



RESPUESTA A AZUFRE EN TRIGO SEGÚN AMBIENTE Y NIVEL DE NITRÓGENO

Campaña 2011/12

Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot
nferraris@pergamino.inta.gov.ar

Mayo 2012

Introducción

La rotación trigo/soja es una secuencia exigente en nutrientes, entre ellos el azufre (S). La respuesta a su aplicación está condicionada por factores ambientales como la disponibilidad hídrica, calidad del ambiente y limitaciones de otros elementos de mayor relevancia tales i.e. nitrógeno (N).

El objetivo de este trabajo fue 1. Evaluar la respuesta a dosis crecientes de S en trigo. 2. Estudiar la interacción entre N y S. 3. Ajustar una curva de respuesta a S por ambiente.

Palabras claves.

Trigo, interacción NS, bajo, loma.

Materiales y métodos

Se realizó un experimento de campo en la localidad de Sarasa, partido de Colón. Los suelos del sitio corresponden al límite sur de la Serie Rojas, Argiudoles típicos transicionales a los Hapludoles, Clase de Uso I con un Índice de productividad=100. En el ensayo se evaluaron cuatro dosis de S y dos niveles de N, logrados mediante la combinación de los fertilizantes urea-nitrato de amonio (32-0-0) y tiosulfato de amonio (12-0-0-S26). Todos los tratamientos fueron implementados a la siembra. El ensayo fue replicado en dos ambientes, que difieren en su posición en el relieve, fertilidad y nivel hídrico inicial, aunque no presentan cambios texturales y pertenecen a la misma Serie de suelo.

El ensayo se sembró el día 1 de Junio, en siembra directa. La variedad fue ACA 315. Todo el sitio fue fertilizado de manera uniforme con 100 kg ha⁻¹ de fosfato monoamónico (12-23-0) a la siembra. Los experimentos fueron conducidos con un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y tratamientos dispuestos en arreglo factorial completo de tres factores. La descripción se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Factores tratamientos evaluados en el ensayo.

Factor 1: Ambientes evaluados	Factor 2: Niveles de N (kg ha ⁻¹ suelo 0-60 cm + fertilizante)	Factor 3: Dosis de S (kg ha ⁻¹ como fertilizante)	Momento de aplicación
Loma Bajo	N 140 N 180	S 0 S 10 S 20 S 30	siembra

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por ambiente y bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 2.

Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra

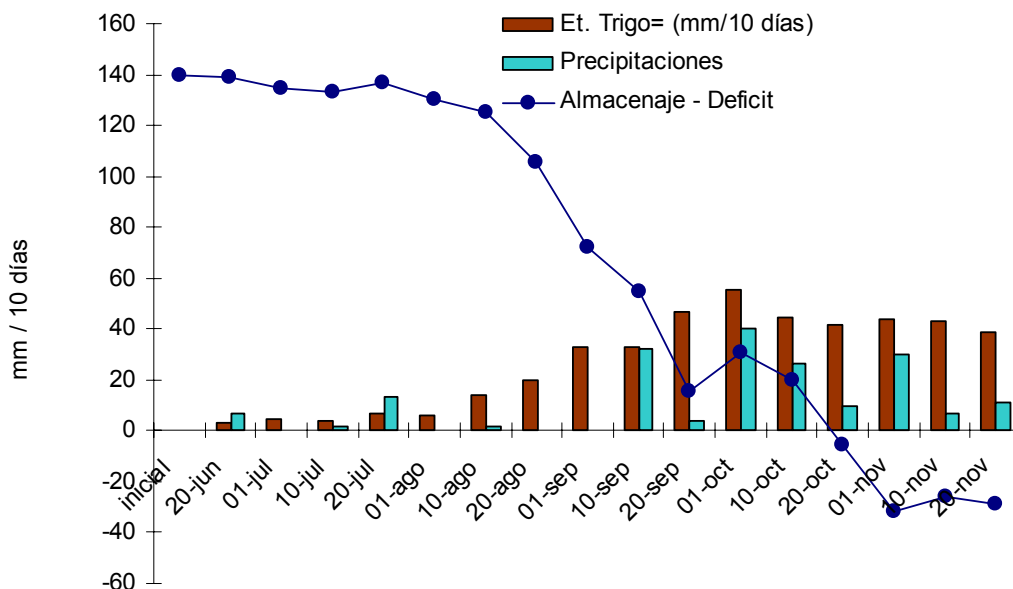
Ambiente	Espesor Horizonte A	pH	Materia Orgánica	N total	P-disp.	N-Nitratos 0-20, 20-40, 40-60 cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-20 cm
	cm	agua 1:2,5	%	(%)	ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
Loma	21 cm	5,7	3,40	0,170	20,2	14,7 - 7,5 - 3,7	85	8,8
Bajo	25 cm	5,6	3,75	0,187	27,8	15,4 - 8,4 - 4,2	85	10,5

Se evaluó la intensidad de verde por Spad, el rendimiento de grano y el S residual en cada una de las parcelas. La disposición de las parcelas se mantuvo para evaluar la respuesta residual en soja de segunda siembra. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza (ANVA), comparaciones de medias y análisis de regresión.

Resultados y discusión

A) Características climáticas de la campaña

En 2011, la reserva inicial de agua en el suelo fue media, abasteciendo las necesidades del cultivo durante las primeras etapas pero sin poder evitar, según el ambiente, un leve a moderado estrés hídrico durante el llenado de granos (Figura 1).



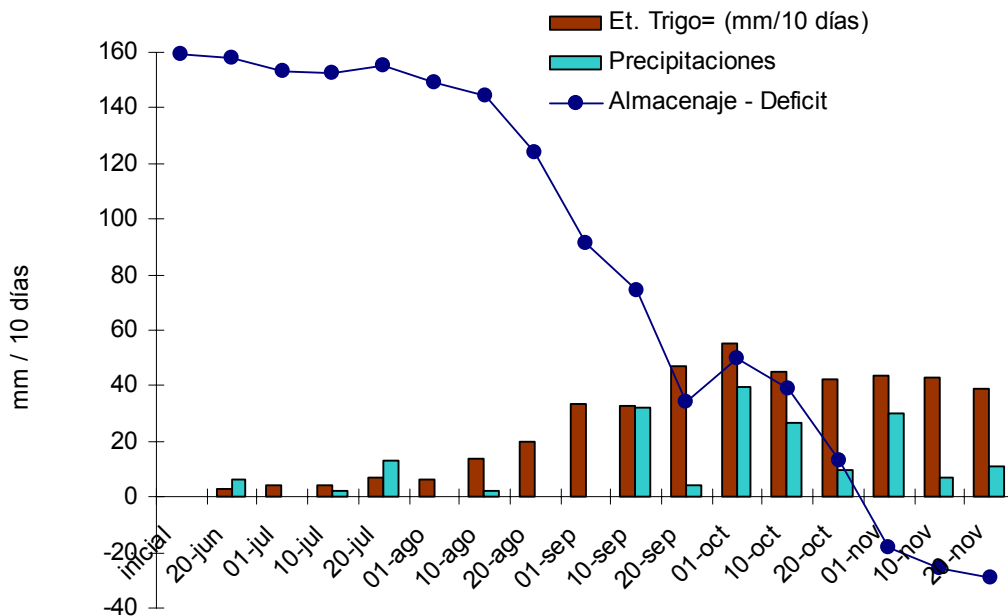


Figura 1: Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos) para trigo en Sarasa. Valores acumulados cada 10 días en mm. Año 2011. a) Loma: Lámina de agua útil inicial (140 cm) 140 mm, déficit acumulado en el ciclo 92 mm. b) Bajo: Lámina de agua útil inicial (140 cm) 159 mm, déficit acumulado en el ciclo 73 mm.

En la Figura 2 se presenta el cociente fototermal (Q) (Fisher, 1985), el cual representa la relación existente entre la radiación efectiva diaria en superficie y la temperatura media diaria, y es una medida del potencial de crecimiento por unidad de tiempo térmico de desarrollo. Los valores para 2011 fueron cercanos a la media histórica, sin alcanzar los valores excepcionales de 2009 y 2010 (Tabla 3).

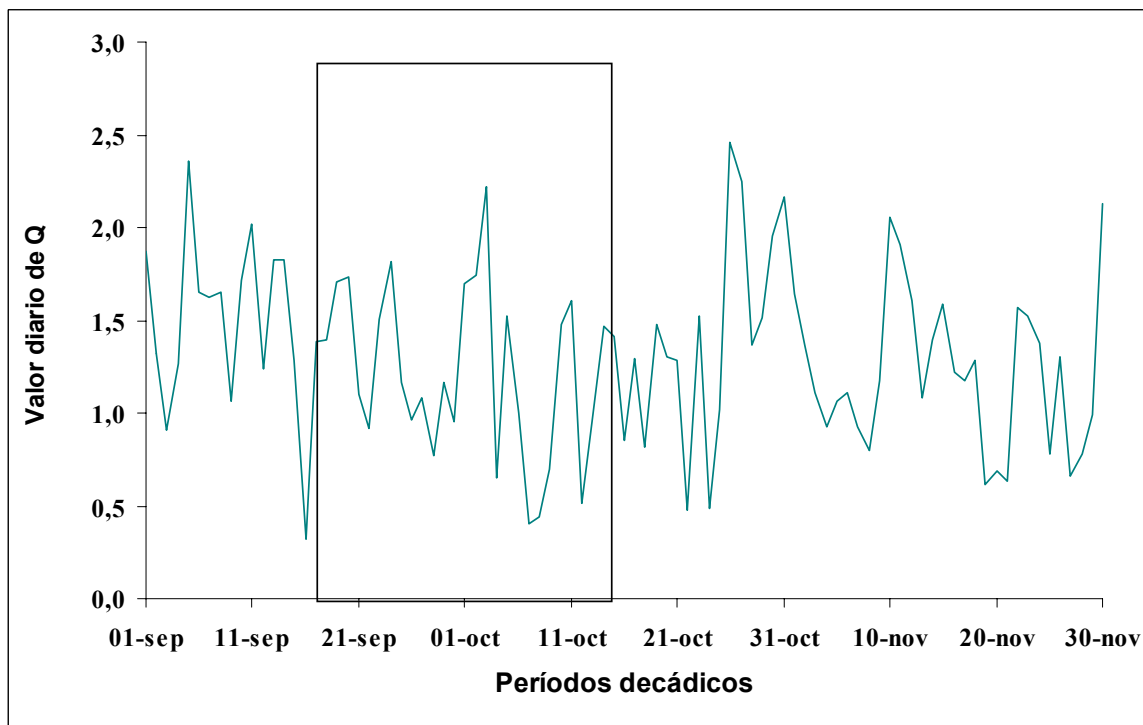


Figura 2: Coeficiente fototermal (Q) durante el ciclo de cultivo de trigo. La etapa abarcada por el rectángulo representa el período crítico para la definición del rendimiento. Pergamino, Año 2011.

Tabla 3: Insolación efectiva (hs), Temperatura media (C°) y Cociente fototermal Q (T base 0°C) para el período crítico del cultivo de Trigo en la localidad de Pergamino. 1 al 30 de octubre en 2010, y 15 de setiembre al de 15 de octubre en el resto de los años.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011
Insolación Efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9	6,9	8,3	7,45	6,8
T media del período °C	15,1	17,1	15,0	16,4	13,4	14,8	14,8
Cociente fototermal (Q) (Mj m-2 día-1 °C-1)	1,24	1,10	1,12	1,10	1,56	1,34	1,19

B) Rendimiento y relación entre variables.

En la Tabla 4 se presentan los valores de Spad y el rendimiento de los diferentes tratamientos. El índice Spad fue una variable sensible para detectar diferencias de nutrición, mostrando relación con la disponibilidad de NS y los rendimientos del cultivo (Figura 3).

Para rendimiento, se determinó interacción NxS y SxAmbiente, así como efecto de N, S y Ambiente ($p < 0,05$) (Tabla 5). De este modo, la respuesta a S fue mayor en el nivel más bajo de N. Es probable que ante una disponibilidad tan elevada como 180 kgN ha⁻¹ la mayor Eficiencia de Uso de N lograda por el aporte de S perdiera relevancia. Asimismo, se verificó respuesta a S en el ambiente Loma y no en el Bajo, otorgando mayor peso al limitado contenido de materia orgánica del primero en comparación a la superior demanda por alto rendimiento del segundo (Figura 4). Las funciones de respuesta a S mostraron una tendencia decididamente incremental sólo en el ambiente de Loma (Figura 5)

Por otra parte, analizando los efectos individuales, el rendimiento fue significativamente mayor en el Bajo que en la Loma, con 180 frente a 140 kg Nha⁻¹ y con agregado de S que sin él (Tabla 5).

Tabla 4: Intensidad de verde medida por Spad y rendimiento de grano en el cultivo de trigo según ambiente y combinación de niveles de NS. Localidad de Sarasa, partido de Colón.

Trat	Ambiente	Nivel de NS	Spad	Rendimiento
T1	Loma	140-0	48,0	4308,3
T2	Loma	140-10	48,2	4761,9
T3	Loma	140-20	47,5	4267,9
T4	Loma	140-30	49,3	4972,6
T5	Loma	180-0	50,0	4301,9
T6	Loma	180-10	51,2	4779,8
T7	Loma	180-20	50,9	4883,3
T8	Loma	180-30	52,2	4999,5
T1	Bajo	140-0	51,0	6014,3
T2	Bajo	140-10	51,1	5919,0
T3	Bajo	140-20	50,8	5558,3
T4	Bajo	140-30	51,4	6183,3
T5	Bajo	180-0	52,5	6353,6
T6	Bajo	180-10	52,8	5871,4
T7	Bajo	180-20	52,9	6210,7
T8	Bajo	180-30	53,0	5966,7

Tabla 5: Análisis de Varianza para rendimiento

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloque	3	1872488	624163		
N	1	477136	477136	4.95	0.0311
S	3	1508243	502748	5.22	0.0035
sitio	1	2.917E+07	2.917E+07	302.88	0.0000
N*S	3	1433401	477800	4.96	0.0046
N*sitio	1	1387.56	1387.56	0.01	0.9050
S*sitio	3	2406565	802188	8.33	0.0002
N*S*sitio	3	572409	190803	1.98	0.1304
Error	45	4334413	96320.3		
Total	63	4.178E+07			

Rendimiento medio 5334.5 CV 5.82%

En azul se señalan tratamientos con P<0,05

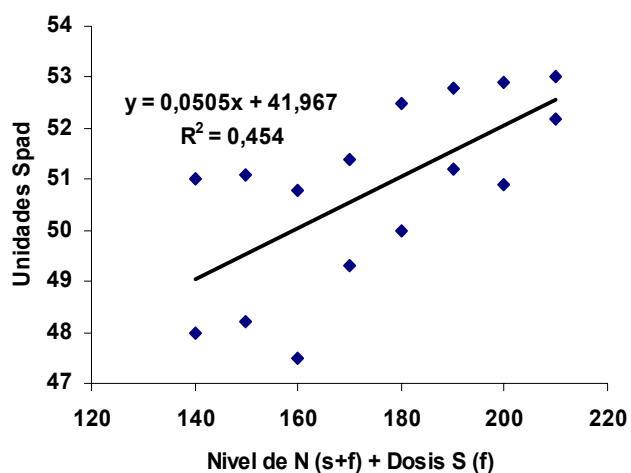


Figura 3.a

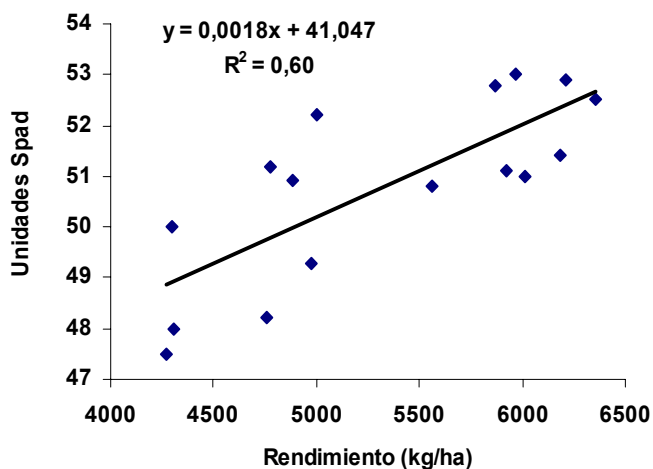


Figura 3.b

Figura 3: Relación entre valores Spad y a) disponibilidad de nitrógeno + dosis de azufre y b) Rendimiento del cultivo.

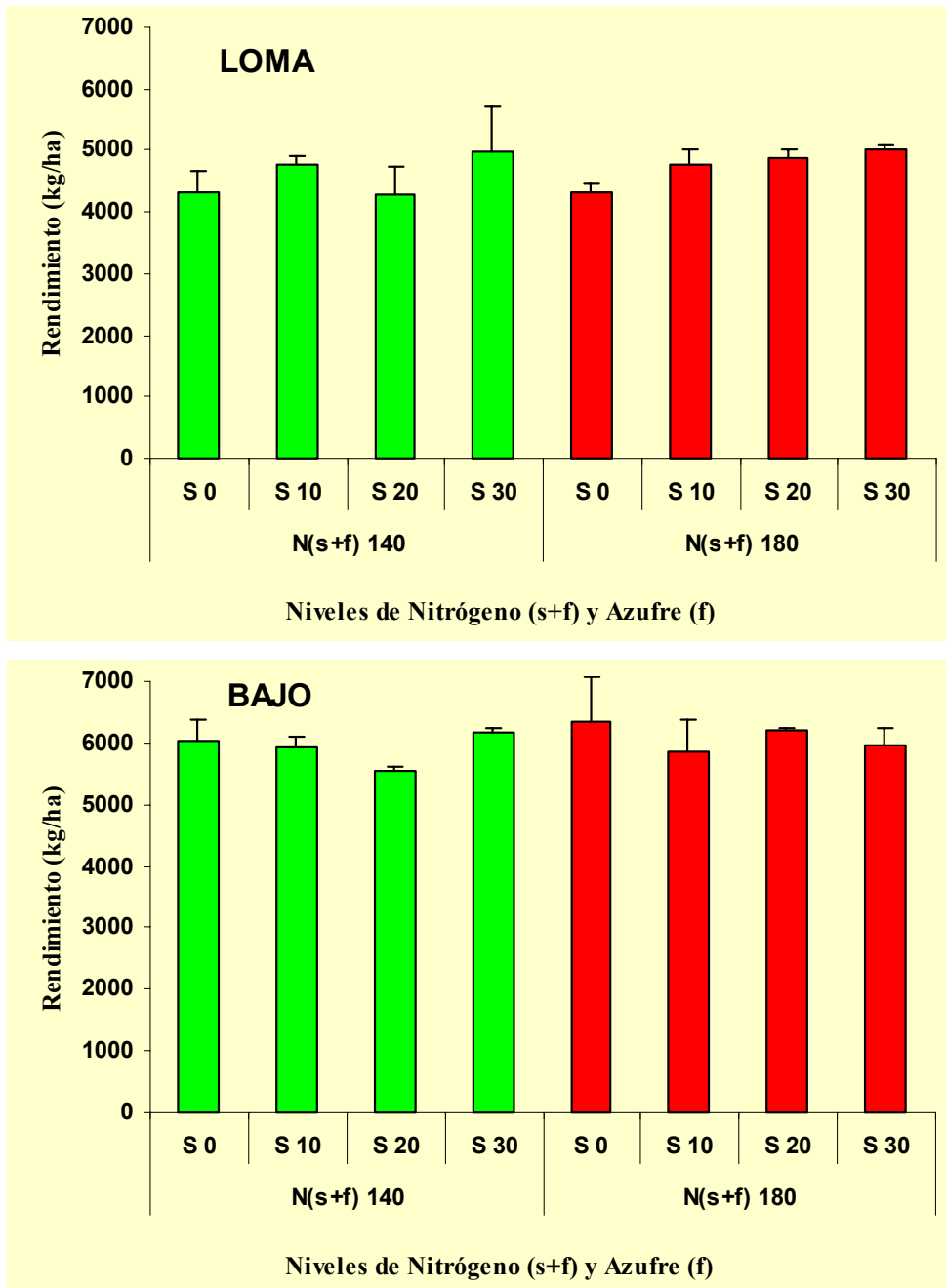


Figura 4: Producción de grano de trigo (kg ha⁻¹) según ambiente, disponibilidad de nitrógeno (suelo + fertilizante) y dosis de azufre (como fertilizante). Sarasa, Colón. Campaña 2011/2012.

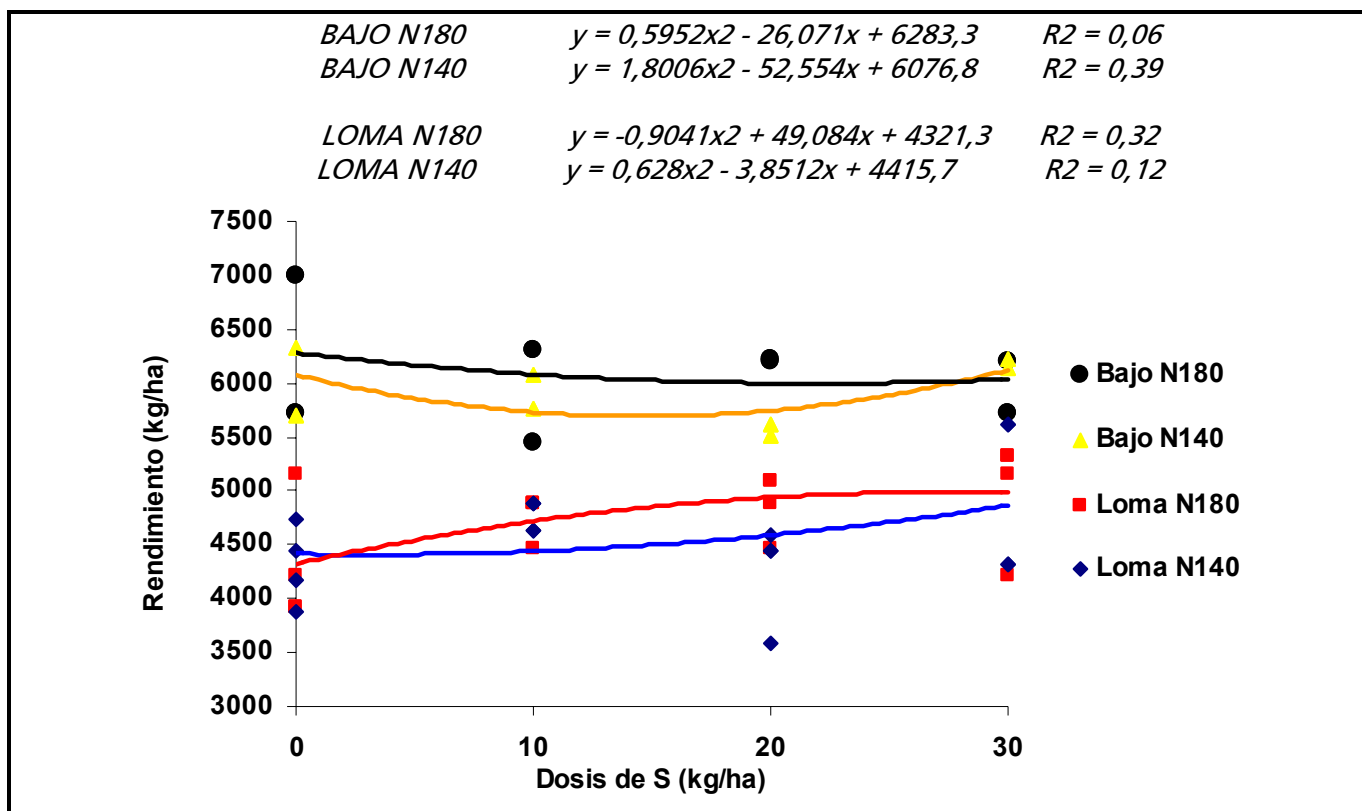


Figura 5: Funciones de respuesta a azufre según ambiente y disponibilidad inicial de N (suelo + fertilizante). Para hacer comparables las ecuaciones, en todos los casos se utilizaron funciones cuadráticas. Sarasa, Partido de Colón. Campaña 2011/2012.

Conclusiones

*El cultivo se desempeñó bajo un clima medianamente favorable, con condiciones de radiación normales para la localidad y un ligero a moderado déficit hídrico hacia final del ciclo, que permitió una clara diferenciación de ambientes en los rendimientos.

*Se comprobó respuesta significativa a S. Dicha respuesta estuvo afectada por factores relacionados con la caracterización del ambiente, lo cual es una primera aproximación que evidencia la factibilidad de realizar un manejo sitio-específico de la fertilización azufrada. Como primera aproximación, puede postularse que una baja dotación de fracciones orgánicas sería más importante como señal de deficiencia que la alta demanda generada por un ambiente de alto potencial y mejor disponibilidad hídrica pero con mayor contenido inicial y capacidad para mineralizar azufre.

*Respecto a N, una disponibilidad limitada incrementa la importancia de generar interacciones positivas mediante el agregado de S, generando una condición predisponente para que exista respuesta a este último.