



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO**

**PÉRDIDA DE HUMEDAD A CAMPO BAJO CONDICIONES DE SECADO  
CONTRASTANTES EN DIFERENTES GENOTIPOS DE MAÍZ**

Ing. Agr. María Eugenia Mendive

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MAGISTER EN GENÉTICA VEGETAL**

DIRECTOR: Dr. Lucas Borrás

2017

# **PÉRDIDA DE HUMEDAD A CAMPO BAJO CONDICIONES DE SECADO CONTRASTANTES EN DIFERENTES GENOTIPOS DE MAIZ**

María Eugenia Mendive  
Ingeniera Agrónoma - Universidad de Buenos Aires

Esta Tesis está presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Magister en Genética Vegetal, de la Universidad Nacional de Rosario y no ha sido previamente presentada para la obtención de otro título en ésta u otra Universidad. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el marco de un convenio institucional entre la cátedra de Sistemas de Cultivos Extensivos: Cereales y Oleaginosas de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario (UNR) y la Regional Crea Sur de Santa Fe, durante el período comprendido entre septiembre de 2012 y julio de 2014, bajo la dirección del Dr. Lucas Borrás.

---

Ing. Agr. María Eugenia Mendive  
Maestrando

---

Dr. Lucas Borrás  
Director

Defendida: ....., de 2017.



## **AGRADECIMIENTOS**

*Quiero agradecer en primer lugar al Dr. Lucas Borrás por su dirección y ayuda para lograr mi tesis de maestría.*

*Al Ing. Agr. Miguel Boxler como representante técnico de la Regional Crea Sur de Santa Fe, por los aportes y coordinación de los ensayos del presente trabajo.*

*Muy especialmente quiero agradecer a Sebastián Pizzi, excelente persona y profesional, por su confianza en mí y generosidad.*

*A mis padres, Carlos Mendive y Marcela Álvarez, por el apoyo y la contención que me brindaron durante estos años.*

*Por último, quiero agradecer a la Escuela de Posgrado de la Facultad de Cs. Agrarias, por abrirme sus puertas, y especialmente a todos los docentes que tuve el agrado de conocer durante el cursado de la carrera, por sus enseñanzas y buena predisposición.*



## ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
MATERIALES Y MÉTODOS	12
Material vegetal	12
Experimentos a campo	12
Mediciones fenotípicas	14
Análisis estadístico	15
RESULTADOS	16
Datos climáticos	16
Rendimiento	18
Humedad a comienzo de secado	21
Tasa de secado	24
Humedad a cosecha	28
DISCUSIÓN	31
CONCLUSIONES	33
BIBLIOGRAFÍA	34

## **RESUMEN**

En fechas de siembra tardías de maíz el secado del grano es un atributo muy relevante al momento de elección del genotipo a sembrar. La pérdida de humedad del grano es muy lenta debido a que la humedad relativa media del aire es alta, y dificulta el secado a campo de la espiga. La tasa de pérdida de humedad y la madurez relativa del genotipo son dos características de suma importancia en la determinación del contenido de humedad a cosecha. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del genotipo, del ambiente y la interacción genotipo x ambiente para pérdida de humedad del grano en fechas de siembra contrastantes (septiembre y octubre vs. diciembre). Los atributos rendimiento, contenido de humedad del grano a comienzo del secado, tasa de secado diaria y humedad a cosecha, fueron medidos en siete híbridos comerciales, en dos localidades, durante dos años consecutivos, para fechas de siembra temprana y tardía. Existió variabilidad fenotípica para todos los caracteres estudiados. La fecha de siembra fue el factor que más afectó la tasa de secado del grano y el rendimiento logrado, y explicó el 60 y el 33 % de la variación total observada en ambos caracteres, respectivamente. No se observaron cambios de importancia en el ranking de híbridos para tasa de secado, es decir, los híbridos de mayor velocidad de secado en siembras tempranas fueron los de mayor tasa de secado en siembras tardías. Este es un resultado de alto impacto para los programas de mejoramiento que estudian el contenido de humedad del grano a cosecha.

## **ABSTRACT**

In late maize sowings grain drying is a very relevant trait for correct genotype selection. The decline in grain moisture concentration at late sowings is smaller due to the higher air relative humidity at later sowings. The grain drying rate and relative maturity are the two aspects determining grain moisture concentration at harvest. The objective of the present thesis was to study genotype effects on yield and grain drying rate, and its interaction with sowing date. I conducted this study at two sites and during two consecutive years, using seven commercially available genotypes. Sowing dates were early, September or October, and late, December. Large phenotypic variability was evident for all evaluated traits. Sowing date was the effect that affected the most the rate of grain drying and yield, explaining 60 and 33 % of total variability, respectively. There were no changes in genotype ranking in the rate of grain drying and in grain moisture at harvest. The genotypes with the highest grain moisture at harvest in the early sowing were also the genotypes with the highest moisture at later sowings. This result has a large impact for breeding programs studying grain moisture content at harvest.

## **INTRODUCCIÓN**

Argentina es uno de los países productores de maíz (*Zea mays*) más importante del mundo (FAO, 2014), y actualmente está enfrentando un cambio relevante en su sistema de producción. La fecha de siembra en la región central ha sido corrida hacia fechas más tardías en la estación de crecimiento, de septiembre a diciembre.

El cultivo de maíz en Argentina es llevado a cabo casi en su totalidad bajo condiciones de secano, con el aporte de fertilización. En consecuencia, el agua es el principal recurso limitante para la producción. La fecha de siembra condiciona el ambiente hídrico y fototérmico que explora el cultivo durante su ciclo, y por ende el rendimiento potencial.

Las siembras tardías generan un periodo de barbecho más prolongado que permite mayor acumulación de agua y nitrógeno disponible a la siembra. Por otro lado, la siembra tardía de maíz ubica el periodo crítico de determinación del principal componente del rendimiento, el número de granos (Andrade et al., 1999), bajo condiciones de mayor probabilidad de precipitaciones y menor demanda atmosférica comparado con una fecha de siembra temprana tradicional. Es de suma importancia el manejo de la fecha de siembra para evitar que dicho periodo coincida con los momentos del año que presentan mayor probabilidad de ocurrencia de déficit hídricos, principalmente en zonas con mayor inestabilidad climática y suelos con baja capacidad de retención hídrica.

Para la mayor parte de la región agrícola argentina, el atraso en la fecha de siembra de maíz es una práctica de alto impacto por mejoras en la estabilidad de rendimientos y menores costos de producción. A pesar de que el rendimiento potencial es menor que en fechas tempranas (Mercau y Otegui, 2014), los productores están obteniendo rendimientos aceptables y mayor estabilidad en los mismos. Además, se generan otros beneficios comerciales relacionados con una menor necesidad de fertilización, densidades de siembra más bajas, y un menor riesgo de producción. Al respecto, es notable el aumento en la superficie de los cultivos de maíz que se realizan con esta tecnología (Ascheri, 2013; Borrás y Gambín, 2011; Ermácora et al., 2013). En la actualidad el 65 % del maíz producido en Argentina es considerado de siembra tardía (PAS, 2015). Este cambio en la fecha de siembra ha generado la necesidad de estudiar en detalle el manejo del cultivo que más le conviene al productor, y la generación de

genotipos adecuados para estas nuevas fechas de siembra por parte de los mejoradores (Gambín et al., 2016).

La humedad del grano a cosecha es de gran importancia para la producción de maíz, y uno de los principales objetivos del mejoramiento es disminuir la humedad del grano a cosecha para reducir el impacto económico del secado artificial (Dijak et al., 1999; Sweeney et al., 1994).

En Argentina casi el 80% del maíz producido se cosecha con un contenido de humedad superior al establecido para recibo (Precop, 2006). Es el grano que más se seca en nuestro país, y es una práctica normal en todos los países productores de este cereal. El fisurado es el principal efecto negativo de la práctica de secado artificial sobre la calidad del grano, sobre todo para la molienda seca. Las fisuras son micro rajaduras que se producen en el endosperma harinoso pero que no llegan al pericarpio por lo que el grano permanece entero. No obstante, el posterior movimiento hace que se termine partiendo, lo cual es penalizado por el estándar de comercialización (Precop, 2006).

En fechas de siembra tardías, el secado del grano a campo es muy lento ya que la cantidad de humedad del aire es muy alta, y dificulta el secado a campo de la espiga. La tasa de secado a campo y la madurez relativa del genotipo son dos características de suma importancia en la determinación del contenido de humedad a cosecha (Sala et al., 2006). La tasa de secado está definida como la pérdida de humedad del grano por unidad de tiempo durante el periodo de secado, esto es, desde madurez fisiológica hasta cosecha. Es un atributo clave para entender diferencias en la adaptación de diferentes genotipos a las fechas tardías.

A partir de la madurez fisiológica, alrededor de 33 % de humedad de grano (Gambín et al., 2007), la pérdida de humedad del grano está asociada únicamente a las condiciones climáticas reinantes durante el periodo de secado, ya que no ocurren nuevos cambios en el peso seco del grano (Schmidt y Hallauer, 1966). Se reconoce que por encima del 33 % de contenido de humedad del grano, la tasa de secado está significativamente relacionada con la temperatura del aire, y que por debajo del 33 % de humedad se relaciona con la demanda de humedad del aire. Según Troyer y Ambrose (1971) varios rasgos morfo-fisiológicos de la planta (ejemplo, características de las chalas) ejercen influencia sobre la tasa de secado a campo. Sin embargo, Aldrich et al. (1975) declararon que la tasa de pérdida de humedad a partir de madurez fisiológica dependió del clima más que de cualquier otro factor.

La evaluación de la tasa de secado es un proceso laborioso y, por lo tanto, no es simple de estudiar en ensayos con varios sitios ambientales, o en grandes poblaciones segregantes. No obstante, la selección para bajo contenido de humedad a cosecha es factible de implementar en los programas de mejoramiento. De hecho, la selección de líneas endocriadas

basada en bajo contenido de humedad en grano a los 45 días después de la polinización es eficaz en la reducción del mismo a cosecha (Cross, 1985; Freppon et al., 1992). El rendimiento y contenido de humedad del grano a cosecha están positivamente correlacionados en algunos ambientes (Hallauer y Miranda, 1988; Mather y Kannenberg, 1989) porque ambas variables están asociadas con el largo de ciclo (Lauer et al., 1999). Por lo tanto, la selección de materiales genéticos con alta tasa de secado a campo permitiría a los mejoradores obtener híbridos de alto rendimiento disminuyendo los efectos negativos de la madurez creciente sobre el contenido de humedad del grano a cosecha (Sweeney et al., 1994).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del genotipo, del ambiente y de la interacción genotipo por ambiente para pérdida de humedad del grano de maíz en fechas de siembra temprana y tardía en la región templada centro del país.

La hipótesis planteada es que existen diferencias en la tasa de secado del grano de diferentes genotipos de maíz, y es menor en fechas de siembra tardías.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***Material Vegetal***

Se utilizaron siete híbridos comerciales de maíz pertenecientes a distintas empresas. Son genotipos templados de uso actual en Argentina, disponibles comercialmente en el mercado, que han sido seleccionados a partir de la red de ensayos comparativos de rendimiento que lleva a cabo el CREA de la Región Sur de Santa Fe (Tabla 1). La madurez relativa de los genotipos fue de 119 a 127.

**Tabla 1:** Listado de híbridos comerciales utilizados.

<b>Empresa</b>	<b>Nombre Comercial</b>	<b>Madurez Relativa</b>
La Tijereta	LT 621 MGRR2	121
Alianza	Avalón PW	123
Monsanto	DK 72-10 VT3Pro	122
Syngenta	NK 840 TD/TG	121
Syngenta	NK 900 VIP3	127
Dow Agro	510 PW	123
Nidera	AX 887 TD/TG	119

### ***Experimentos a Campo***

Todos los híbridos fueron sembrados a campo durante dos estaciones de crecimiento, correspondientes a las campañas 2012/2013 y 2013/2014. De aquí en adelante cada campaña se referirá al año de cosecha, 2013 y 2014, respectivamente.

Los experimentos se llevaron a cabo bajo condiciones de secano en dos localidades (sitios) del sur de la Provincia de Santa Fe, María Teresa (34°01'00"S, 61°54'00"O) y Teodelina (44°10'00"S, 61°26'47"O), en campos de productores nucleados dentro de CREA. En el sitio María Teresa el tipo de suelo fue hapludol éntico, serie Saforcada, y el suelo del sitio Teodelina un hapludol típico, serie Santa Isabel. Todos los ensayos fueron conducidos en siembra directa, y en lotes con más de 15 años de agricultura.

La densidad de siembra fue diferente según localidad de 8,5 a 7,7 plantas m<sup>-2</sup> para fecha temprana, y de 6,4 a 7,0 plantas m<sup>-2</sup> para fecha tardía. La fertilización también fue variable en

función de la tecnología aplicada por el productor. Se utilizó MAP como arrancador en todos los casos, con una dosis que varió de 150 a 180 kg $ha^{-1}$ , y UREA con una dosis que vario de 220 a 330 kg $ha^{-1}$ , según análisis de suelo. En cada sitio fueron evaluados todos los genotipos, y cada uno de ellos fue sembrado en dos fechas de siembra contrastantes. Las fechas de siembra de cada sitio se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Fechas de siembra de las campañas 2013 y 2014.

<b>Año</b>	<b>Sitio</b>	<b>Fecha siembra</b>		
2013	Teodelina	Temprana	18/10/2012	
		Tardía	11/12/2012	
	María Teresa	Temprana	27/09/2012	
		Tardía	27/11/2012	
	2014	Teodelina	Temprana	11/10/2013
			Tardía	03/12/2013
María Teresa		Temprana	02/10/2013	
		Tardía	17/12/2013	

El diseño experimental consistió en bloques completos aleatorizados con dos repeticiones en todos los casos. Las parcelas fueron franjas de 4 a 6 surcos, por 200 a 240 metros de largo según localidad. Los ensayos fueron sembrados y cosechados con la tecnología disponible del productor.

Se recabaron datos meteorológicos de temperatura media diaria, humedad relativa del aire y precipitación para cada estación de crecimiento, utilizando la estación climática de Villa Cañas, coordinada por el sistema de información y gestión agrometeorológico del INTA (SIGA).

## **Mediciones Fenotípicas**

Se registraron los datos fenotípicos de rendimiento, humedad a cosecha y tasa de secado diaria para cada tratamiento y repetición.

Cuando los genotipos tenían aproximadamente entre 31 y 32% de humedad en grano (Borrás et al., 2009), se cosechó la espiga principal de tres plantas consecutivas dentro de la línea de siembra durante la mañana de cada repetición en cada fecha de siembra y sitio experimental. Se utilizó una frecuencia semanal para cada tratamiento y repetición, hasta el momento de cosecha del ensayo (decidido por el productor).

Las muestras fueron recolectadas en bolsas de tipo *zip-lock* individualizadas sacando todo el aire posible de las mismas para minimizar las pérdidas de humedad, siguiendo el protocolo descrito en (Borrás et al., 2003). Se transportaron hasta un laboratorio cercano, donde cada muestra se desgranó y se le realizó la medición de humedad con un humidímetro portátil modelo Tesma A79.

Se determinó la tasa de secado diaria, que es cuanto pierde de humedad (en %) cada parcela por día desde 32 % de humedad hasta la cosecha. Para esto se estimó a partir del modelo de regresión lineal simple entre todos los datos de humedad del grano (variable dependiente) y las fechas de muestreo:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i$$

Donde:

**$y_i$**  valor predicho de la variable dependiente (contenido de humedad del grano) en función de la variable  $X_i$  (fechas de muestreo).

**$\beta_0$**  ordenada al origen.

**$\beta_1$**  pendiente de la recta, que se interpreta como la disminución de la variable  $y_i$  por cada incremento en una unidad de la variable  $X_i$ .

**$\varepsilon_i$**  error aleatorio.

Al momento de cosecha de cada ensayo, el cual quedo definido por cada productor, se obtuvo el dato de humedad a cosecha tomando una muestra representativa de cada parcela, midiéndole el contenido de humedad con el mismo humidímetro Tesma A79. Con estos datos de humedad se obtuvo el rendimiento final de cada unidad experimental (en kg ha<sup>-1</sup>) corregido a 14,5 % de humedad.

## ***Análisis Estadístico***

Se analizaron las variables rendimiento, humedad a cosecha, tasa de secado diaria y humedad al comienzo de secado mediante modelos aleatorios con el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2014). Se incluyó la variación asociada al año, fecha de siembra, híbrido, sitio, repetición dentro de sitio e interacción genotipo x ambiente. Todos los modelos fueron testeados para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Las salidas del ANOVA para cada carácter se presentan como Anexos 1 al 4.

Para cada carácter medido se obtuvo la magnitud o tamaño del efecto de cada uno de los factores y sus interacciones como el cociente entre suma de cuadrados del factor y la suma de cuadrados total, con el fin de conocer la importancia relativa de cada uno de ellos sobre las variables de interés.

Se realizó un test de comparación de medias por el método LSD de Fisher de las fuentes de variación que resultaron significativas estadísticamente. En la presente tesis se describen aquellas que aportaron en mayor proporción a la variabilidad total observada para cada carácter.

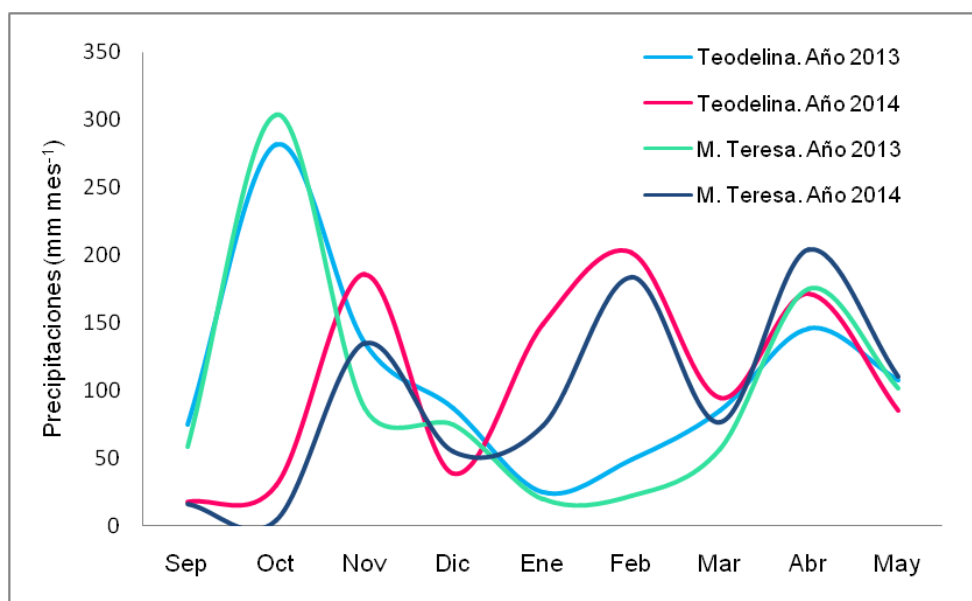
## RESULTADOS

### **Datos climáticos**

En la Tabla 1 se describen los datos climáticos medios de temperatura, humedad relativa del aire y precipitaciones para cada año, sitio y fecha de siembra bajo estudio. Las precipitaciones fueron registradas en los respectivos establecimientos agrícolas involucrados.

Se estima que el requerimiento hídrico total durante el ciclo del cultivo de maíz para la zona núcleo maicera es de 600 mm. Los mayores requerimientos hídricos se establecen entre V10 y R1, momento en el cual comienza a crecer la espiga y por ende a definir el rendimiento potencial, y durante el periodo de llenado. En planteos de siembras tempranas, dichos estadios coinciden con los meses (diciembre y enero) que presentan mayor probabilidad de déficit hídrico. En fechas tardías esto ocurre en febrero.

Las precipitaciones acumuladas entre los meses de septiembre y mayo fueron de 992 mm y 976 mm en el sitio Teodelina, y de 900 mm y 860 mm, en María Teresa, para los años 2013 y 2014, respectivamente. El nivel de estas precipitaciones estuvo por encima de los requerimientos medios del cultivo, y la diferencia entre años fue menor. No obstante, se observó una distribución de las precipitaciones muy diferente entre años (Figura 1).



**Figura 1:** Lluvias acumuladas (mm mes<sup>-1</sup>) para cada año y sitio.

Existieron variaciones interanuales en los valores medios de temperatura máxima ( $T_{max}$ ), temperatura mínima ( $T_{min}$ ) y temperatura media diaria (TMD). Para el año 2014 se registraron valores diarios de  $T_{max}$  para los meses de diciembre y enero mayores a los 32 °C, con varios días consecutivos que superaban los 35 °C, e incluso algunos con valores entre 37°C y 40°C. La  $T_{max}$  promedio para diciembre y enero, fue de 33°C y 31°C para los años 2014 y 2013, respectivamente.

Los registros diarios de humedad relativa media del aire (HR%) arrojaron valores medios que variaron entre años y entre fechas de siembra. Particularmente, el año 2014 se caracterizó por presentar un valor medio mayor que el año 2013, cuya diferencia fue de 4%.

**Tabla 1:** Datos climáticos promedio durante el ciclo del cultivo para cada año, sitio y fecha de siembra.

Año	Sitio	Fecha siembra	$T_{max}(^{\circ}C)^1$	$T_{min}(^{\circ}C)^1$	TMD( $^{\circ}C$ ) <sup>1</sup>	HR(%) <sup>2</sup>	Pp (mm) <sup>3</sup>
2013							
	Teodelina						
		Temprana	28,8	14,8	21,5	82,0	740
		Tardia	29,3	14,6	21,6	83,1	655
	María Teresa						
		Temprana	28,8	14,8	21,5	82,1	923
		Tardia	29,3	14,6	21,6	82,3	560
2014							
	Teodelina						
		Temprana	29,5	15,1	21,9	82,7	720
		Tardia	29,6	15,8	22,3	87,9	955
	María Teresa						
		Temprana	29,5	15,1	21,9	86,1	865
		Tardia	29,6	15,8	22,3	88,8	845

<sup>1</sup> Temperatura máxima, mínima y media diaria promedio para el periodo desde siembra a MF.

Ciclo del cultivo: Octubre-Febrero para FS Temprana, y Diciembre-Marzo para FS Tardia.

<sup>2</sup> Humedad relativa media del aire promedio desde MF (32%H) hasta cosecha.

<sup>3</sup> Precipitación total durante el ciclo del cultivo; acumulada de Septiembre a Marzo en FS temprana y de Noviembre a Junio para FS tardía.

## **Rendimiento**

En la Tabla 3 se muestran los valores promedio de rendimiento por año, sitio, fecha de siembra e híbridos, y los valores de significancia estadística (p-valor) de todas las fuentes de variación y el aporte relativo (%) a la variación fenotípica total.

El análisis de varianza mostró que hubo efectos significativos del año (A), del sitio (S), de la fecha de siembra (FS), del híbrido (H) y de la interacción genotipo x ambiente.

La variación entre años fue de 1020 kg ha<sup>-1</sup>, entre sitios de 1210 kg ha<sup>-1</sup>, entre fechas de siembra de 2730 kg ha<sup>-1</sup> y entre híbridos de 1476 kg ha<sup>-1</sup>.

El tamaño del efecto de cada factor o aporte relativo a la variación total se obtuvo como el cociente entre la suma de cuadrados del factor y la suma de cuadrados total, y mostró que la fecha de siembra explico el 33% de la variabilidad total observada y la interacción A×FS×S explico el 26%.

La fecha de siembra fue el factor con mayor efecto en la determinación del rendimiento. En concordancia con esto, los ambientes más productivos fueron aquellos definidos por fechas de siembra temprana. No obstante, la fecha de siembra mostró un efecto diferencial en función de la combinación con el sitio y el año. Particularmente, el ambiente año 2013 x fecha temprana x sitio Maria Teresa tuvo una media de rendimiento significativamente menor.

En la Tabla 2 se muestra la comparación de medias para la interacción A×FS×S. La combinación del año 2013 x fecha temprana x sitio Teodelina fue el ambiente donde en promedio todos los híbridos rindieron más en comparación con el resto de los ambientes. Los híbridos que rindieron por encima de la media del ambiente (16233,8 kg ha<sup>-1</sup>) fueron 510 PW, LT 621 MGRR y AX 887 TD/TG con 16980, 16880 y 16835 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A su vez, los peores ambientes o menos productivos fueron año 2014 x siembra tardía x sitio Maria Teresa y año 2013 x siembra tardía x sitio Teodelina. Para el ambiente año 2013 x siembra tardía x sitio Teodelina los híbridos que rindieron por encima de la media fueron LT 621 MGRR, DK 7210 VT3 y NK 900 con 10798, 10752 y 10175 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En el ambiente año 2014 x siembra tardía x sitio Maria Teresa los híbridos que más rindieron fueron DK 7210 VT3, LT 621 MGRR y Avalón PW, con 10510, 10386 y 10340 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

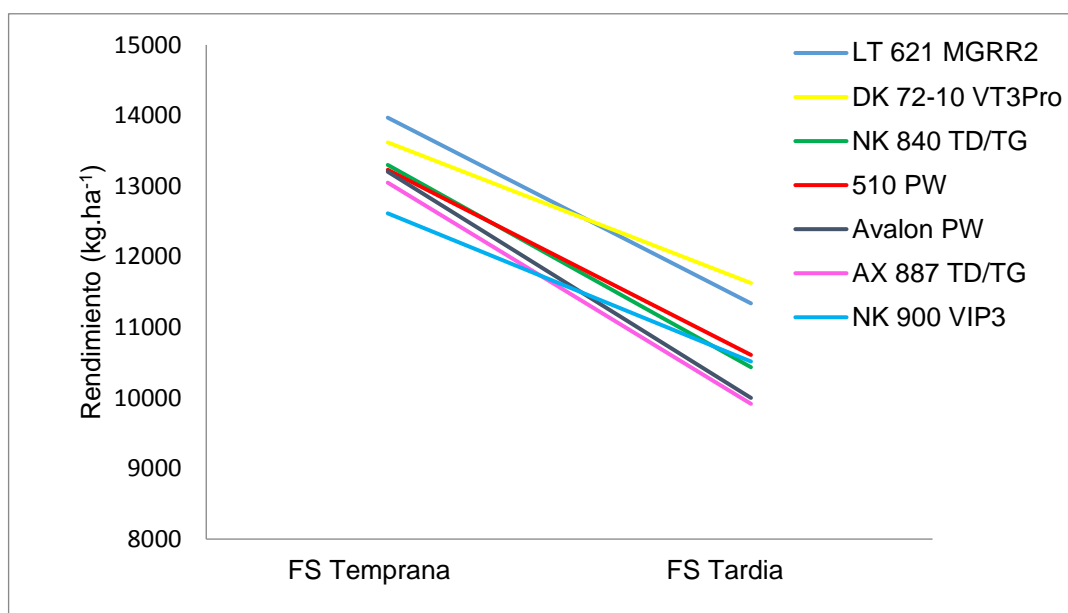
**Tabla 2:** Comparación de medias de rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) por ambiente. Test LSD Fisher (DMS= 467,7)

Año	Fecha de siembra	Sitio	Medias	N	E.E.	
2013	Temprana	Teodelina	16233,8	14	172,22	<b>a</b>
2014	Temprana	Maria Teresa	12930,3	14	172,22	<b>b</b>
2014	Temprana	Teodelina	12918,4	14	172,22	<b>b</b>
2013	Tardía	Maria Teresa	12325,9	14	172,22	<b>c</b>
2014	Tardía	Teodelina	11066,0	20	162,73	<b>d</b>
2013	Temprana	Maria Teresa	11052,4	14	172,22	<b>d</b>
2013	Tardía	Teodelina	9778,5	14	172,22	<b>e</b>
2014	Tardía	Maria Teresa	9368,6	20	162,73	<b>e</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En la Figura 2 se muestra el ranking de híbridos para rendimiento en función de la fecha de siembra. Se observa que la fecha tardía discrimina más el efecto del genotipo, ya que en fecha temprana la variación entre los híbridos más contrastantes fue de 1370 kg ha<sup>-1</sup> y en fecha tardía fue de 1715 kg ha<sup>-1</sup>.

El rendimiento promedio en fecha temprana fue de 13284 kg ha<sup>-1</sup> y en fecha tardía de 10556 kg ha<sup>-1</sup>. Para ambas fechas de siembra los híbridos con mejor comportamiento fueron LT 621 MGRR<sub>2</sub> y DK 7210 VT3Pro, con aproximadamente 12650 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 2:** Rendimiento en kg ha<sup>-1</sup> en función de la fecha de siembra (corregido al 14,5%).

**Tabla 3:** Valores promedio de rendimiento por año, sitio, fecha de siembra e híbridos. Nivel de significancia estadística y aporte relativo a la variabilidad total (%) de las fuentes de variación.

<b>Año</b>	<b>Sitio</b>	<b>Fecha de siembra</b>	<b>Híbrido</b>	<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
2013				12347,6 a
2014				11570,8 b
	Teodelina			12499,2 a
	María Teresa			11419,3 b
		Temprana		13283,7 a
		Tardía		10634,7 b
			LT 621 MGRR2	12654,4 a
			DK 72-10 VT3Pro	12623,3 a
			510 PW	11919,9 b
			SYN 840 TD/TG	11867,4 bc
			Avalón PW	11601,9 bc
			NK 900 VIP3	11565,1 bc
			AX 887 TD/TG	11482,7 c

<b>Fuente de variación</b>	<b>Nivel de significancia</b>	<b>Aporte relativo a la variación total (%)</b>
Año (A)	0,001	2,8
Sitio (S)	0,05	5,5
Fecha de siembra (FS)	0,001	33,0
Híbrido (H)	0,001	3,7
AxFS	ns	0,0
AxS	ns	0,3
AxH	0,05	2,3
FSxS	0,001	10,5
FSxH	ns	0,9
SxH	0,05	1,0
AxFSxS	0,001	26,0
AxFSxH	ns	0,5
AxSxH	ns	0,8
FSxSxH	0,05	1,3
AxFSxSxH	0,001	1,9

### **Humedad a comienzo de secado**

El efecto del genotipo en el contenido de humedad del grano a cosecha se manifiesta en dos aspectos. Por un lado, a través de la velocidad de secado a partir de madurez fisiológica, y por otro, a través del tiempo que demora el genotipo en alcanzar aproximadamente un 32 % de contenido de humedad en el grano (que corresponde al momento de post madurez fisiológica). En consecuencia, la combinación de ambos determinará un mayor o menor contenido de humedad a cosecha.

El análisis de la varianza para contenido de humedad a comienzo del secado, es decir, al momento en el cual cada sitio estaba (como promedio de todos los híbridos para cada sitio y repetición) entre 31 y 32 % de humedad, mostró que hubo efecto significativo del híbrido (H), el cual explicó en mayor proporción (23%) la variabilidad fenotípica para este carácter. Los efectos año (A), fecha de siembra (FS) y sitio (S), fueron estadísticamente no significativos (Tabla 5).

En la tabla 4 se muestra la comparación de medias para contenido de humedad a comienzo del secado entre híbridos. La variación entre híbridos más contrastantes fue de 3,23 puntos de humedad. El genotipo que más demoró en alcanzar la madurez fisiológica fue NK 900 VIP3.

**Tabla 4:** Comparación de medias de humedad a comienzo de secado (%) por híbrido.

Test LSD Fisher (DMS= 1,07).

<b>Híbrido</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>		
NK 900 VIP3	34,06	16	0,39	<b>a</b>	
510 PW	32,07	22	0,37		<b>b</b>
Avalón PW	31,95	16	0,39		<b>b</b>
DK 72-10 VT3Pro	31,76	16	0,39	<b>b</b>	<b>c</b>
LT 621 MGRR2	31,53	16	0,39	<b>b</b>	<b>c</b>
SYN 840 TD/TG	31,36	18	0,38	<b>b</b>	<b>c</b>
AX 887 TD/TG	30,83	16	0,39		<b>c</b>

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Tabla 5:** Valores promedio de H (%) a comienzo de secado por año, sitio, fecha de siembra e híbridos. Nivel de significancia estadística y aporte relativo a la variabilidad total (%) de las fuentes de variación.

<b>Año</b>	<b>Sitio</b>	<b>Fecha de siembra</b>	<b>Híbrido</b>	<b>Humedad a comienzo de secado (%)</b>
2013				31,9 a
2014				32,0 a
	Teodelina			32,0 a
	Maria Teresa			31,8 a
		Temprana		31,8 a
		Tardía		32,0 a
			NK 900 VIP3	34,1 a
			510 PW	31,7 b
			Avalón PW	32,0 b
			DK 72-10 VT3Pro	31,8 bc
			LT 621 MGRR2	31,5 bc
			NK 840 TD/TG	31,6 bc
			AX 887 TD/TG	30,8 c

<b>Fuente de variación</b>	<b>Nivel de significancia</b>	<b>Aporte relativo a la variación total (%)</b>
Año (A)	ns	0,5
Fecha siembra (FS)	ns	0,3
Sitio (S)	ns	0,5
Hibrido (H)	0,001	23,0
AxFS	ns	1,1
AxS	0,05	5,4
AxH	ns	6,4
FSxS	0,001	7,2
FSxH	ns	1,6
SxH	ns	1,1
AxFSxS	ns	2,5
AxFSxH	ns	1,2
AxSxH	ns	2,6
FSxSxH	ns	2,9
AxFSxSxH	ns	2,8

Si bien la mayoría de las interacciones fueron no significativas para humedad a comienzo de secado y el genotipo fue el efecto que más contribuyó, la interacción que resultó significativa y que explico el 7,2% de la variabilidad total observada fue FS x S.

En fecha temprana x sitio Teodelina y en fecha tardía x sitio Maria Teresa los híbridos llegaron con mayor contenido de humedad al momento de inicio del secado, en este sentido, el genotipo con mayor contenido fue NK 900 para los años 2013 y 2014, y 510 PW en 2014 (Tabla 6). Cabe mencionar, que en dichos ambientes las fechas de siembra fueron más tardías en comparación con el resto de los ambientes (Tabla 2, en materiales y método).

**Tabla 6:** Comparación de medias de humedad a comienzo de secado (%) para la FSxS.

Test LSD Fisher (DMS= 0,81).

<b>Fecha Siembra</b>	<b>Sitio</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Temprana	Teodelina	32,48	28	0,29	<b>a</b>
Tardía	Maria Teresa	32,44	28	0,29	<b>a</b>
Tardía	Teodelina	31,66	36	0,28	<b>b</b>
Temprana	Maria Teresa	31,16	28	0,29	<b>b</b>

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## **Tasa de secado**

El análisis de varianza mostró que hubo efecto significativo sobre tasa de secado del año (A), fecha de siembra (FS), híbrido (H) e interacción genotipo x ambiente (Tabla 7).

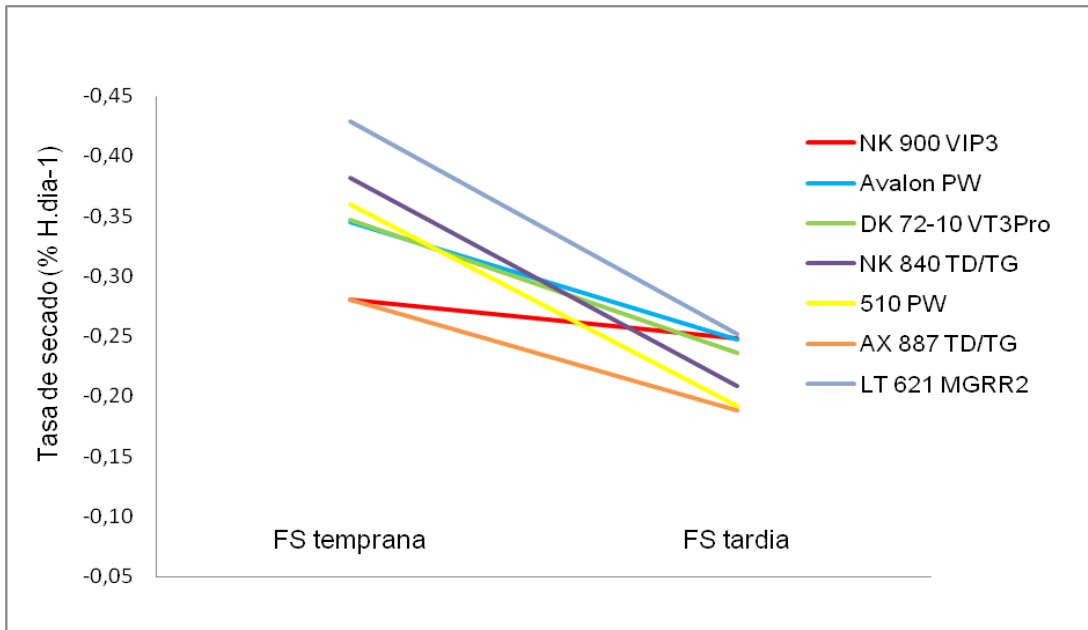
La fecha de siembra explicó el 60% de la variación total observada en tasa de secado. Como es de esperar, la fecha de siembra tiene un alto impacto en la velocidad de secado del grano debido principalmente a la influencia de las condiciones ambientales reinantes durante el periodo comprendido entre madurez fisiológica y cosecha, lo cual se ve reflejado en la magnitud del cambio en tasa de secado entre fecha de siembra temprana y tardía, de 0,33 a 0,18 % de humedad día<sup>-1</sup>, respectivamente.

La variación entre años se debe principalmente a las condiciones climáticas predominantes en cada campaña. El año 2014 se caracterizó por presentar un contenido de humedad relativa del aire promedio para cada estación de crecimiento más alto que el año 2013 (Tabla 1), el cual varió de 86,4 a 82,4 %, respectivamente, y que se manifestó en menores tasas de secado del grano en todos los genotipos evaluados.

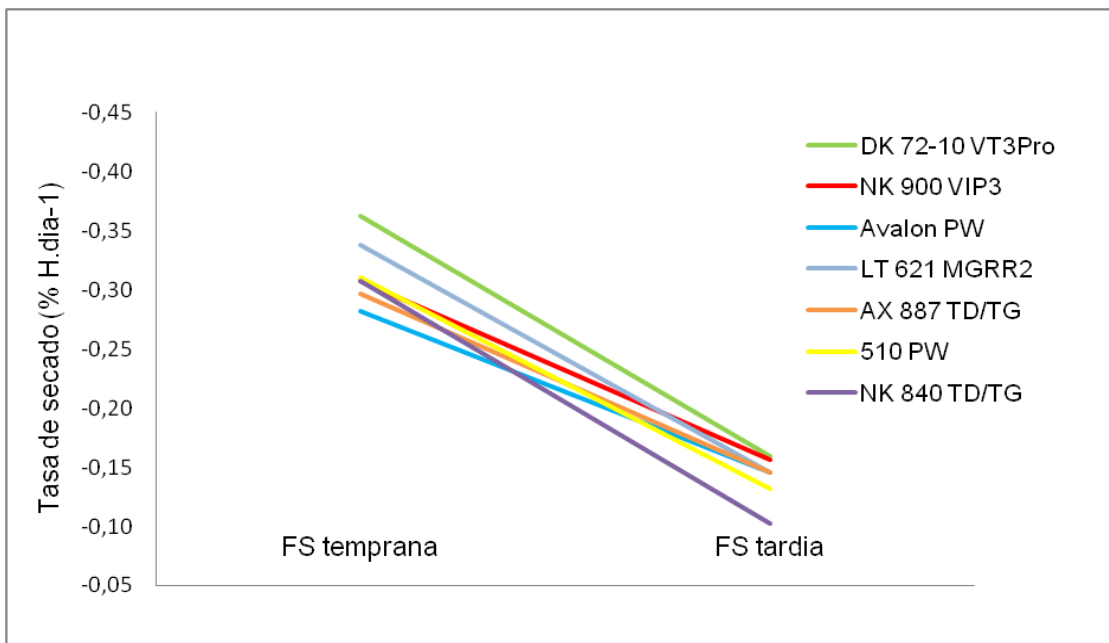
La variación entre híbridos fue mayor en fecha de siembra temprana. Este resultado era esperable, ya que en fechas tempranas las diferencias en tasa de secado dependen más del genotipo que del ambiente. Por el contrario, en fechas de siembra tardías el ambiente se vuelve el factor más limitante para el secado y las diferencias entre híbridos disminuyen. No obstante, el ranking entre materiales se mantuvo relativamente constante, es decir, los híbridos de mayor velocidad de secado en siembras tempranas fueron los de mayor tasa en siembras tardías (Figuras 3 y 4).

La magnitud de la variación entre híbridos en 2013 fue de 0,15 % de humedad día<sup>-1</sup> y de 0,05 % de humedad día<sup>-1</sup> para fecha temprana y tardía, respectivamente, en el año 2014 fue de 0,10 % de humedad día<sup>-1</sup> y de 0,06 % de humedad día<sup>-1</sup> para fecha temprana y tardía, respectivamente. A su vez, el efecto del genotipo explicó el 4 % de la variabilidad total observada.

Considerando los valores promedio, los genotipos que mostraron las mayores tasas de secado fueron LT 621 MGRR<sub>2</sub> y DK 72-10 VT3Pro, con 0,29 y 0,28 % de humedad día<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Figura 3:** Valores promedio de tasa de secado del año 2013 en función de la fecha de siembra.



**Figura 4:** Valores promedio de tasa de secado del año 2014 en función de la fecha de siembra.

**Tabla 7:** Valores promedio de tasa de secado (%H día<sup>-1</sup>) por año, sitio, fecha de siembra e híbridos. Nivel de significancia estadística y aporte relativo a la variabilidad total (%) de las fuentes de variación.

<b>Año</b>	<b>Sitio</b>	<b>Fecha de siembra</b>	<b>Híbrido</b>	<b>TS diaria</b>
2013				0,28 a
2014				0,23 b
	Teodelina			0,25 a
	Maria Teresa			0,26 a
		Temprana		0,33 a
		Tardía		0,18 b
			LT 621 MGRR2	0,29 a
			DK 72-10 VT3Pro	0,28 a
			Avalón PW	0,26 b
			NK 840 TD/TG	0,25 b
			510 PW	0,25 b
			NK 900 VIP3	0,24 bc
			AX 887 TD/TG	0,22 c

<b>Fuente de variación</b>	<b>Nivel de significancia</b>	<b>Aporte relativo a la variación total (%)</b>
Año (A)	0,001	8,0
Sitio (S)	ns	0,4
Fecha de siembra (FS)	0,001	60,6
Híbrido (H)	0,001	4,0
AxFS	0,001	2,0
AxS	0,001	5,0
AxH	0,001	3,0
FSxS	ns	0,2
FSxH	0,001	4,0
SxH	ns	0,4
AxFSxS	0,001	1,0
AxFSxH	0,001	1,0
AxSxH	0,05	1,0
FSxSxH	0,05	1,0
AxFSxSxH	0,001	2,0

La Tabla 8 muestra la comparación de medias de tasa de secado para la interacción FSxH. Por un lado, se observa la magnitud del cambio en tasa de secado entre fecha temprana y tardía, y por otro, que en fecha de siembra temprana las diferencias entre híbridos para velocidad de secado son mayores.

En fecha temprana, el genotipo que más contribuyó con mayor tasa de secado es LT 621 MGRR, por lo contrario, los de menor tasa fueron NK 900 VIP3 y AX 887 TD/TG. En siembras tardías, los genotipos con menor tasa de secado fueron AX 887 TD/TG, 510 PW y SYN 840 TD/TG.

**Tabla 8:** Comparación de medias de tasa de secado (% H día<sup>-1</sup>) de la interacción FSxH.  
Test LSD Fisher (DMS= 0,024).

Fecha Siembra	Hibrido	Medias	n	E.E.		
Temprana	LT 621 MG RR2	0,38	8	0,01	<b>a</b>	
Temprana	DK 7210 VT3Pro	0,36	8	0,01		<b>b</b>
Temprana	SYN 840 TD/TG	0,35	8	0,01		<b>b</b>
Temprana	510 PW	0,34	8	0,01		<b>b</b>
Temprana	Avalón PW	0,31	8	0,01		<b>c</b>
Temprana	AX 887 TD/TG	0,29	7	0,01		<b>d</b>
Temprana	NK 900 VIP3	0,28	7	0,01		<b>d</b>
Tardía	NK 900 VIP3	0,20	8	0,01		<b>e</b>
Tardía	LT 621 MG RR2	0,20	8	0,01		<b>e</b>
Tardía	DK 7210 VT3Pro	0,20	8	0,01		<b>e</b>
Tardía	Avalón PW	0,20	8	0,01		<b>e</b>
Tardía	AX 887 TD/TG	0,17	8	0,01		<b>f</b>
Tardía	510 PW	0,16	8	0,01		<b>f</b>
Tardía	SYN 840 TD/TG	0,16	8	0,01		<b>f</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

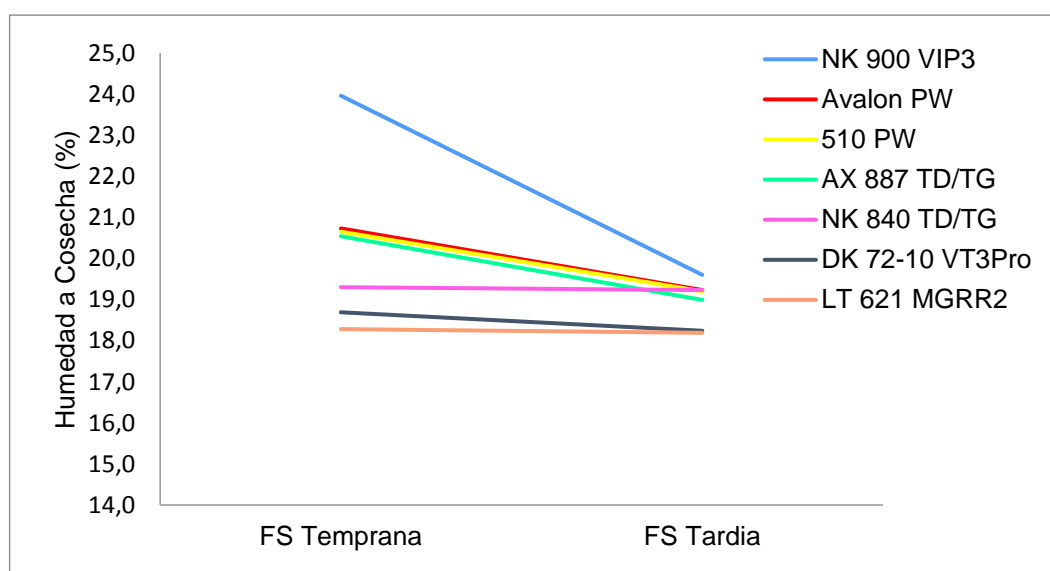
## Humedad a cosecha

El mismo análisis que para el resto de los caracteres medidos se realizó para el contenido de humedad a cosecha. Los efectos significativos fueron año (A), fecha de siembra (FS), sitio (S), híbrido (H) e interacción genotipo x ambiente (Tabla 9).

La variación observada fue explicada en mayor medida por el efecto del sitio (S), la interacción fecha de siembra x sitio (FSxS) y del híbrido (H). El sitio Teodelina se caracterizó por presentar en todos los casos un valor promedio de humedad a cosecha mayor que el sitio Maria Teresa, los cuales fueron de 21,3 y 17,9 %, respectivamente. Esto explico el 25 % de la variación total, y se debió fundamentalmente a decisiones de índole empresarial.

La media de humedad a cosecha para el conjunto de datos analizados fue de 18,9 % para fecha tardía y de 20,3 % para fecha temprana, pero algunos ensayos fueron cosechados con 16 % de humedad, y otros con valores muy superiores, de 22 % de humedad (Teodelina en fecha de siembra tardía).

En la Figura 5 se muestra el ranking de híbridos para humedad a cosecha en función de la fecha de siembra. La variación entre híbridos más contrastantes fue de 5,7 % de humedad en fecha temprana y de 1,4 % en fecha tardía. El efecto del genotipo explico el 10 % de la variación total. Por un lado, los híbridos que más contribuyeron con bajo contenido de humedad a cosecha fueron LT 621 MGRR<sub>2</sub> y DK 7210 VT3Pro; y por otro, el híbrido NK 900 VIP3 se caracterizó por presentar siempre el mayor contenido de humedad a cosecha en comparación con el resto de los genotipos.



**Figura 5:** Valores promedio de humedad a cosecha (%) en función de la fecha de siembra.

**Tabla 9:** Valores promedio de humedad a cosecha (%) por año, sitio, fecha de siembra e híbridos. Nivel de significancia estadística y aporte relativo a la variabilidad total (%) de las fuentes de variación.

<i>Año</i>	<i>Sitio</i>	<i>Fecha de siembra</i>	<i>Híbrido</i>	<i>Humedad a cosecha (%)</i>
2013				20,4 a
2014				18,9 b
	Teodelina			21,3 a
	Maria Teresa			17,9 b
		Temprana		20,3 a
		Tardía		18,9 b
			NK 900 VIP3	21,8 a
			Avalón PW	20,0 b
			510 PW	19,9 b
			AX 887 TD/TG	19,8 b
			SYN 840 TD/TG	19,3 c
			DK 7210 VT3Pro	18,5 d
			LT 621 MGRR	18,2 d

<i>Fuente de variación</i>	<i>Nivel de significancia</i>	<i>Aporte relativo a la variación total (%)</i>
Año (A)	0,001	4,7
Sitio (S)	0,05	24,5
Fecha de siembra (FS)	0,001	4,0
Híbrido (H)	0,001	10,0
AxFS	0,001	4,9
AxS	0,001	0,9
AxH	0,001	3,8
FSxS	0,001	19,2
FSxH	0,001	4,0
SxH	Ns	0,3
AxFSxS	0,001	6,6
AxFSxH	0,05	0,6
AxSxH	0,001	1,4
FSxSxH	0,001	1,3
AxFSxSxH	Ns	0,1

En la tabla 10 se muestra la comparación de medias de humedad a cosecha para la interacción FSxS. Por un lado, la variabilidad fenotípica en el contenido de humedad a cosecha se explicó en mayor medida por el efecto del sitio, y este efecto estuvo asociado al momento de cosecha de los ensayos en cada localidad. Por otro, la fecha de siembra ejerce su efecto regulando la tasa de pérdida diaria de humedad y por ende modifica el contenido final. En Teodelina, por decisión de tipo empresarial siempre se cosechó con mayor contenido de humedad promedio respecto a María Teresa, independientemente de la fecha de siembra. Los genotipos que tuvieron menor contenido de humedad al momento de cosecha del ensayo de Teodelina en fecha tardía fueron DK 7210 VT3 y AX 887 TD/TG.

Particularmente, el sitio María Teresa mostró un contenido más bajo en fecha tardía que en fecha temprana, y esto responde en gran medida a que en dicho ambiente se esperó a que el lote comercial del productor tuviese un contenido de humedad cercano al de entrega (14,5 %), por lo tanto, todos los híbridos tuvieron una mayor duración del periodo de secado.

**Tabla 10:** Comparación de medias para humedad a cosecha (%) de la interacción FSxS.  
Test LSD Fisher (DMS= 0,298).

<b>Fecha siembra</b>	<b>Sitio</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Tardía	Teodelina	22,1	34	0,11	<b>a</b>
Temprana	Teodelina	20,5	28	0,11	<b>b</b>
Temprana	María Teresa	20,1	28	0,11	<b>c</b>
Tardía	María Teresa	15,8	34	0,11	<b>d</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## DISCUSIÓN

El cultivo de maíz en Argentina enfrenta dos escenarios de producción bien diferentes, a los que definimos como sistemas de producción de maíz temprano y maíz tardío. Los atributos que se requieren de un híbrido en cada uno de ellos difieren. Cabe mencionar que la mayoría de los materiales templados disponibles hoy en el mercado no han sido seleccionados y mejorados para uso en siembras tardías, ya que son el producto de un proceso de selección bajo planteos de siembras tempranas.

Si bien son varios los criterios que se pueden aplicar para la elección de un híbrido en planteos de siembras tardías, la humedad a cosecha es actualmente de primordial importancia.

Debido al impacto económico que genera el secado artificial, llegar a cosecha con bajos contenidos de humedad es relevante para el cultivo de maíz. En este sentido, la velocidad de secado a campo a partir de madurez fisiológica se convierte en una característica determinante para la elección del genotipo. La tesis demostró que existen diferencias fenotípicas significativas entre híbridos comerciales para este atributo, y que esas diferencias estuvieron asociadas al genotipo y en mayor medida a la interacción del genotipo con el ambiente. Como era de esperar, se encontró que las mayores diferencias entre híbridos se manifestaron en siembras tempranas, ya que en fechas tempranas las diferencias en tasa de secado dependen más del genotipo que del ambiente. Por el contrario, en fechas de siembra tardías el ambiente se vuelve el factor más limitante para el secado y las diferencias entre híbridos disminuyen. No obstante, el ranking entre materiales se mantuvo relativamente constante, es decir, los híbridos de mayor velocidad de secado en siembras tempranas fueron los de mayor tasa en siembras tardías. Este es un resultado de alto impacto para los programas de mejoramiento. Seleccionar para humedad a cosecha en ambientes de fechas tempranas permite predecir el comportamiento en fechas tardías.

A su vez, el tiempo que demora cada híbrido en alcanzar aproximadamente 32 % de contenido de humedad en el grano, momento a partir del cual comienza el secado, es clave ya que en combinación con la velocidad de secado determinan el contenido de humedad a cosecha. El contenido de humedad a comienzo de secado fue menos afectado por el ambiente que el resto de los caracteres medidos. En esta tesis se encontraron diferencias fenotípicas significativas entre híbridos, asociadas a la madurez relativa del genotipo. En tal sentido, es esperable que aquellos híbridos con madurez relativa mayor a 123 días, tengan mayor contenido de humedad a cosecha, independientemente de la fecha de siembra.

La fecha de siembra es una práctica de manejo de alto impacto en el cultivo de maíz. De hecho, fue el factor que afectó en mayor medida la tasa de secado del grano y el rendimiento logrado, explicando el 60 % y el 33 % de la variación total, respectivamente, para el conjunto de datos analizados. Esta información es relevante para el productor agropecuario, y la elección del genotipo es de gran importancia para optimizar el rendimiento en planteos de siembras tardías. Gambín et al. (2016) también concluyeron que la elección del híbrido es primordial, y que el éxito de las siembras tardías de maíz es además altamente dependiente de variables de manejo, tales como el nitrógeno disponible y la densidad de siembra.

La fecha de siembra condiciona el ambiente hídrico y fototérmico que explora el cultivo durante su ciclo, y si bien el rendimiento potencial es menor en siembras tardías que en fechas tempranas (Mercau y Otegui, 2014), los productores están obteniendo rendimientos aceptables y con una mayor estabilidad. Esta estabilidad es hoy una de las causas principales del crecimiento del maíz sembrado tardíamente. Sin embargo, habría un límite de siembra más allá del cual el rendimiento se ve negativamente afectado. En concordancia con esto, Gambín y Borrás (2015) observaron un marcado impacto negativo sobre el rendimiento en siembras de enero. En 2014 el rendimiento promedio fue menor comparado con el año 2013, lo cual estaría asociado principalmente a mayores temperaturas máximas durante los meses de diciembre y enero, durante los cuales se registraron incluso varios días con temperaturas supra óptimas ya que no fue limitante el nivel de precipitaciones. Además, se observó que el sitio sembrado más tardíamente fue también el de menor rendimiento promedio (sitio Maria Teresa sembrado el 17 de diciembre).

## **CONCLUSIONES**

- La tasa de secado a campo está fuertemente influenciada por el ambiente y el genotipo.
- Existieron diferencias significativas entre híbridos para todos los caracteres medidos.
- La combinación de la velocidad de secado del grano y el tiempo que demora cada híbrido en alcanzar la madurez fisiológica influyen ambos en el contenido de humedad a cosecha.
- Para fechas de siembra contrastantes, la magnitud del cambio en la tasa de secado es más importante que el contenido de humedad del grano a madurez fisiológica, es decir, al momento de inicio del secado.
- La elección del genotipo es de gran importancia en planteos productivos de maíz tardío.
- Los genotipos que mostraron mejor comportamiento promedio, considerando rendimiento, humedad a cosecha y tasa de secado fueron LT 621 MGRR<sub>2</sub> y DK 72-10 VT3Pro.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Aldrich, S. R., Scott, W. O., Leng, E. R., 1975. Modern corn production. A and L publication, Champaign, IL.378 pp.
- Andrade, F.H., Vega, C., Uhart, S. A., Cirilo, A. G., Cantarero, M. G., Valentinuz, O., 1999. Kernel number determination in maize. *Crop Science* 39:453-459
- Ascheri, L.,2013. Siembra de maíces tardíos. Jornada CREA Sur de Santa Fe. Maíz 2013. Venado Tuerto.
- Borrás, L., Westgate, M.E., Otegui, M.E., 2003. Control of kernel weight and kernel water relations by post-flowering source-sink ratio in maize. *Annals of Botany* 91:857-867.
- Borrás, L., Zinselmeier, C., Senior, M.L., Westgate, M.E., Muszynski, M.G., 2009. Characterization of grain-filling patterns in diverse maize germplasm. *Crop Science* 49:999-1009.
- Borrás, L., Gambín, B. L., 2011. Resultados de la red de ensayos de maíz tardío (campaña 2011-2012). *Revista AAPRESID maíz tardío*, páginas 17-22.
- Cross, H. Z., 1985. A selection procedure for ear drying-rate in maize. *Euphytica* 34:409-418.
- Dijak, M., Modarres, A. M., Hamilton, R. I., Dwyer, L. M., Stewart, D. W., Mather, D. E., Smith, D. L., 1999. Leafy reduced stature maize hybrids for short season environments. *Crop Science* 39: 1106-1110.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzales, L., Tablada, M., Robledo, C.W., 2014. Infostat vs. 2014. Grupo Infostat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, Argentina.
- Ermácora, M., Gandino, E., Reyes, M., 2013. Ensayos comparativos de híbridos y planteos productivos convencional vs. tardío. *Ensayos zonales de maíz. Campaña 2012-2013. Zona Norte de Bs. As.*
- FAO, Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2014. Statistics of farming production. Maize. Available in <http://faostat3.fao.org/home/E>.
- Freppon J. T., St Martin S. K., Pratt R. C., Henderlong P. R., 1992. Selection for low ear moisture in corn, using a hand-held meter. *Crop Science* 32:1062-1064.
- Gambín, B.L., Borrás, L., Otegui, M.E., 2007. Kernel water relations and duration of grain filling in maize temperate hybrids. *Field Crops Research* 101:1-9.
- Gambín, B.L., Borrás, L., 2015. Resultados de la red de ensayos de maíz tardío (campaña 2014-2015). *Revista AAPRESID Maíz Tardío*, páginas 9-12.

- Gambín, B.L., Coyos, T., DiMauro, G., Borrás, L., Garibaldi, L., 2016. Exploring genotype, management, and environmental variables influencing grain yield of late-sown maize in central Argentina. *Agricultural Systems* 146:11-19.
- Hallauer, A. R., Miranda, J. B., 1988. *Quantitative genetics in maize breeding*. 2<sup>nd</sup>edn. Iowa State Univ Press, Ames.
- Lauer, J. G., Carter, P. R., Wood, T. M., Diezel, G., Wiersma, D. W., Rand, R. E., Mlynarek, M. J., 1999. Corn hybrid response to planting date in the Northern Corn Belt. *Agron J* 91:834-839.
- Mather, D. E., Kannenberg, L. W., 1989. Correlations between grain yield and percentage grain moisture at harvest in Ontario hybrid corn trials. *Can J Plant Sci* 69:223-225.
- Mercau, J. L., Otegui, M. E., 2014. Advances in agricultural systems modeling. In: Ahuja, L. R., Ma, L., Lascano, R.J., (Eds). *Practical Applications of Agricultural System Models to Optimize the Use of Limited Water*. ASA, CSSA, SSSA, Madison, USA, pp. 301-323.
- PAS, Panorama Agrícola Semanal, 2015. Bolsa de Cereales, Argentina. Disponible en <http://www.bolsadecereales.org/>.
- Precop INTA, 2006. Gacetilla de actualización técnica de postcosecha N°16. Disponible en <http://www.cosechaypostcosecha.org/>.
- Sala, R. G., Andrade, F. H., Camadro, E. L., Cerono, J. C., 2006. Quantitative trait loci for grain moisture at Harvest and field grain drying rate in maize (*Zea mays*). *Theor. Appl. Genet* 112:462-471.
- Schmidt, J. L., Hallauer, A. R., 1966. Estimating harvest date of corn in the field. *Crop Science* 6:227-231.
- SIGA. Sistema de información y gestión agrometeorológico del INTA. Estación Villa Cañas-EEA Oliveros. Disponible en <http://sig2.inta.gov.ar/>.
- Sweeney, P. M., St. Martin, S. K., Clucas, C. P., 1994. Indirect inbred selection to reduce grain moisture in maize hybrids. *Crop Science* 34:391-396.
- Troyer, A.F., Ambrose, W.B., 1971. Plant Characteristics affecting field drying rate of ear corn. *Crop Science* 11:529-531.

## ANEXO 1

Análisis de la varianza para rendimiento (kg/ha)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rinde(kg/ha)	124	0,96	0,92	5,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	593382643,4	57	10410221,8	25,1	<0,0001	
Año (A)	17361488,6	1	17361488,6	41,8	<0,0001	
Fecha siembra (FS)	201883255,0	1	201883255,0	486,2	<0,0001	
Sitio (S)	33551141,6	1	33551141,6	114,6	0,0086	(Sitio>Rep)
Sitio>Repetición	585312,4	2	292656,2	0,7	0,4979	
Hibrido (H)	23112788,9	6	3852131,5	9,3	<0,0001	
AxFS	97127,4	1	97127,4	0,2	0,6302	
AxS	1617540,6	1	1617540,6	3,9	0,0526	
AxH	14032508,1	6	2338751,3	5,6	0,0001	
FSxS	65157332,2	1	65157332,2	156,9	<0,0001	
FSxH	5296175,4	6	882695,9	2,1	0,0618	
SxH	6366297,6	6	1061049,6	2,6	0,0276	
AxFSxS	160177320,1	1	160177320,1	385,8	<0,0001	
AxFSxH	3338237,6	6	556372,9	1,3	0,2522	
AxSxH	4726471,1	6	787745,2	1,9	0,0944	
FSxSxH	8323280,9	6	1387213,5	3,3	0,0062	
AxFSxSxH	11570766,7	6	1928461,1	4,6	0,0005	
Error	27404814,0	66	415224,5			
Total	620787457,4	123				

## ANEXO 2

Análisis de la varianza para humedad a comienzo de secado

Variable	R	R Aj	CV
H% a comienzo secado	0,66	0,34	4,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Error</b>
Modelo.	289,38	57	5,08	2	0,0024	
Año	2,00	1	2,00	1	0,3672	
Fecha siembra (FS)	1,47	1	1,47	1	0,4386	
Sitio (S)	2,03	1	2,03	0	0,7157	(Sitio>Rep)
Sitio>Repetición	23,05	2	11,53	5	0,0120	
Hibrido (H)	101,10	6	16,85	7	<0,0001	
AxFS	4,83	1	4,83	2	0,1630	
AxS	23,94	1	23,94	10	0,0026	
AxH	28,00	6	4,67	2	0,0907	
FSxS	31,68	1	31,68	13	0,0006	
FSxH	7,00	6	1,17	0	0,8199	
SxH	4,78	6	0,80	0	0,9195	
AxFSxS	10,93	1	10,93	5	0,0377	
AxFSxH	5,37	6	0,90	0	0,8957	
AxSxH	11,38	6	1,90	1	0,5867	
FSxSxH	12,89	6	2,15	1	0,5103	
AxFSxSxH	12,26	6	2,04	1	0,5418	
Error	150,28	62	2,42			
Total	439,66	119				

### ANEXO 3

Análisis de la varianza para tasa de secado

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TS diaria	110	0,97	0,94	9,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	0,96	57	0,02	30,29	<0.0001	
Año (A)	0,08	1	0,08	148,40	<0.0001	
Repetición	0,03	1	0,03	53,29	<0.0001	
Fecha siembra (FS)	0,60	1	0,60	1072,12	<0.0001	
Sitio (S)	3,80E-03	1	3,80E-03	7,50	0,2229	(Sitio>Rep)
Sitio>Repetición	5,10E-04	1	5,10E-04	0,91	0,3433	
Hibrido (H)	0,04	6	0,01	12,14	<0.0001	
AxFS	0,02	1	0,02	36,70	<0.0001	
AxS	0,05	1	0,05	81,21	<0.0001	
AxH	0,03	6	4,90E-03	8,84	<0.0001	
FSxS	2,00E-03	1	2,00E-03	3,66	0,0611	
FSxH	0,04	6	0,01	12,80	<0.0001	
SxH	4,00E-03	6	6,60E-04	1,18	0,3288	
AxFSxS	0,01	1	0,01	14,26	0,0004	
AxFSxH	0,01	6	2,40E-03	4,36	0,0012	
AxSxH	0,01	6	2,10E-03	3,71	0,0038	
FSxSxH	0,01	6	1,60E-03	2,89	0,0166	
AxFSxSxH	0,02	6	3,10E-03	5,58	0,0002	
Error	0,03	52	5,60E-04			
Total	0,99	109				

## ANEXO 4

Análisis de la varianza para humedad a cosecha

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
H (%) a cosecha	124	0,98	0,97	2,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo.	1316,13	57	23,09	67,21	<0,0001	
Año	62,33	1	62,33	181,42	<0,0001	
Fecha siembra (FS)	52,75	1	52,75	153,53	<0,0001	
Sitio (S)	328,50	1	328,50	156,85	0,0063	(Sitio>Rep)
Sitio>Repetición	4,19	2	2,09	6,10	0,0037	
Hibrido (H)	133,19	6	22,20	64,61	<0,0001	
AxFS	65,62	1	65,62	191,01	<0,0001	
AxS	11,87	1	11,87	34,56	<0,0001	
AxH	50,39	6	8,40	24,45	<0,0001	
FSxS	257,17	1	257,17	748,53	<0,0001	
FSxH	52,72	6	8,79	25,58	<0,0001	
SxH	4,65	6	0,77	2,25	0,0486	
AxFSxS	87,80	1	87,80	255,55	<0,0001	
AxFSxH	8,34	6	1,39	4,04	0,0016	
AxSxH	18,74	6	3,12	9,09	<0,0001	
FSxSxH	16,76	6	2,79	8,13	<0,0001	
AxFSxSxH	1,50	6	0,25	0,73	0,6272	
Error	22,68	66	0,34			
Total	1338,81	123				

