resultó menor a la monocultura (un 14% para el tratamiento 33%-67% y un 11% para el 50%-50%).

Tabla 10: Peso de mil granos relativo del intercultivo temprano y tardío en Las Balas

Establecimiento	Tratamiento	P1000 Ra Temprano		P1000 Ra Tardío	
LAS BALAS	33% tempr. - 67% tardío	1,22	B	0,86	A
	50% tempr. - 50% tardío	1,08	A	0,89	A
DMS		0,04		0,06	

(LSD Fisher, $P < 0,10$)

En La Joaquina, se observó un comportamiento similar al de Las Balas, sin registrar diferencias significativas entre los tratamientos. Los P1000 Ra del temprano en ambas combinaciones resultaron mayores que en la monocultura temprana y los P1000 Ra tardío registraron menores valores que en la monocultura tardía (Tabla 11).

Tabla 11: Peso de mil granos relativo del intercultivo temprano y tardío en Las Balas

Establecimiento	Tratamiento	P1000 Ra Temprano		P1000 Ra Tardío	
LA JOAQUINA	33% tempr. - 67% tardío	1,19	A	0,7	A
	50% tempr. - 50% tardío	1,07	A	0,71	A
DMS		0,3		0,15	

(LSD Fisher, $P < 0,10$)

5.3. Productividad del intercultivo y las monoculturas en un esquema de diversificación

Se tomó como punto de partida los resultados del establecimiento La Joaquina, donde los resultados fueron más contrastantes (considerando que las ventajas del intercultivo se manifiestan en condiciones subóptimas), bajo las condiciones presentadas en la campaña 2013/14. Así se comparó la productividad de un campo modelo de 100 ha (Tabla 12) en estrategias de diversificación de fechas de siembra:

- 33 y 67% de la superficie sembrada en fecha temprana y tardía respectivamente vs. 100% de la superficie de intercultivo 33-67% de temprana-tardía.
- 50 y 50% de la superficie sembrada en fecha temprana y tardía respectivamente vs. 100% de la superficie de intercultivo 50-50% de temprana-tardía.
- Ambos intercultivos vs. 100% de la superficie de monocultivo tardío.

Ambas combinaciones de intercultivo resultaron superiores a las estrategias de cultivos separados. La estrategia de 33 has de fecha temprana y 67 has de fecha tardía obtuvo una productividad total de 784 toneladas (Tabla 12), mientras que la productividad del intercultivo 33%-67% fue de 843 toneladas (i.e. 59.6 toneladas de diferencia). En el caso de la estrategia de 50 has de fecha temprana y 50 has de fecha tardía, su productividad total fue de 696 toneladas, mientras que 100 has de intercultivo 50%-50% obtuvo 844 toneladas (una diferencia de 148 toneladas). La productividad total de la estrategia de 100 has de fecha tardía fue superior (955 toneladas) a las estrategias de 100 ha de ambas combinaciones de intercultivo (una diferencia promedio de 110 toneladas).

Tabla 12: Ejemplo de estrategias de diversificación en el establecimiento La Joaquina.

LA JOAQUINA	Superficie (Ha)	Productividad (Ton)	Productividad total ^a (Ton)	Producción Intercultivo (Ton)	Diferencia (Ton)
Temprano	33	144	784	843	59.6
Tardío	67	639			
Temprano	50	218	696	844	148
Tardío	50	477			
Tardío	100	955			-111
					-110

^aProductividad total: Toneladas totales de la estrategia de cultivos separados (temprano+tardío).

6. Discusión

Los rendimientos absolutos de ambas combinaciones de intercultivo fueron superiores a la monocultura de maíz temprano sólo en el establecimiento La Joaquina. Sin embargo, no mejoraron a la opción de la monocultura de maíz tardío (superior en aproximadamente 1000 Kg) en ambos ambientes (aunque en el caso de Las Balas la diferencia resultó no significativa). Por ello, la hipótesis planteada respecto a los rendimientos absolutos fue parcialmente rechazada. Este resultado estuvo explicado por un mayor número de granos por unidad de área y un mayor peso de los granos en el tratamiento tardío (en el caso de la Joaquina). Si bien la estrategia de maíz en siembra temprana tiene mayor potencial de rendimiento que el tardío (Bert y Satorre, 2012), ésta tiene mayor probabilidad de ocurrencia de un estrés hídrico o térmico durante el período crítico para la determinación del rendimiento (Maddonni, 2012). Esto fue evidente en el establecimiento La Joaquina, donde el período crítico del cultivo temprano coincidió con un período de bajas precipitaciones y eventos de elevadas temperaturas (ver Tablas 2 y 3), lo que influyó sobre los principales componentes numéricos del rendimiento (i.e. número de granos, peso de 1000 granos) (Mayer et al. 2012). Coincidentemente con los resultados de este trabajo, Maddonni et al. (2016) indicaron que al igual que para el estrés hídrico, el mayor impacto de un estrés térmico sobre el rendimiento se origina cuando el mismo tiene lugar alrededor de floración, ya que provoca fallas en la fijación de granos asociadas a la inviabilidad de los granos de polen, la alteración en las dinámicas de floración y el aborto de granos (Barnabás, 2008; Cicchino et al., 2010b; Rattalino et al., 2011). Respecto al peso de los granos y su composición química, breves períodos de estrés térmico en post-floración causan un cese anticipado del llenado (Mayer et

al., 2014; Rattalino et al., 2011) originando granos livianos, con menores porcentajes de aceite y mayores porcentajes de proteína (Mayer et al., 2014; 2016a), tal como resultó en La Joaquina (Tabla 5) donde el tratamiento 100% temprano presentó el peso de granos más bajo de los tratamientos, coincidiendo con un mayor estrés térmico luego de la floración.

El análisis de los RR brindó información sobre la respuesta positiva del cultivo (del temprano en intercultivo) cuando se disminuyó la competencia mediante una menor densidad de plantas (un 50 y 33 % respecto a la monocultura del temprano). La competencia es el proceso de mayor importancia en la regulación de las respuestas del cultivo a la densidad. Es el proceso a través del cual las plantas comparten recursos que están provistos de forma insuficiente para satisfacer su demanda combinada. Las variables de manejo, e.g. fecha de siembra y fertilización, y la disponibilidad de recursos (agua y nitrógeno, fundamentalmente) modifican fuertemente la respuesta a la densidad en este cultivo. Este efecto depende también de los híbridos considerados (Kruk y Satorre, 2003). Los RR de los maíces tempranos en intercultivo versus la monocultura resultaron superiores (38%) a la proporción de este cultivo dentro de la intersiembra. Esto, puso de manifiesto que en la intersiembra temprana la competencia entre plantas por los recursos fue menor. Esto, permitió una compensación por parte de las plantas en el número de granos en comparación a la monocultura temprana. Este resultado resulta evidente en la comparación del número de granos relativo y la superficie ocupada del cultivo cuando se encontró en intercultivo. En todos los casos (principalmente en La Joaquina y con la proporción más baja de maíz temprano) los mayores rendimientos relativos en comparación a la superficie ocupada del temprano fueron debidos a un mayor número de granos y a un mayor peso de mil granos. La

capacidad de compensación a través del número de granos está dada por el número de granos potencial de la espiga y por la capacidad de fijar una segunda espiga (prolificidad), ambas observables bajo elevada tasa de crecimiento por planta (Vega et al., 2000). En el caso de La Joaquina, el hecho de reducir la densidad del temprano a sólo el 33% respecto a la monocultura fue una estrategia capaz de mitigar el efecto del estrés hídrico en conjunto con el estrés término coincidente con el período crítico. En el establecimiento de Las Balas, la compensación en el número de granos fue baja cuando la densidad se redujo al 33% o al 50%. Esto indicaría que las plantas en la monocultura en este sitio se encontraron muy cercanas a su máxima capacidad de fijación de granos (Vega et al., 2000). La utilización de genotipos con mayor prolificidad podría haber resultado en mayores niveles de compensación en el número de granos.

En cuanto al peso de los granos, en el temprano en intercultivo en ambas combinaciones y en ambos establecimientos, se registró un leve aumento cuando se redujo la competencia entre plantas (entre un 7% y un 22%). Estos valores concuerdan con aquellos observados por Borrás et al. (2004) cuando aumentó la cantidad de fuente por grano. Así, en el presente trabajo, las plantas en la monocultura temprana debieron haber experimentado cierta limitación por fuente durante el llenado de los granos, la cual aumentó al disminuir la densidad logrando cierta compensación (entre un 20-22%) sólo cuando se redujo en un 67%.

Contrariamente a lo observado en el maíz temprano, el RR del tardío resultó menor (16%) a la proporción de este cultivo dentro de la intersiembra, sin poder compensar las mermas de densidad. Así, el cultivo tardío en intersiembra resultó doblemente afectado, tanto en el número de granos como en el peso de los mismos. La presencia del cultivo temprano

probablemente haya consumido gran parte de los recursos (agua y N). Así, las plantas del tardío en intercultivo quizás hayan presentado menores tasas de crecimiento durante el período crítico resultando en una menor fijación de granos (Andrade et al., 1999) y menor peso potencial de los mismos (Gambín et al., 2006).

Las ventajas del intercultivo se manifestaron cuando las condiciones de crecimiento de la monocultura temprana fueron subóptimas. De esta manera, el intercultivo temprano compensó el menor rendimiento del tardío resultando en un RR total mayor a 1 sólo en el Establecimiento La Joaquina. Así, la hipótesis planteada en relación al rendimiento relativo fue parcialmente rechazada.

En el análisis de estrategias de diversificación tomando como modelo los rendimientos del Establecimiento La Joaquina, se ha comprobado que el esquema de intercultivo resultó superior en productividad al esquema de cultivos separados (fechas de siembra en diferentes lotes). Sin embargo, la opción de la totalidad de la superficie en fecha tardía resultó en una mayor productividad respecto a ambos intercultivos. En la situación en que el intercultivo obtenga un rendimiento un 13% mayor al actual puede igualar a la productividad del maíz tardío en condiciones similares a las exploradas en el experimento. Este mayor rendimiento debería provenir principalmente de una mayor compensación del cultivo temprano y una menor pérdida del tardío. Esto es factible de lograr ajustando estrategias de manejo, como la elección de genotipos prolíficos en la fecha temprana y tolerantes al estrés (Pagano y Maddonni, 2007) en la fecha tardía del intercultivo. Por otra parte, el ajuste de la densidad en esta estrategia es destacadamente importante, la cual será diferente según la proporción de

cada una de las fechas dentro del intercultivo, los genotipos utilizados y el ambiente en el cual se encuentran (disponibilidad de recursos).

7. Conclusión

El cultivo tardío fue superior a las intersembras y éstas al temprano sólo en el ambiente donde existió una severa restricción hídrica y altas temperaturas durante el período crítico de la fecha temprana. El ajuste de las variables de manejo (elección de genotipos, densidad, proporción de cada fecha dentro del esquema y fertilización) pueden revertir este resultado. Adicionalmente, un análisis longitudinal (en el tiempo) podría brindar mayor información sobre la estabilidad de cada uno de los sistemas (combinado con un análisis de interacción genotipo-ambiente). Haciendo referencia al ejemplo de las estrategias de diversificación y según los resultados obtenidos, es oportuno analizar estas estrategias en años donde el déficit de recursos afecte a los maíces sembrados en fechas tardías o en ambientes caracterizados por una baja oferta de recursos en la ventana temporal de crecimiento para el cultivo. Tomando en consideración los beneficios que estos sistemas traen aparejados para el agroecosistema, constituye un desafío para los agrónomos hallar la forma de adaptarlos a los sistemas mecanizados y de grandes extensiones que predominan en las áreas templadas de cultivo y en la Argentina.

8. Bibliografía

Andrade, F., H.; Vega, C.; Uhart, S.; Cirilo, A.; Cantarero, M.; Valentinuz, O. 1999. Kernel number determination in maize. *Crop. Sci.* 39.: 453 – 459.

Barnabás, B., Jäger, K., y Fehér, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell & Environment*, 31(1), 11–38.

Barros, V., A. 2008. Adaptation to climatic trends: lessons from the argentine experience. Pp. 296 – 350. In: N. Leary, I. Burton, J. Adejuwon, V. Barros, R. Lasco and J.i Kulkarni (eds). *Climate change and adaptation*. Earthscan, London.

BCR (Bolsa de Comercio de Rosario).2017. Informativo semanal, N° 1823: Campaña de granos 2017/18 se encamina a un nuevo record. [en línea]. Rosario, AR. [citado en 10 de Junio 2018]. Disponible en World Wide Web: http://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/informativosemanal_ediciones.aspx?pAno=2017

Bert, F; Satorre, E. 2012.Sistemas de producción de maíz: maíz temprano y tardío. *Revista técnica de la Asociación Argentina de productores en siembra directa: Maíz en SD sep. 2012:* 19-23.Cárcova, J; Borrás, L; Otegui, ME. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz. En *Producción de granos: bases funcionales para su manejo*. 4 ed. Buenos Aires, AR. Editorial Facultad de Agronomía. P 146-153.

Borrás, L.; Slafer, G.A.; Otegui, M.E. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crop Research* 95: 223 – 233.

Cicchino, M., Edreira, J. I. R., Uribelarrea, M., Otegui, M. E. 2010b. Heat Stress in FieldGrown Maize: Response of Physiological Determinants of Grain Yield. *Crop Science*, 50, 1438-1448.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación, IT). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido* [en línea]. 2002 [citado 10 de septiembre 2015]. Roma, Italia. Disponible en World Wide Web: <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s00.htm//>

Fukai, S; Trenbath, BR. 1993. Processes determining intercrop productivity and yields of component crop. *Field Crops Research*, 34, 247 – 271.

Gambín, B.; Borrás, L.; Otegui, M. 2006. Source-sink relations and kernel weight differences in maize temperate hybrids. *Field Crops Research*, 95, 316-326.

Kruk, B; Satorre, EH. 2003. Densidad y arreglo espacial del cultivo. En Producción de granos: bases funcionales para su manejo. 4 ed. Buenos Aires, AR. Editorial Facultad de Agronomía. P 288-292.

Hall, A.J., 1984. Tolerancia a estrés hídrico en maíz: bases fisiológicas y morfológicas. en: AIANBA (Ed.), Actas del III Congreso Nacional de Maíz, pp. 11- 23.

Lavarello, P. 2003 La Trama de Maíz en Argentina. Estudio 1.EG.33.7. Cepal. MAGyP. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Cereales para desayuno.

Maddoni, G. A. 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina, a probabilistic approach. Theoretical and Applied Climatology. 107: 325-345.

MAIZAR (Asociación Maíz Argentino, AR). La cadena de maíz y las oportunidades para desarrollo en la Argentina [en línea]. 2013[citado 06 septiembre 2015]. Disponible en World Wide Web: <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=425>.

Mayer, LI; Rattalino, JI; Navarrete Sánchez, RA; Maddoni, GA; Otegui, ME. 2012. Efecto de las altas temperaturas en la productividad de maíz. Revista técnica de la Asociación Argentina de productores en siembra directa: Maíz en SD sep. 2012: 12-18.

Mayer, L.I.; Rattalino Edreida, J.I.; Maddonni, G. A. 2014. Oil yield components of maize crops exposed to heat stress during early and late grain-filling stages. *Crop Science* 54, 1- 15.

Mayer, L. I.; Savín, R.; Maddonni, G.A. 2016a. Heat Stress during Grain Filling Modified Kernel Protein Composition in Field-Grown Maize. *Crop Science*, 56 1-14.

Oficina del gobierno para la ciencia, Londres. 2011. El futuro de los alimentos y la agricultura. Resumen ejecutivo. *Foresight ene.* 2011: 5-40.

Pagano, E.; and Maddonni. G.A. 2007. Intra-specific competition in maize: early established hierarchies differ in plant growth and biomass partitioning to the ear around silking. *Field Crops Res.* 101: 306-320

Pastor, C. Cluster regionales de Maíz para la producción de proteínas de origen animal [en línea]. MAIZAR, 2004 [citado 06 de septiembre 2015]. Disponible en World Wide Web: <http://www.maizar.org.ar/documentos/clusterspastor.doc/>.

Presello, D.A.; Lorea, R.D; Eyhéabide. Rendimiento de cultivares de maíz en ensayos de siembra temprana y tardía. INTA, 2016 [citado 20 de Junio 2018]. Disponible en World Wide Web:https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_rendimiento_de_cultivares_de_maiz_en_ensayos_de_siembras_temprana_y_tardia.pdf

Rao, M. R.; Willey, R. W. 1980. Evaluation of Yield Stability in Intercropping: Studies on Sorghum/Pigeonpea. *Experimental Agriculture*, 16, pp 105-116.

Rattalino Edreira, J.I., Budakli Carpici, E., Sammarro, D., Otegui, M.E. 2011. Heat stress effects around flowering on kernel set of temperate and tropical maize hybrids. *Field Crops Research*, 123, 62–73.

Sackmann, M. Maíz tardío y de segunda. Boletín técnico Dekalb [en línea]. 2010, vol. 14. [citado 09 septiembre 2015]. Disponible en World Wide Web: http://www.agroterra.com.uy/archivos/novedad_35_24_Boletin%20Maiz%20Tardio%20y%20de%20Segunda.pdf.

Sarandón, SJ; Chamorro, AM. 2003. Policultivos en los sistemas de producción de granos. En *Producción de granos: bases funcionales para su manejo*. 4 ed. Buenos Aires, AR. Editorial Facultad de Agronomía. P 353-360.

Vega, C.; Andrade, F. 2000. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Eds. Andrade, F y Sadras, V. EEA INTA Balcarce – Facultad de Ciencias Agrarias UNMP.

World Agricultural Production [en línea]. Washington, USA. USDA (Department of Agriculture, US). Foreign Agricultural Service / Office of Global Analysis International Production

Assesment Division, 2015 [citado 10 octubre 2015]. Circular Series WAP 9-15. Disponible en World Wide Web: <http://www.pecad.fas.usda.gov/>.

XXIV Congreso Aapresid (Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa) "Resiliar". 2016, Rosario (Santa Fe). Altas temperaturas y déficit hídrico en maíz: respuestas fisiológicas y estrategias de manejo de cultivo. Maddonni, G. A.; Navarrete Sanchez, R. A.; Cátedra de Cerealicultura (FA-UBA) e IFEVA (CONICET).