

Efecto del daño foliar y el ambiente sobre el rendimiento en el cultivo de maíz

Effect of leaf damage and environmental conditions on corn production

Efeito do dano foliar e do ambiente sobre o desempenho no cultivo de milho

Papucci, Santiago Pedro¹; González, A¹; Cruciani, M¹

¹Cultivos Extensivos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.

spapucci@unr.edu.ar

DOI: <https://doi.org/10.35305/agro34.225>

Recibido: 02/10/2019 Aceptado: 21/10/2019

Resumen

Los objetivos de este trabajo fueron: (i) evaluar, en el cultivo de maíz, los efectos sobre el rendimiento (REND), peso de grano (P1000) y peso hectolítrico (PH) cuando se simula el daño foliar (DF) causado por el granizo y (ii) relacionarlos con los valores usados por las compañías de seguros. Los ensayos se realizaron en Zavalla, Long. O 60° 53'; Lat. S 33° 01', Argentina, en las campañas 2007/08, 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2013/14 y 2014/15. El DF consistió en el rasgado de las láminas en distintos momentos: R1-15 días, R1 y R1+15 días (escala de Ritchie et al, 1989), y diferente intensidad (con quebrado, CQNC, o no de la nervadura central, SQNC). Se midió el número de espigas (ESP), REND, P1000 y PH. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y el test de medias de Tukey-Kramer. Las mayores mermas de REND se producen con CQNC y en los momentos R1-15 y R1. El tratamiento CQNC R1 + 15 presentó valores significativamente menores para P1000 en las campañas 2007/08, 2009/10 y 2010/11. Para el PH se encontraron diferencias en 2007/08 y 2009/10. El tratamiento que difirió del testigo fue CQNC R1 ($P \leq 0.01$). El REND no es influenciado por la interacción ambiente por tratamiento. La mayor disminución del REND la muestra el tratamiento CQNC R1. El P1000 es menor cuando en R1+15 la hoja es dañada y quebrada la nervadura central. La disminución del REND del 15 % es comparable a una defoliación del 35 % según las compañías de seguro.

Palabras claves: maíz - daño foliar - rendimiento.

Summary

The aims of this study were to: (i) evaluate the effects of simulated foliar damage (FD) caused by hail at different corn growth stages on yield, weight of 1000 grains and test weight, (ii) relate them to the values used by some insurance companies. The trials were carried out in Zavalla (60° 53' W; 33° 01' S), Argentina in 2008, 2010, 2011, 2012, 2014 and 2015. FD consisted in tearing all leaves at three different times: R1-15 days, R1, and R1+15 days, and with varying intensity (breaking or not breaking the midrib: BM and NBM). Number of spikes (S), yield (Y), weight of 1000 grains (WG1000) and test weight (TW) were evaluated. Data were analyzed using ANOVA and Tukey-Kramer's test. Treatments in which the midrib was broken at R1-15 and R1 showed the greatest yield decreases. Although different yields were observed when foliar damage was done at different growth stages (R1-15, R1 or R1 + 15), the differences between these moments were not statistically significant for either of the two intensities. According to these results, the treatment BMat R1 + 15 is the one that is more involved with WG1000 decrease. Significant TW differences were found only in the 2007/08 and 2009/10 growing seasons, with BM at R1 differing significant ($P \leq 0.01$) from the control. Yield was not influenced by environment-treatment interactions. BM R1 treatments resulted in the highest yield decreases. WG1000 was lower when the blade was damaged and the midrib broken at R1 + 15. The 15% yield decrease may be compared with the 35% defoliation value used by security companies.

Key words: corn; foliage damage; yield

Resumo

Os objetivos deste trabalho foram: (i) avaliar, no cultivo do milho, os efeitos sobre o rendimento (REND), peso do grão (P1000) e peso hectolitro (PH) ao simular o dano foliar (DF) causado pelo granizo e (ii) relacioná-los com os valores usados pelas seguradoras. Os ensaios foram realizados em Zavalla, Log. O 60° 53'; Lat. S 33° 01', Argentina, nas campanhas 2007/08, 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2013/14 y 2014/15. O DF consistiu em rasgar as lâminas em diferentes momentos: R1-15 dias, R1 e R1+15 dias (escala de Ritchie et al, 1989) e com diferente intensidade (com quebra, CQNC, ou não da nervura central, SQNC). Foi medido o número de espigas (ESP), REND, P1000 e PH. Os dados foram analisados com ANOVA e o teste de médias de Tukey-Kramer. As maiores perdas de REND ocorrem CQNC e nos momentos R1-15 e R1. O tratamento CQNC R1 + 15 apresentou valores significativamente mais baixos para P1000 nas campanhas 2007/08, 2009/10 y 2010/11. Para o PH encontraram-se diferenças em 2007/08 e 2009/10. O tratamento que diferiu da testemunha foi CQNC R1 ($P \leq 0,01$). O REND não é influenciado pela interação ambiente por tratamento. A maior diminuição no REND é demonstrada pelo tratamento CQNC R1. O P1000 é menor quando em R1 + 15 a folha está danificada e a nervura central está quebrada. A redução de 15% no REND é comparável a uma desfoliação de 35%, segundo as seguradoras.

Palavras-Chave: milho; dano foliar; rendimento

Introducción.

Por la complejidad de los sistemas de producción es importante conocer y comprender la dinámica de los procesos que influyen en el logro de una mayor cantidad y calidad de granos manteniendo la sostenibilidad de los agroecosistemas. Para ello es necesario alcanzar el máximo aprovechamiento de los recursos y evitar o atenuar la incidencia de los factores abióticos ([Andrade et al., 1996](#)).

Cualquier riesgo agroclimático está compuesto por la amenaza, representada por el factor climático adverso y por la vulnerabilidad, que está dada por la etapa fenológica del cultivo. Esto lleva a la definición del período crítico para la generación de rendimiento, como el período en el cual la presencia de factores adversos incide marcadamente y explica en mayor medida las variaciones del rendimiento ([Satorre et al., 2003](#)). El período crítico del cultivo de maíz es considerado 15 días antes y 15 días después de la floración femenina, R1, según escala de Ritchie y col., ([1989](#)) (50 % de plantas con estigmas visibles). Durante dicho período ocurre el crecimiento activo de la espiga, la aparición de los estigmas (barbas) y el comienzo del llenado del grano ([Otegui y Bonhomme, 1998](#)). Durante la primera mitad del período crítico previa a la aparición de los estigmas queda determinado el número de espigas por planta capaces de granar, mientras que en la segunda mitad se determina el número de granos fijados por espiga granada. El rendimiento es el producto del número de granos fijados por unidad de superficie en el período crítico y el peso logrado durante el llenado de esos granos. La producción en grano de un cultivo depende de la capacidad de interceptación de la radiación, la eficiencia en el uso de la misma y de la capacidad del genotipo para particionar la materia seca elaborada hacia los destinos reproductivos ([Andrade et al., 1996, id, p1](#)). Diferentes variables de manejo (fecha de siembra, densidad, fertilización y elección de genotipo entre otros) y del ambiente (precipitaciones, radiación incidente, temperaturas) y adversidades bióticas y abióticas (granizo) pueden modificar la interceptación de la radiación y la eficiencia en el uso de la misma como también la partición a los granos. ([Picoli Junior, 2011](#)).

Si el aparato foliar es dañado, probablemente se presentará una disminución del peso seco de la planta y como consecuencia una merma en el rendimiento. La magnitud de la disminución del rendimiento dependerá del momento y la intensidad en que ocurra el daño en el área foliar.

La reducción del rendimiento del cultivo no es proporcional a la reducción del área foliar, debiéndose esto a la producción de materia seca por parte del área foliar remanente y a la removilización de materia seca de otras partes de la planta hacia la espiga en desarrollo ([Klein y Shapiro, 2011](#)).

También se debe tener en cuenta que condiciones ambientales favorables en el resto de la estación de crecimiento del cultivo (post daño) puede causar que el rendimiento, comparado con un maíz que no ha sufrido daño, sea semejante a éste; por el contrario, condiciones desfavorables disminuirán el rendimiento más de lo esperado ([Vorst, 2002](#)).

El granizo se encuentra dentro de los factores climáticos adversos que pueden producir pérdida de área foliar, quebrado y/o daño de tallos como también la presencia de daño sin pérdida de área foliar.

El efecto de la defoliación en maíz fue estudiado por diferentes autores ([Shapiro et al., 1986](#); [Dwyer et al., 1994](#); [Mangen et al., 2005](#); [Thomison y Geyer, 2006](#); [Sangoi et al., 2014](#); [Cabada y Ahumada, 2016](#)). La defoliación por el granizo se considera daño indirecto, por lo que las empresas aseguradoras estiman las pérdidas mediante el uso de tablas ([Vorst, 2002](#)). Estos estudios condujeron a determinar el efecto en el rendimiento de grano por la remoción de las láminas de las hojas en el maíz. El rendimiento mostró los menores valores en forma proporcional al porcentaje del área foliar removido. La reducción del rendimiento para cada nivel de remoción foliar va en aumento cuando la remoción coincide con el estado de desarrollo de polinización. Para las empresas aseguradoras la reducción del rendimiento en maíz debido a granizo, es debida a la pérdida de área foliar fotosintéticamente activa. La tabla utilizada presenta doble entrada que indica: a) el estado de desarrollo o fenológico en el que se encuentra el cultivo y b) el daño o variable observada. La parte central de la tabla señala la merma de rendimiento que cabe esperar por el daño observado. La valoración de esta merma, está representado por el porcentaje de pérdida de área foliar. El interrogante surge cuando se hace referencia a un daño foliar sin pérdida de área fotosintéticamente activa, ya que sobre este daño se encuentra muy poca información. Una hoja rasgada tendría menor capacidad de controlar la pérdida de agua por tener expuesta a la atmósfera una parte del parénquima foliar, lo que dificultaría el balance hídrico de la planta. La destrucción de la cutícula y la epidermis provoca una incontrolable pérdida de agua y se supone que sería mayor aún esa pérdida si se daña la nervadura central de la hoja.

El objetivo de este trabajo fue evaluar, en distintos ambientes (campañas de producción) y en diferentes estadios del cultivo de maíz, los efectos sobre el rendimiento y sus componentes cuando se simula el daño foliar causado por el granizo y su relación con los valores de la tabla usada por las compañías de seguros ([Vorst, 2002](#)).

Materiales y Métodos.

El ensayo se condujo en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario ubicada en la localidad de Zavalla, Santa Fe, Long. O 60° 53'; Lat. S 33° 01' con un clima subhúmedo-húmedo. El híbrido de maíz utilizado fue el ACA 417 RR2 (madurez relativa 118) sembrado en las campañas 2008, 2010, 2011, 2012, 2014 y en dos fechas de siembra en el 2015 sobre un suelo Argiudol vértico, serie Roldán, en un lote proveniente de soja de segunda (excepto la siembra tardía del 2015 que fue sobre rastrojo de trigo). Las fechas de siembra de cada campaña fueron respectivamente: 25/09/07, 15/09/09, 30/09/10, 25/10/11, 05/11/13, 24/09/14 y 30/12/14. Se realizó a la siembra una fertilización base de fósforo y luego

en estadio próximo a V6 de la escala de Ritchie *et al.*, id, p 1 se aportó N con urea como fuente, en una dosis no limitante. Los tratamientos fueron:

- 1) Testigo
- 2) Daño foliar con quebrado de la nervadura central en R1 menos 15 días (CQNC R1 – 15)
- 3) Daño foliar con quebrado de la nervadura central en R1 (CQNC R1)
- 4) Daño foliar con quebrado de nervadura central en R1 más 15 días (CQNC R1 + 15)
- 5) Daño foliar sin quebrado de la nervadura central en R1 menos 15 días (SQNC R1 – 15)
- 6) Daño foliar sin quebrado de la nervadura central en R1 (SQNC R1)
- 7) Daño foliar sin quebrado de la nervadura central en R1 más 15 días (SQNC R1 + 15)

El daño foliar, sin pérdida visible de área foliar, consistió en el rasgado en tres partes de las láminas de todas las hojas totalmente expandidas y fotosintéticamente activas en el momento de realizar cada tratamiento ([Figura 1](#)); la intensidad estará dada por el quebrado o no de la nervadura central en su parte basal.



Figura 1: Ejemplo del rasgado en tres partes de la lámina de una hoja de maíz expandida. Daño foliar simulado.

Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 6 surcos separados a 0,52 m por 7,5 m de largo.

Se cosecharon 4 m² de cada repetición midiéndose el rendimiento de grano corregido a 14 % de humedad (REND), el n° de espigas por m² (ESP), el peso de 1000 granos (P1000) a través de dos muestras de 250 granos y el peso hectolítrico (PH) mediante la balanza de Schopper.

Luego de realizado el análisis de variancia, las medias de los tratamientos se compararon a través del test de comparaciones Tukey-Kramer.

Para evaluar las condiciones climáticas durante la ontogenia del cultivo se utilizaron los datos obtenidos en la Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario distante a 100 m del ensayo.

Resultados y Discusión

La floración femenina (R1 según escala de Ritchie *et al.*, id p1) se considera como el centro del período crítico. Las fechas de R1 en cada año fueron las siguientes: 20/12/07, 21/12/09, 30/12/10, 08/01/12, 11/01/14, 18/12/14 y 01/03/15. Las campañas agrícolas 2011/12 y 2013/14 presentaron elevadas temperaturas y bajas precipitaciones durante este período por lo cual

fueron considerados dentro de los siete ambientes como los de inferior calidad, corroborado esto mediante los bajos rendimientos obtenidos por los testigos (4552 y 6268 kg. ha⁻¹ respectivamente). Los años restantes presentaron condiciones climáticas adecuadas para dicho período ([Tabla 1](#))

Tabla 1: Temperaturas medias y precipitaciones de la localidad de Zavalla en las campañas 2007/08 a 2014/15(*).

		SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
2007/08	Temp. Media (°C)	15,8	18,3	19,7	22,6	24,0	22,7					
	Precip. (mm)	63,0	138,7	35,0	84,9	101,5	77,4					
2009/10	Temp. Media (°C)	12,8	16,9	20,2	21,5	24,2	23,5					
	Precip. (mm)	63,0	138,7	35,0	84,9	101,5	77,4					
2010/11	Temp. Media (°C)	16,2	20,4	23,4	24,5	22,0	20,1	17,4				
	Precip. (mm)	37,5	45,5	73,3	101,0	145,7	64,2	130,7				
2011/12	Temp. Media (°C)		16,6	22,0	23,1	24,7	23,3	20,8	17,4			
	Precip. (mm)		197,8	99,1	40,1	74,2	217,2	119,6	9,2			
2013/14	Temp. Media (°C)				25,0	26,0	21,6	18,9	17,4	13,9		
	Precip. (mm)				72,3	122,5	265,6	150,1	77,6	29,3		
2014/15	Temp. Media (°C)	15,4	19,5	21,0	22,5	23,2	22,3	21,3	19,9	16,0	12,6	11,0
	Precip. (mm)	75,4	78,4	146,5	96,7	99,6	49,7	94,7	41,8	124,6	20,6	47,5

(* Fuente: Boletín Meteorológico del Campo Experimental “J.F.Villarino”. Fac.Cs. Agrarias. Zavalla (Sta.Fe)

El análisis de la variable REND no mostró interacción entre el ambiente y los tratamientos, por lo que se analizó en conjunto ([Tabla 2](#)). Los tratamientos con quebrado en la nervadura central ocasionados en R1-15 y en R1 presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) cuando se contrastaron con el testigo, mostrando las mayores disminuciones de rendimiento (12 y 15% respectivamente). Estos resultados acuerdan con lo hallado por Sangoi *et al.* (2014), quienes encontraron que las defoliaciones realizadas en V₂₀ ocasionaron grandes descensos en el rendimiento de los granos, independientemente de la base genética del genotipo y del año de cultivo. Si se observa la tabla utilizada por las compañías aseguradoras, éste porcentaje de merma en el rendimiento equivaldría a una pérdida del área foliar del 30 y 35% ([Tabla 3](#)). Shapiro *et al.* (1986) indicaron que una defoliación en etapas tardías de crecimiento generalmente causan reducciones de rendimiento mayores de lo que la tabla predice dependiendo de la sensibilidad del híbrido al estrés. De acuerdo a los resultados encontrados por dichos investigadores, concluyen que las tablas utilizadas podrían ser ajustadas aún más. El tratamiento en R1 con quebrado en la nervadura que provocó la mayor merma del rendimiento (7097 kg. ha⁻¹), también difirió significativamente ($P \leq 0,05$) de los tratamientos sin quebrado en la nervadura ([Figura 2](#)). El quiebre de la nervadura central es el daño que influiría en mayor medida en la determinación del rendimiento. El quiebre de la nervadura central de la hoja provoca el secado de la misma con la consecuente pérdida de aporte de materia seca para llenar los destinos. Ese tratamiento puede asimilarse a una verdadera defoliación provocada por una granizada intensa durante el panojamiento (fase más sensible al daño). Si en cambio, las hojas son rasgadas, pero mantienen conexión con la planta, los tejidos verdes siguen siendo fotosintéticamente activos y aunque se produce una merma del rendimiento la misma no es tan severa ni es lineal para la relación AF dañada-% merma del rendimiento. Si bien se obtuvieron rendimientos diferentes cuando se realizó el daño foliar en los distintos momentos (R1-15, R1 o R1+15) las diferencias entre esos momentos no fueron estadísticamente significativas en ninguna de las dos intensidades ([Figura 2](#)).

Tabla 2: Análisis de variancia combinado de las variables rendimiento, peso de 1000 granos y peso hectolítrico.

	Rendimiento		Peso de 1000 granos		Peso hectolítrico	
	gl	Cuadrado Medio	gl	Cuadrado Medio	gl	Cuadrado Medio
Ambiente	6	117408411,6**	6	10992,6**	5	35,4**
Repetición (Ambiente)	21	2135317,9	21	947,7	18	1,5
Tratamiento	6	5028780,1**	6	578,2	6	1,8
Ambiente x Tratamiento	36	940831,8	36	299,2**	30	0,96*
Espigas	1	13179706,3**				
Error	113	682657,4	117		129	
Total	183		186		188	

*, ** Significativo al nivel del 5 y al 1%, respectivamente

Tabla 3: Determinación del porcentaje de daño según defoliación y etapa de crecimiento, según Vorst (2002).

ETAPA DE CRECIMIENTO	PORCENTAJE DE DEFOLIACION																		
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	% DE DAÑO																		
7 hoja	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	4	5	5	6	7	8	9	9
8 hoja	0	0	0	0	0	2	2	3	4	5	6	6	7	7	8	9	9	10	11
9 hoja	0	0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	6	7	7	9	10	11	12	13
10 hoja	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	9	11	13	14	15	16
11 hoja	0	0	1	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22
12 hoja	0	0	1	2	3	4	5	7	9	10	11	13	15	16	18	20	23	26	28
13 hoja	0	1	1	2	3	4	6	8	10	11	13	15	17	19	22	25	28	31	34
14 hoja	0	1	2	3	4	6	8	10	13	15	17	20	22	25	28	32	36	40	44
15 hoja	1	1	2	3	5	7	9	12	15	17	20	23	26	30	34	38	42	46	61
16 hoja	1	2	3	4	6	8	11	14	18	20	23	27	31	36	40	44	49	55	61
17 hoja	2	3	4	5	7	9	13	17	21	24	28	32	37	43	48	53	59	65	72
18 hoja	2	3	5	7	9	11	15	19	24	28	33	38	44	50	56	62	69	76	84
19/21 hoja	3	4	6	8	11	14	18	22	27	32	38	43	51	57	64	71	79	87	96
Inicio de Floración Femenina	3	5	7	9	13	17	21	26	31	36	42	48	55	62	68	75	83	91	100
Floración Femenina Plena	3	5	7	9	12	16	20	24	29	34	39	45	51	58	65	72	80	88	97
Fin de Floración Femenina	2	4	6	8	11	15	18	22	27	31	36	41	47	54	60	66	74	81	90
Preformación de grano	2	3	5	7	10	13	16	20	24	28	32	37	43	49	54	60	66	73	81
Grano incipiente	2	3	5	7	10	13	16	19	22	26	30	34	39	45	56	56	60	66	73
Grano Lechoso Temprano	2	3	4	6	8	11	14	17	20	24	28	32	36	41	45	50	55	60	66
Grano Lechoso	1	2	3	5	7	9	12	15	18	21	24	28	32	37	41	45	49	54	59
Grano Lechoso Tardío	1	2	3	4	6	8	10	12	15	18	21	24	28	32	35	38	42	46	50
Grano Pastoso Temprano	1	1	2	2	4	6	8	10	12	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41
Inicio Indentación	0	0	1	1	2	3	5	7	9	11	13	15	18	21	23	25	27	29	32
Indentación Plena	0	0	0	1	2	3	4	6	7	8	10	12	14	15	17	19	20	21	23
Fin Indentación	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Grano Pastoso Tardío	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8
Madurez Comercial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

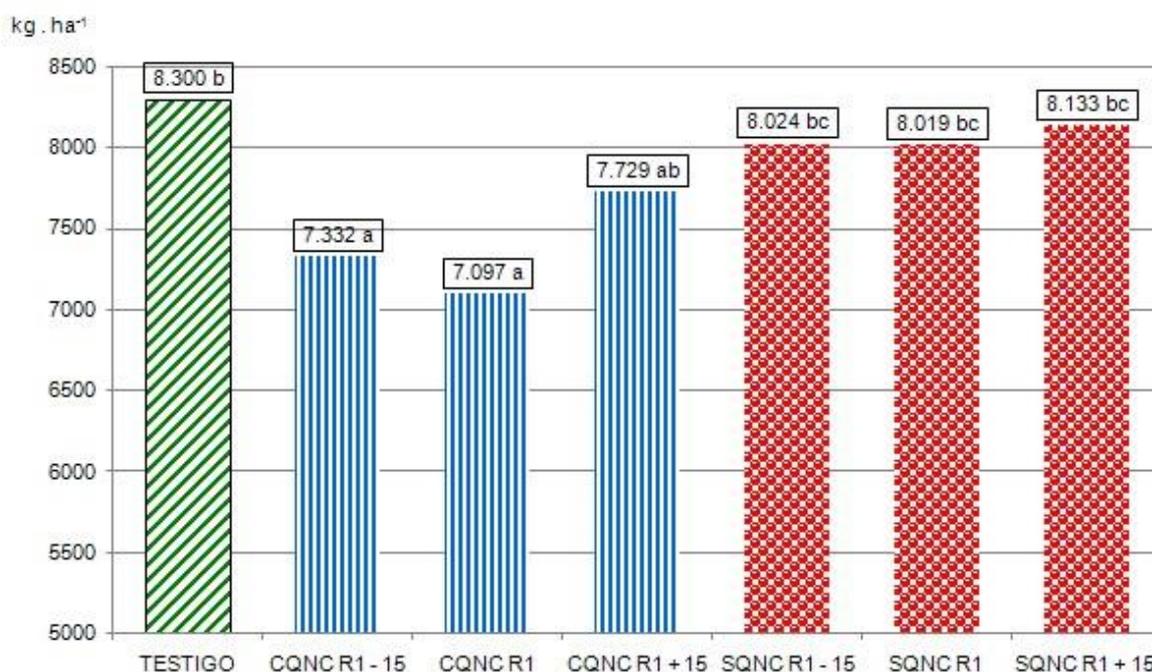


Figura 2: Respuesta del rendimiento (REND) a los distintos tratamientos como promedio general de todo el ensayo y todos los años.

Los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Test de comparaciones múltiples para medias ajustadas de Tukey-Kramer al 5%

Los tratamientos sin quebrado en la nervadura central presentaron disminuciones de rendimiento con respecto al testigo de 0,5 a 1,5% mientras que en los tratamientos con quebrado en la nervadura central las disminuciones fueron de 3 a 8 %. Se observó que el momento R1+15 es el menos afectado. Durante la primera mitad del período crítico y hasta la aparición de los estigmas (R1-15 y R1) quedan determinados el número de espigas, los óvulos que puedan ser fecundados y aquellos que efectivamente fueron fecundados. El número de granos cosechados en el cultivo responde a las variaciones en la tasa de crecimiento que experimenta el cultivo durante el período crítico, con una respuesta positiva del número de granos fijados ante aumentos en la tasa de crecimiento del cultivo ([Vega et al., 1997](#)).

Cuando se analizó la variable P1000 se observó interacción ($P \leq 0,01$) entre el ambiente y los tratamientos, por lo cual debió analizarse por año (Tabla 2 y 4). En la campaña 2007/08 el tratamiento que presentó el menor peso de los granos fue CQNC en R1+15 (279 g) difiriendo significativamente del SQNC en R1 (304 g) y R1-15 (303 g) con ($P \leq 0,01$ y $P \leq 0,05$ respectivamente) ([Figura 3](#)). En la campaña 2009/10 el tratamiento CQNC R1+15 con un peso de 290 g, juntamente con el CQNC R1, difirió significativamente ($P \leq 0,05$) del testigo y del SQNC R1, que presentaron 313 y 315g respectivamente ([Figura 4](#)). En la campaña siguiente nuevamente el tratamiento CQNC R1+15 presentó un peso de 330 g siendo significativamente ($P \leq 0,01$) menor al testigo (371 g) ([Figura 5](#)). En el resto de las campañas los P1000 no variaron significativamente con los tratamientos realizados ([Tabla 4](#)). Según estos resultados el tratamiento CQNC R1+15 provocó la mayor reducción en el peso de los granos. Cabada y Ahumada ([2016](#)) no encontraron diferencias en el peso de granos cuando realizaron defoliaciones en diferentes momentos del cultivo. Estos autores diferenciaron el efecto de las defoliaciones según el grado de daño provocado. Así, si los daños no son severos no se aprecian

disminuciones significativas. Por otro lado, cuando el nivel de defoliación es severo se notaron menores rendimientos debido a disminuciones en el peso y al número de granos. Este comportamiento fue explicado teniendo en cuenta que podría estar enmascarando por una variable no analizada como es el tamaño de los granos, ya que si bien existen granos formados, no son considerados como tales por su pequeño tamaño y no son tenidos en cuenta en la estimación de peso de los mismos. El peso del grano está relacionado con el crecimiento de la planta en post floración temprana y durante el período efectivo de llenado, reflejo de la relación fuente/destino del cultivo. Condiciones ambientales deficientes para el crecimiento de las plantas del cultivo durante la etapa posterior a la floración (por ejemplo daño foliar o defoliación) limitan la provisión de asimilados a los granos para su llenado afectando su peso final (Cirilo y Andrade, 1996).

Tabla 4: Análisis de variancia y valor medio de la variable peso de 1000 granos. Campañas 2007/08, 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2013/14, 2014/15 (en dos fechas de siembra).

Campañas	2007/08		2009/10		2010/11		2011/12		2013/14		2014/15 (1)		2014/15 (2)	
	gl	Cuadrado Medio	gl	Cuadrado Medio	gl	Cuadrado Medio								
Tratamiento	6	242,2*	6	460,38**	6	527,9**	6	395,5	6	492,0*	6	241,5	6	46,6
Repetición	3	0,1	3	75,0	3	701,8*	3	1984,3**	3	994,2**	3	2702,8**	3	21,7
Error	15	67,8	17	93,1	17	163,9	16	151,3	17	151,6	17	212,2	18	46,4
Total	24		26		26		25		26		26		27	
Media (g)		295,2		304,4		349,6		310,9		311,8		314,2		287,1

*, ** Significativo al nivel del 5 y al 1%, respectivamente

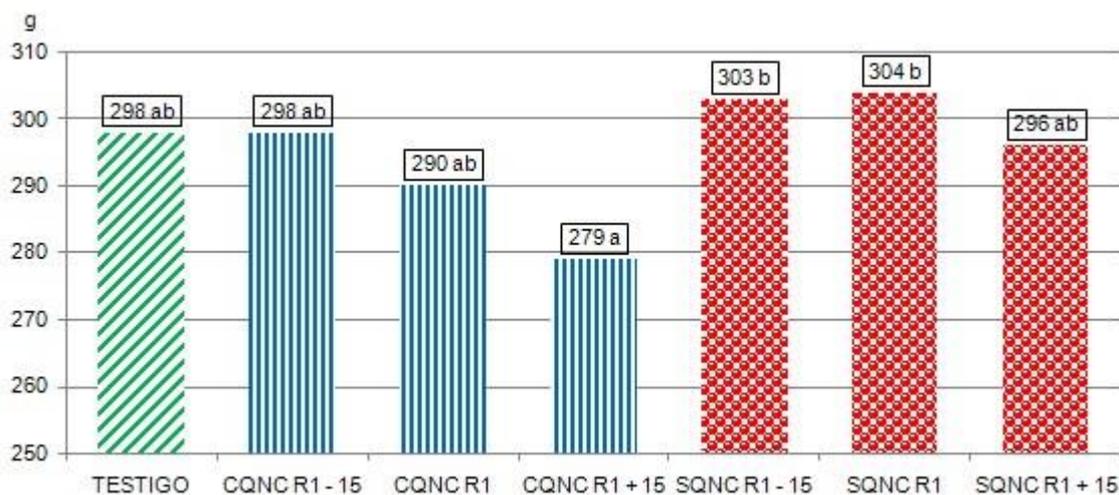


Figura 3: Variación del Peso de 1000 granos en los distintos tratamientos. Campaña 2007/08. Los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Test de comparaciones múltiples para medias ajustadas de Tukey-Kramer al 5%

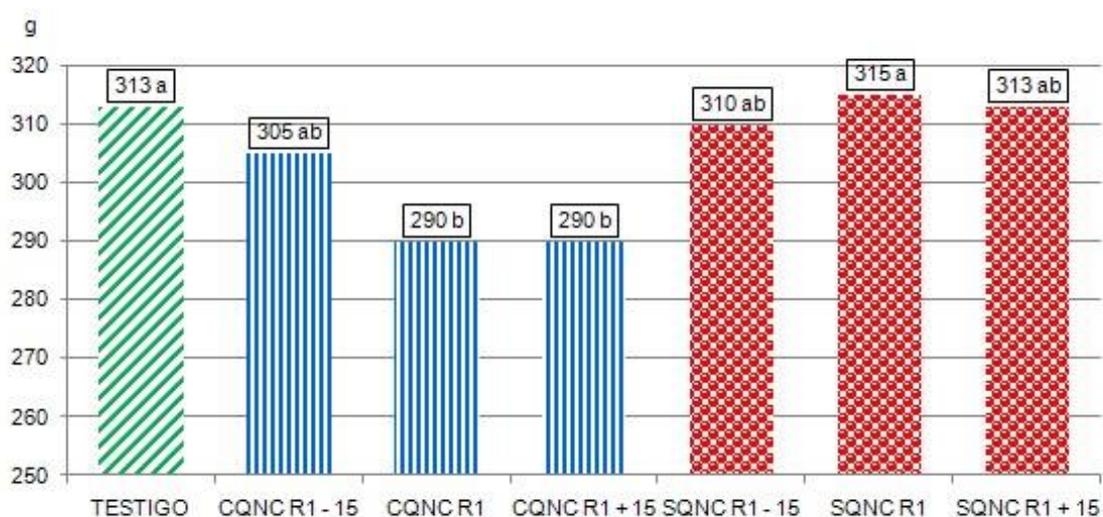


Figura 4: Variación del peso de 1000 granos en los distintos tratamientos. Campaña 2009/10.

Los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Test de comparaciones múltiples para medias ajustadas de Tukey-Kramer al 1%

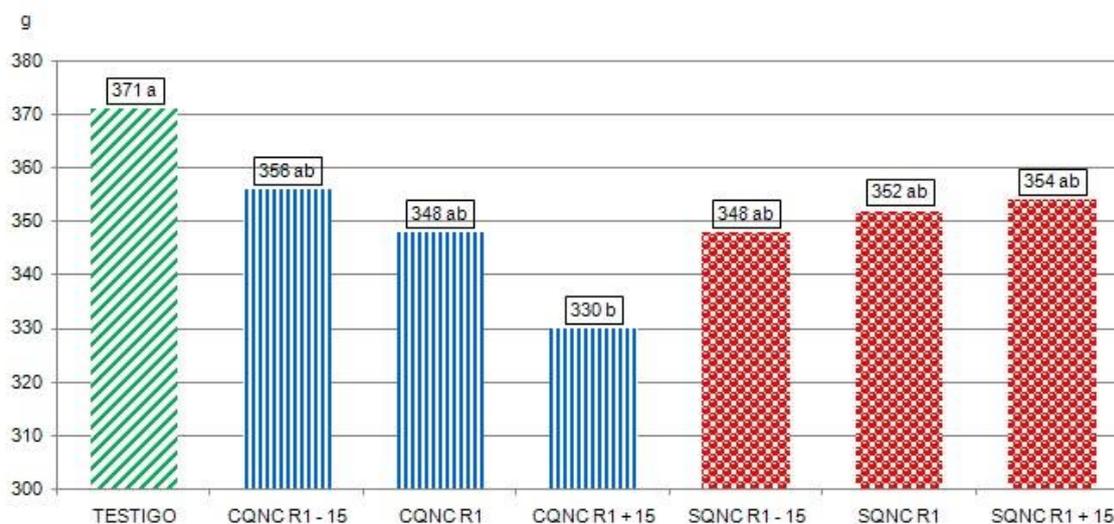


Figura 5: Variación del peso de 1000 granos en los distintos tratamientos. Campaña 2010/11.

Los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Test de comparaciones múltiples para medias ajustadas de Tukey-Kramer al 5%

Cuando se analizaron los datos de PH, se observó la existencia de interacción entre ambiente y tratamientos, por lo que se analizó por año (Tabla 2 y 5). Sólo se encontraron diferencias significativas en las campañas 2007/08 y 2009/10. El tratamiento que en ambas campañas presentó significativamente ($P \leq 0,01$) más PH que el testigo fue CQNC en R1 (Figuras 6 y 7). En el resto de los años no se observaron diferencias significativas lo que corrobora que el peso hectolítrico es un factor estable ya que se mantiene aún con defoliaciones en la planta (Thomison y Geyer, id, p 2).

Tabla 5: Análisis de variancia y valor medio de la variable peso hectolítrico. Campañas 2007/08, 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2013/14, 2014/15 (en dos fechas de siembra).

Campañas	2007/08		2009/10		2011/12		2013/14		2014/15 (1)		2014/15 (2)	
	gl	Cuadrado Medio	gl	Cuadrado Medio	gl	Cuadrado Medio						
Tratamiento	6	1,03**	6	1,23**	6	0,78	6	1,28	6	0,89	6	1,15
Repetición	3	0,37	3	1,29**	3	1,00	3	0,98	3	1,22	3	2,80
Error	16	0,23	16	0,19	18	0,44	15	1,19	18	0,61	18	0,84
Total	25		25		27		24		27		27	
Media (kg.hl ⁻¹)		78,1		78,0		76,8		74,8		77,1		77,4

*, ** Significativo al nivel del 5 y al 1%, respectivamente

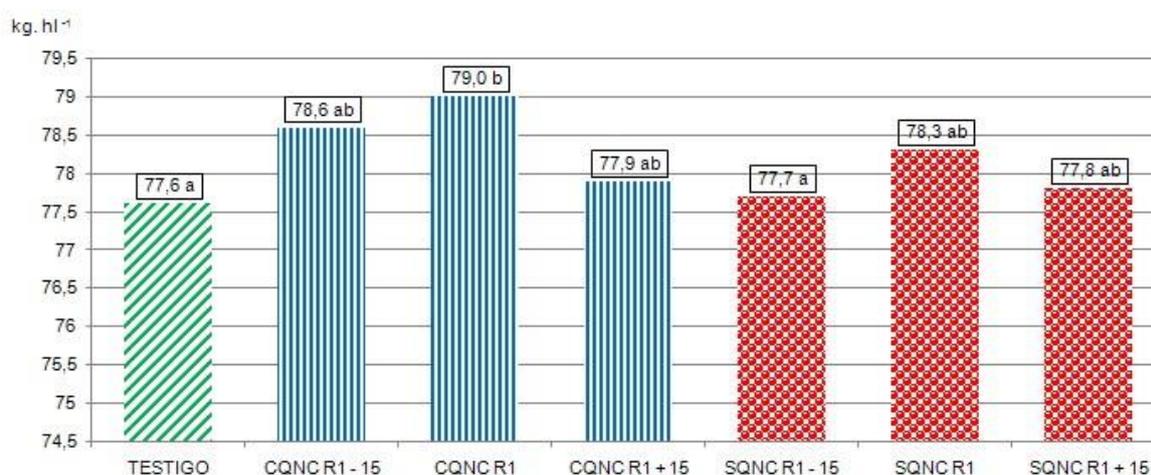


Figura 6: Variación del peso hectolítrico (PH) en los distintos tratamientos. Campaña 2007/08. Los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Test de comparaciones múltiples para medias ajustadas de Tukey-Kramer al 1%

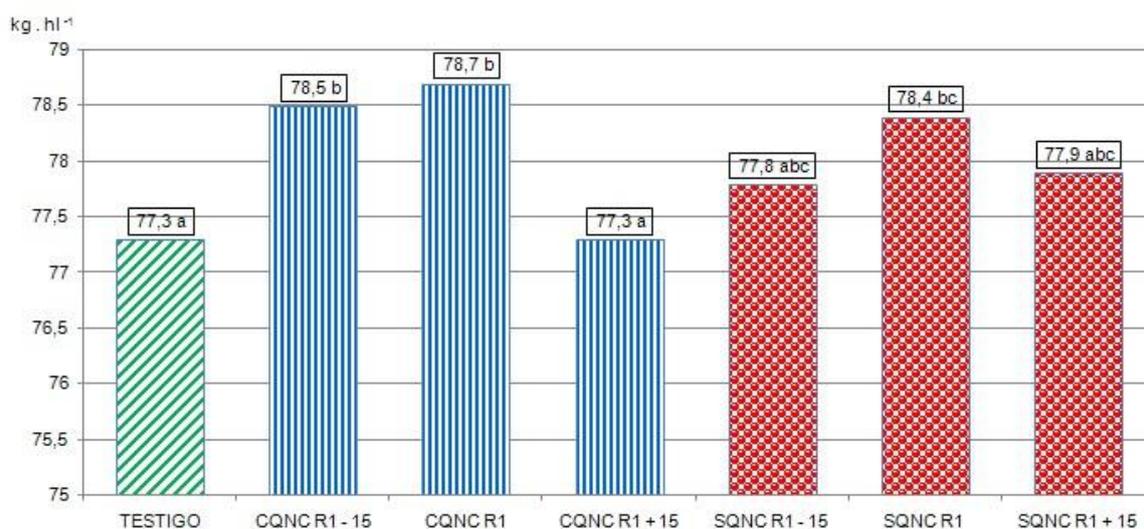


Figura 7: Variación del peso hectolítrico (PH) en los distintos tratamientos. Campaña 2009/10.

Los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Test de comparaciones múltiples para medias ajustadas de Tukey-Kramer al 1%

Conclusiones

La expresión del rendimiento no es influenciada por la interacción entre el ambiente y los tratamientos.

Las mayores mermas de rendimientos se producen con el quebrado de la nervadura central de las hojas.

Cuando el daño se produce en R1 las mermas de rendimiento son de mayor magnitud, esto es coincidente con la tabla de porcentaje de daño por defoliación en maíz.

El tratamiento que provocó la mayor merma del rendimiento fue CQNC en R1 con un 15%, es comparable a una defoliación del 35 % según los valores de tablas.

El P1000 es menor cuando se daña la hoja y se quiebra la nervadura central en R1 + 15.

Se demuestra que el rendimiento del cultivo de maíz se vio afectado cuando sufre daño en las hojas sin pérdida visible del área foliar.

Agradecimiento

Agradecemos a todos los ayudantes alumnos que colaboraron en este ensayo a lo largo de los años en que se llevó a cabo. Tarea que calificamos de imprescindible. Caggiano, A.; Davico, E.; Pradolini, E.; Rusconi, I.; Kloster, F.; Francioni, F.; Cvitanich, N.; Caponi, M.; Alesandrelli, G.; Balsa, C.; Moro, L.; Doyen, P.; Bantle, A.; Cabrera, S.; Carrillo, D.; Martinelli, E.; Salvador Rapetti, A.; Garófalo, A.; Budai, N.; Ambrogio, E.; Cappa, L. y Cicetti, G.

Bibliografía

ANDRADE F.; CIRILO A.; UHART S. y OTEGUI M. (1996) *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Balcarce: Facultad de Ciencias Agrarias (UNMar del Plata) y Estación Experimental INTA Balcarce. 292 p.

ABADA S. y AHUMADA M. (2016) Incidencia del daño foliar sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*). Serie Extensión INTA Paraná N° 79:13-17

CIRILO A. y ANDRADE F. (1996) Sowing date and kernel weight in maize. *Crop Science*, 36:325-331.

CIRILO A.; PAGANI A.; ECHEVERRIA H.; ANDRADE F. A. y SAINZ ROZAS H. (2012) Effects of nitrogen and sulfur application on grain yield, nutrient accumulation and harvest indexes in maize. *Journal of Plant Nutrition* 35:1080-1097.

DWYER L. M.; STEWART D. W.; EVENSON L. Y MA B. L. (1994) Maize Growth and Yield Following Late Summer Hail. *Crop Science*, 34:1400-1403.

<https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400050047x>

KLEIN R. N. Y SHAPIRO C. A. (2011) Evaluating Hail Damage to Corn. Disponible en: <http://extension.unl.edu/publications>.

MANGEN T. F.; THOMISON P. R. Y STRACHAN S. D. (2005) Early-Season Defoliation Effects on TopCross High-Oil Corn Production Salaries and research support provided in part by State and Federal funds appropriated to The Ohio State Univ. Ohio Agric. Res. and Dev. Cent. Ohio State Univ. Manuscript no.HCS05-04. *Agronomy Journal* 97:823-831. doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0237>



OTEGUI M. A. y BONHOMME, R. (1998) Grain yield components in maize I. Ear growth and kernel set. *Field Crops Research*. 56: 247-256.

PICOLI JUNIOR, G.J. 2011. Adubacao nitrogenada como estrategia para minimizar estresses ocasionados pela desfolha e fitotoxicidade foliar em milho. Dissertacao (Mestrado em Producao Vegetal)- Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis. 88 f.

RITCHIE S.W.; HANWAY J.J. y BENSON G.O. (1989) How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology Cooperative. Extensión Service. Ames. Special Report N°48. 21 p.

SANGOI L.; VIEIRA J.; SCHENATTO D. E.; GIORDANI W.; MAJOLO BONIATTI C.; DALL'IGNA L.; ARRUDA SOUZA C. y ZANELLA E. J.(2014) Tolerância à Desfolha de Genótipos de Milho em Diferentes Estádios Fenológicos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v13, n3:300-311p.

SATORRE E.; BENECH A.; SLAFER G.; de la FUENTE E.; MIRALLES D.; OTEGUI M. y SAVIN R. (2003) Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Buenos Aires: Facultad Agronomía UBA. 783 p.

SHAPIRO C. A.; PETERSON T. A. Y FLOWERDAY A. D. (1986) Yield Loss Due to Simulated Hail Damage on Corn: A Comparison of Actual and Predicted Values1. *Agronomy Journal*, 78:585-589. doi: <https://doi.org/10.2134/agronj1986.00021962007800040006x>

THOMISON P. y GEYER A. (2006) Impact of Defoliation on Grain and Stalk Quality in Corn. *In Annual Meetings ASA, CSSA, SSSA*.

VEGA C.; VALENTINUZ O.; UHART S. y ANDRADE F. (1997) “Número de granos por planta en soja, girasol y maíz en función de la tasa de crecimiento por planta durante el período crítico de determinación del rendimiento”, *VI Congreso Nacional de Maíz. Noviembre 1999, Pergamino*. Buenos Aires, Tomo II: 27-34.

VORST J.V. (2002). Assessing Hail Damage to Corn. Disponible en: <http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/pdfs/NCH01.pdf> [Acceso: 16 de octubre de 2018]

PAPUCCI, S. P., GONZÁLEZ, A., y CRUCIANI, M. (2022). Efecto del daño foliar y el ambiente sobre el rendimiento en el cultivo de maíz. *Ciencias Agronómicas*, (34), e001. <https://doi.org/10.35305/agro34.e001>

Copyright (c) 2019 Santiago Pedro Papucci, A. González, M. Cruciani



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).