



Ensayos Zona Norte de Bs. As.

Protocolos de Experimentación: Campaña 2015-16

Ensayos de fertilización nitrogenada y densidad por ambiente

Resumen:

Bajo las condiciones exploradas durante la campaña y bajo el esquema de experimentación definido, las respuestas a ofertas crecientes de nitrógeno se saturaron en 180 kg/ha nitrógeno total en los ambientes de alta productividad; en el ambiente de baja en 120 kg/ha. No se observaron diferencias entre fuentes de nitrógeno. Lluvias muy próximas a la aplicación en cobertura lo explicarían. El análisis con datos de las últimas 4 campañas muestra que, la respuesta en rendimiento a ofertas crecientes de nitrógeno en los planteos de maíz tardío se presenta con una reducción notable en su variabilidad y define un rango de saturación de respuesta más acotado (100 a 150 vs 120 a 190 kg/ha N total en fecha temprana) y con un valor promedio de umbral de respuesta algo menor (130 vs 165 kg/ha N total) respecto a los planteos de maíces tempranos.

Respecto a densidad de siembra, se encontraron respuestas distintas según ambiente y según híbrido. Aumentos en la densidad de plantas incrementó en mayor proporción el porcentaje de plantas con enfermedades vasculares. La densidad óptima económica en Dk7210VT3P es levemente superior (78 vs 73 mil plantas/ha) respecto a la densidad óptima que habitualmente manejábamos. Los valores de densidad óptima económica en planteos de fecha de siembra tardía presenta un rango mucho más acotado (mínimos más altas y máximos más bajos) y el valor de densidad óptima sobre la curva promedio disminuye a 67 mil plantas/ha, un 14% menos respecto a planteos de fecha de siembra temprana utilizando la misma base genética (Dk7210VT3P).

Introducción:

El cultivo de maíz en planteos de secano en la Zona Norte de Bs. As., se presenta como el cultivo con mayor aporte de insumos y el de mayor riesgo económico especialmente en ambientes de baja y media productividad, pero también como el cultivo con mayores respuestas a las tecnologías de insumos en los ambientes de alta productividad. Toma relevancia entonces el concepto de eficiencia en el uso de los recursos según ambiente de producción. En este sentido, las tecnologías de nutrición y estructura, se presentan como componentes claves en el armado del planteo.

Luego del agua, **el nitrógeno** es uno de los principales factores limitantes de los rendimientos de maíz. Hoy el agregado de este nutriente a los cultivos extensivos constituye una práctica habitual en busca de mayores rendimientos y disminución de su variabilidad, ajustando las ofertas en función del ambiente

productivo. Varias fuentes y formulaciones de fertilizantes nitrogenados se utilizan y comercializan en el país. Una amplia variedad de mezclas físicas han sido introducidas en los últimos años atendiendo a ampliar el espectro de nutrientes que es cubierto por la fertilización y a, eventualmente, mejorar la eficiencia de uso del fertilizante. YaraBela Nitrodoble es una **formulación** de fertilizante nitrogenado que introduce nitrógeno en forma de amonio y nitrato que podría mejorar la EUN aplicado.

Otro componente importante del armado del planteo de maíz y que tiene que ver con tecnología de estructura es la elección del híbrido y su **densidad** de plantas a lograr en función y el ambiente. Aquí también pueden realizarse ajustes en busca de maximizar la eficiencia en el uso de los recursos.

Por ello, el CREA Norte Bs.As., considera de relevancia evaluar diferentes fuentes nitrogenadas y, distintos modelos de producción apoyados en tecnologías de estructura y fertilización. Analizaremos el impacto en rendimiento de tres modelos de nitrógeno bajo dos fuentes nitrogenadas y el impacto de la variación de la densidad lograda sobre un paquete nutricional de alta producción en dos ambientes y de baja producción en otro ambiente.

Objetivos:

- 1) Evaluar en respuesta física y económica distintas fuentes nitrogenadas
- 2) Evaluar brechas de rendimiento entre Modelos de Nitrógeno diferenciando entre planteos de fecha de siembra.
- 3) Evaluar el impacto de la densidad según ambiente diferenciando entre planteos de fecha de siembra.

Manejo de los ensayos:

Los ensayos fueron planteados en grandes franjas a campo (0.2 Has) sobre lotes de producción en áreas homogéneas del lote con la tecnología convencional de producción con repeticiones. Dos ensayos fueron sembrados bajo fecha siembra convencional en ambientes de alta productividad y un ensayo (de baja productividad) fue sembrado de segunda, luego de arveja. La siembra de los tratamientos y su manejo respondió a un buen planteo productivo de la región en términos de fecha de siembra, control de malezas, plagas y enfermedades. La base común de fertilización fosforada fue de 140 kg/ha para fecha temprana y 120 kg/ha para fecha de segunda (Cuadro 1). En los ensayos de fertilización nitrogenada, se utilizó el híbrido **Dk7210VT3P** con 75 mil pl/ha para fecha de siembra temprana y 65 mil pl/ha para fecha de siembra de segunda. En los tratamientos vinculados con densidad estos valores fueron modificados en un rango de tres valores diferentes según ambiente: para fecha temprana en buenos ambientes: 55, 75 y 95 mil plantas/ha; en el ambiente restrictivo y bajo fecha de siembra de segunda: 50, 65 y 90 mil plantas/ha. En los ensayos de densidad, se incorporó a **Dk 7310 VT3P** bajo las mismas densidades. Para definir los tratamientos de nitrógeno, se utilizaron los datos de análisis de suelo que fueron tomados sobre la superficie del ensayo. Para esto, previo a la siembra se tomaron muestras de 0-20 sobre las que se determinó contenido de N-NO₃, P extractable (K&B I), S-SO₄ (acetato de amonio), MO y humedad (Cuadro 1). En profundidad (20-40 y 40-60) sólo se hicieron determinaciones de N-NO₃ y humedad. Las muestras fueron enviadas a un mismo laboratorio. Los tratamientos vinculados con

nitrógeno quedaron definidos a partir de la oferta del suelo + fertilizante fosforado + fertilizante nitrogenado. El aporte de azufre fue a dosis fija de 19 kg/ha de S elemento bajo una fuente de alta solubilidad (Azufertil).

Esquema de los ensayos:

Ensayo Densidades en Maíz Alta Tecnología												Ensayo Fuentes de Nitrógeno												
140 MAP 240 N Total 100 Azufertil												Fuente de N NITRODOBLE						Fuente de N UREA						
Repet 2						Repet 1						Repet 1			Repet 2			Repet 1			Repet 2			
DK 7310 Dens Alta	DK 7210 Dens Alta	DK 7310 Dens Media	DK 7210 Dens Media	DK 7310 Dens Baja	DK 7210 Dens Baja	DK 7210 Dens Alta	DK 7310 Dens Alta	DK 7210 Dens Media	DK 7310 Dens Media	DK 7210 Dens Baja	DK 7310 Dens Baja	180 N Total	140 N Total	N Suelo	180 N Total	140 N Total	N Suelo	180 N Total	140 N Total	N Suelo	180 N Total	140 N Total	N Suelo	
Ensayo Densidad Maíz Baja Tecnología												Ensayos Fuentes de Nitrógeno												
100 MAP N Suelo Sin Azufre												Fuente de N NITRODOBLE						Fuente de N UREA						
Repet 1			Repet 2			Repet 1			Repet 2			Repet 1			Repet 2			Repet 1			Repet 2			
DK 7310 Dens Media	DK 7310 Dens Baja	DK 7310 Dens Alta	DK 7310 Dens Media	DK 7310 Dens Baja	DK 7310 Dens Alta	DK 7210 Dens Media	DK 7210 Dens Baja	DK 7210 Dens Alta	DK 7210 Dens Media	DK 7210 Dens Baja	DK 7210 Dens Alta	N Suelo	120 N Total	160 N Total	N Suelo	120 N Total	160 N Total	N Suelo	160 N Total	120 N Total	N Suelo	160 N Total	120 N Total	N Suelo

Figura 1: esquema de evaluación de fuentes nitrogenadas y Modelos de Alta Producción (arriba) y Modelos de Baja Producción (Abajo)

Campo	Localidad	SSuelo	Fecha Sbra	Antec	Ninic	Nmin	Pinic	Sinic	Fert fosf	Momento Fert N	Días	Fung V10	PpDic/Febr
Las Martinetas	Colón	Rojas	22/9 (7/10)	Ceb/Sj	80	49	23	4.5	140 MAP	Sbra superf	2	500ccAmXtra	44
Sta Ines	Alberdi	Sta Isabel (napa)	21/9 (7/10)	Tr/Sj	75	44	8.9	5.0	140 MAP	V4 superf	2	500ccPlanetX	60
La Teresita	Doyle	Rio Tala	7/12 (12/12)	Arv	81	///	///	///	100 MAP	Sbra superf	10	///	180 (2°Q)

Cuadro 1: descripción del sitio y manejo de los ensayos, campo, localidad de referencia, serie de suelo, fecha de siembra (y emergencia), cultivo antecesor, nitrógeno inicial en kg/ha, nitrógeno mineralizable, fósforo y azufre en ppm, fertilización fosforada, momentos y forma de fertilización nitrogenada, días desde la aplicación del fertilizante y lluvia de 10mm, fungicida y lluvias en período crítico.

Determinaciones:

A la siembra se realizó el muestreo estratificado 0-20, 20-40 y 40-60 para la determinación de N-NO₃ y, sólo en la muestra de 0-20 cm la determinación de MO, pH, P extractable, S, N-NO₃ y Nam.

Luego de la emergencia, se determinó el stand de plantas logradas en cada tratamiento en nueve repeticiones de 10 m lineales.

A la floración de los cultivos, se tomaron muestras de hojas de la espiga de los testigos sin fertilizar para el análisis de nutrientes foliares: N, P, S, Ca, Mg, Ka, Zn, Mn, B. A madurez fisiológica fueron contadas las plantas y espigas a cosecha en nueve repeticiones de 10 m lineales.

Las parcelas fueron cosechadas mecánicamente y pesadas en balanzas. Una muestra de grano fue tomada para corregir los rendimientos a humedad comercial y para la determinación del P1000 granos.

3) Resultados:

3.1) Ensayos de Dosis y Fuentes de Nitrógeno:

SOURCE	DF	SS	% SCT	MS	F	P
LOCALIDAD (A)	2	4.14E+08	91.1	2.07E+08	5709.7	0.0000
NIVEL N (B)	2	2.95E+07	6.5	1.47E+07	405.96	0.0000
FUENTEN (C)	1	41480.1	0.0	41480.1	1.14	0.2966
A*B	4	9840752	2.2	2460188	67.8	0.0000
B*C	2	121695	0.0	60847.7	1.68	0.2100
A*C	2	65535.7	0.0	32767.9	0.9	0.4198
RESIDUAL	22	798245	0.2	36283.9		
TOTAL	35	4.55E+08	100.0			

Cuadro 1: ANOVA con porcentaje cuadrados totales y valor de probabilidad para las variables analizadas: localidad, nivel de nitrógeno, fuente de nitrógeno y sus interacciones.

Se observan diferencias entre localidades con un fuerte impacto sobre los rendimientos explicando más de un 90% de la variabilidad de los resultados. También se observan diferencias significativas entre niveles de nitrógeno pero no en la variable fuente de nitrógeno. Existió interacción entre localidad y nivel de nitrógeno pero no con la fuente. Tampoco existió interacción nivel de nitrógeno y fuente (Cuadro 1).

Los rendimientos marcan un incremento con aumentos en la oferta total de nitrógeno hasta los 180 kg/ha. El ambiente afectado por estrés hídrico marca una saturación de las respuestas en 120 kg/ha. No se observan diferencias entre fuentes de nitrógeno (Figura 2).

El análisis foliar de los testigos mostró deficiencias importantes de Zinc y Magnesio, leves de fósforo y nitrógeno y valores mínimos sobre el rango óptimo de azufre (datos no presentados).

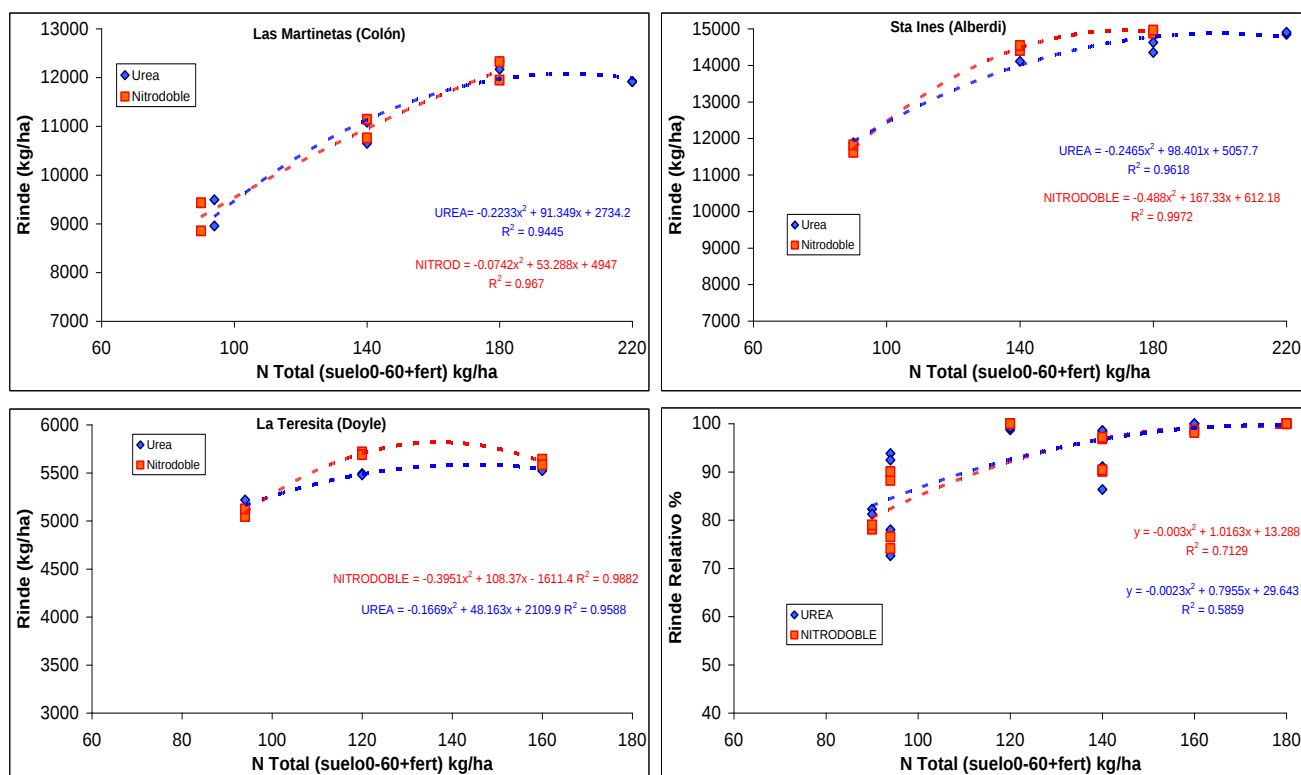


Figura 2: respuesta a la oferta creciente de nitrógeno diferenciado entre fuentes en cada uno de los sitios y como rendimiento relativo juntando los sitios.

Campo	Tratamiento	Rinde	DifRto	Δ Gasto	Δ Ingreso	Resultado
La Teresita	N Suelo	5123	0	0	0	0
La Teresita	N120 UREA	5486	363	20	53	33
La Teresita	N160 UREA	5544	421	50	62	12
La Teresita	N120 NITROD	5704	581	28	85	57
La Teresita	N160 NITROD	5613	490	71	72	1
Las Martinetas	N Suelo	9183	0	0	0	0
Las Martinetas	N140 UREA	10868	1685	35	248	213
Las Martinetas	N180 UREA	12252	3069	65	451	386
Las Martinetas	N140 NITROD	10953	1770	49	260	211
Las Martinetas	N180 NITROD	12135	2952	92	434	342
Sta Ines	N Suelo	11782	0	0	0	0
Sta Ines	N140 UREA	14266	2484	38	365	327
Sta Ines	N180 UREA	14488	2706	68	398	330
Sta Ines	N140 NITROD	14473	2691	54	396	342
Sta Ines	N180 NITROD	14921	3139	98	461	363

Cuadro 2: resultado económico de la práctica de fertilización con dos fuentes y dos niveles de N total comparado con el testigo sin fertilización. Precio Urea 350U\$/Tn; Precio Nitrodoble 290U\$/Tn; Precio Neto Maíz 145U\$/Tn.

Los tres campos presentaron respuestas económicas diferenciales a la oferta total de nitrógeno. En el ambiente de baja productividad la mejor respuesta económica quedó definida en 120 N total, mientras que en los otros ambientes quedó en 180 kg/ha. No se observaron diferencias económicas importantes entre fuentes de nitrógeno (Cuadro 2).

Rendimiento y oferta total de nitrógeno. Temprano vs. Tardío:

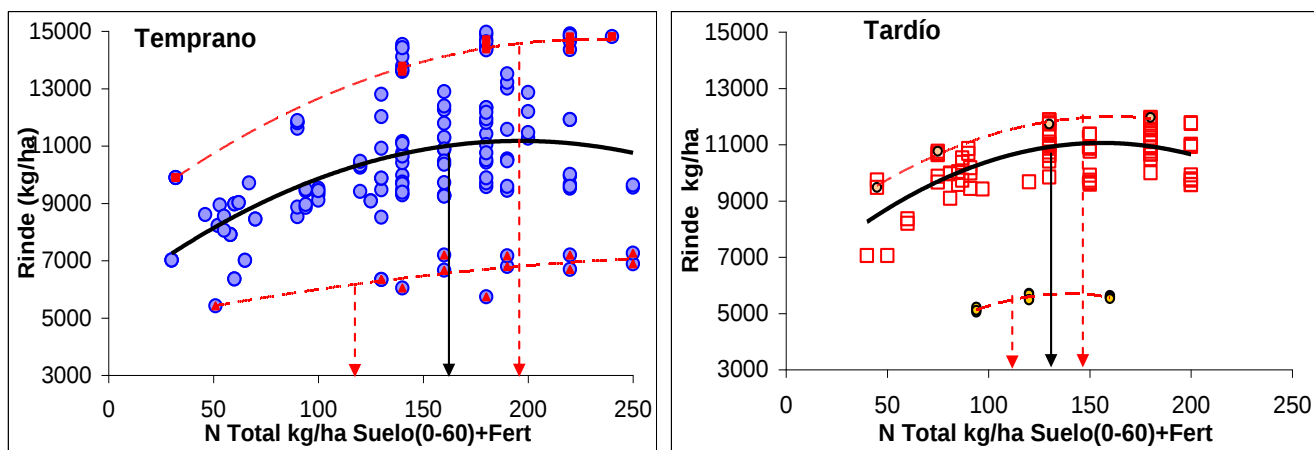


Figura 3: rendimiento en kg/ha en función de la oferta total de nitrógeno disponible como la suma de N suelo (0-60 cm) + fertilizantes diferenciados entre planteos de maíz temprano (izq) y maíz tardío (der) ajustados por función cuadrática promedio, máximos y mínimos.

La variable nitrógeno total disponible en maíces tempranos explicó el 74% de la variabilidad de los rendimientos relativos a partir de una función bi lineal con un punto de quiebre en los 169 (± 8) kg/ha de N total y un valor de pendiente de 0.211 % por unidad de nitrógeno ofertado. Por su parte y con menor cantidad de datos en maíces tardíos, el nitrógeno total explicó el 86% de la variabilidad de los rendimientos relativos con un punto de quiebre en los 121 (± 5) kg/ha de N total y un valor de pendiente de 0.258% por unidad de nitrógeno en la zona de respuesta lineal de la función de ajuste bi lineal (Figura 4). Ajustando los datos con la función cuadrática, las respuestas a ofertas crecientes de nitrógeno se maximizan en 165 kg/ha N en tempranos y en 130 kg/ha N en tardíos achicando la variabilidad de manera significativa (Figura 3).

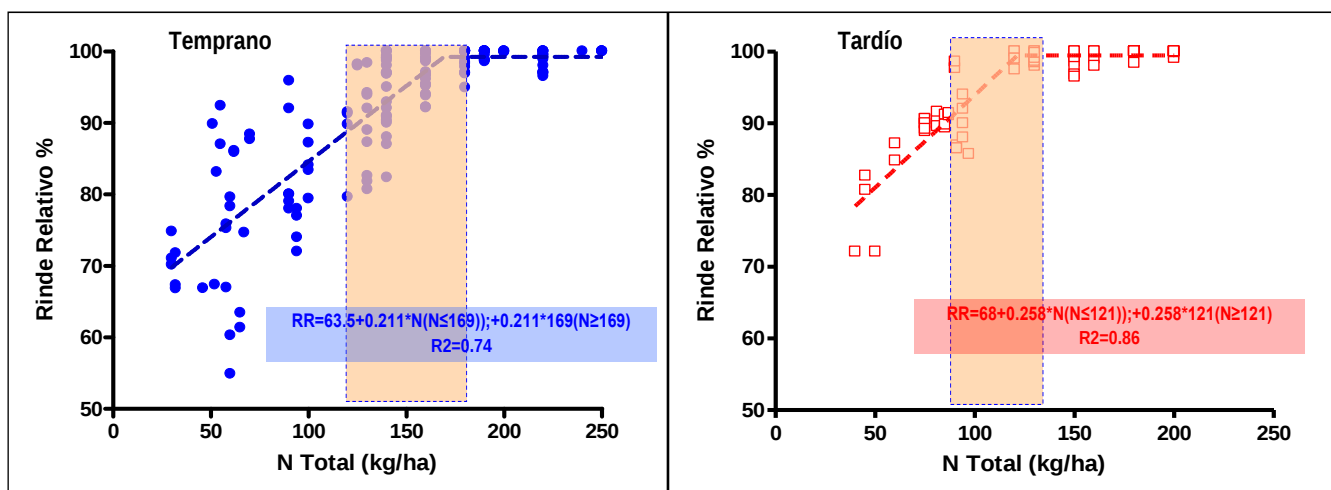


Figura 4: rendimiento relativo (campaña y sitio) en % en función de la oferta total de nitrógeno disponible como la suma de N suelo (0-60 cm) + fertilizantes diferenciados entre planteos de maíz temprano (izq) y maíz tardío (der) ajustados por función bilineal.

La primera diferencia entre los dos modelos (Temprano vs Tardío) a la hora de analizar las respuestas a la fertilización nitrogenada tiene que ver con la naturaleza propia de los planteos analizados. Los maíces en fecha de siembra tardía disminuyen significativamente la variabilidad de sus rendimientos en comparación con los planteos en fecha de siembra convencional, por lo tanto las diferencias en el valor de umbral de respuesta a nitrógeno entre planteos tendrá que ver con la variabilidad que se incorpora con la base de datos. Si la

base de datos de los planteos de fecha de siembra temprana incorpora ensayos realizados en campañas y/o ambientes de media y alta productividad, el umbral estará sesgado hacia valores más altos de nitrógeno (ej entre 160 y 200 kg/ha N). Si por el contrario, en la base de datos hay mayor proporción de situaciones de productividad media a baja, el umbral de respuesta a nitrógeno se moverá hacia valores más bajos de nitrógeno inicial (ej entre 120 y 160 kg/ha N). Esta es la variabilidad que, en el caso de maíces tardíos es significativamente menor y el punto de quiebre de las respuestas a nitrógeno más precisa (Figura 3 y 4).

El otro aspecto para entender las respuestas diferenciales entre planteos es que más allá de lo cuantitativo (oferta total de nitrógeno y rendimiento) existen marcadas diferencias en la relación oferta/demanda de nitrógeno a lo largo del ciclo del cultivo, claramente más sincronizada en los planteos de maíces tardíos.

3.2) Resultados ensayos de Densidad de siembra:

Se observan diferencias entre localidades con un fuerte impacto sobre los rendimientos explicando más de un 98% de la variabilidad de los resultados. También se observan diferencias significativas entre densidades pero no en la variable genética. Existió interacción entre las variables analizadas pero explicando muy baja proporción de la variabilidad de los resultados (Cuadro 3).

SOURCE	DF	SS	%SCT	MS	F	P
LOCALIDAD (A)	2	5.31E+08	97.8	2.66E+08	4954.61	0.0000
H (B)	1	136038	0.0	136038	2.54	0.1253
DENSIDAD (C)	2	1592244	0.3	796122	14.86	0.0001
A*B	2	2535327	0.5	1267663	23.66	0.0000
B*C	2	2144369	0.4	1072184	20.01	0.0000
A*C	4	4395150	0.8	1098788	20.51	0.0000
RESIDUAL	22	1178828	0.2	53583.1		
TOTAL	35	5.43E+08	100.0			

Cuadro 3: ANOVA con porcentaje cuadrados totales y valor de probabilidad para las variables analizadas: localidad, híbrido, densidad y sus interacciones.

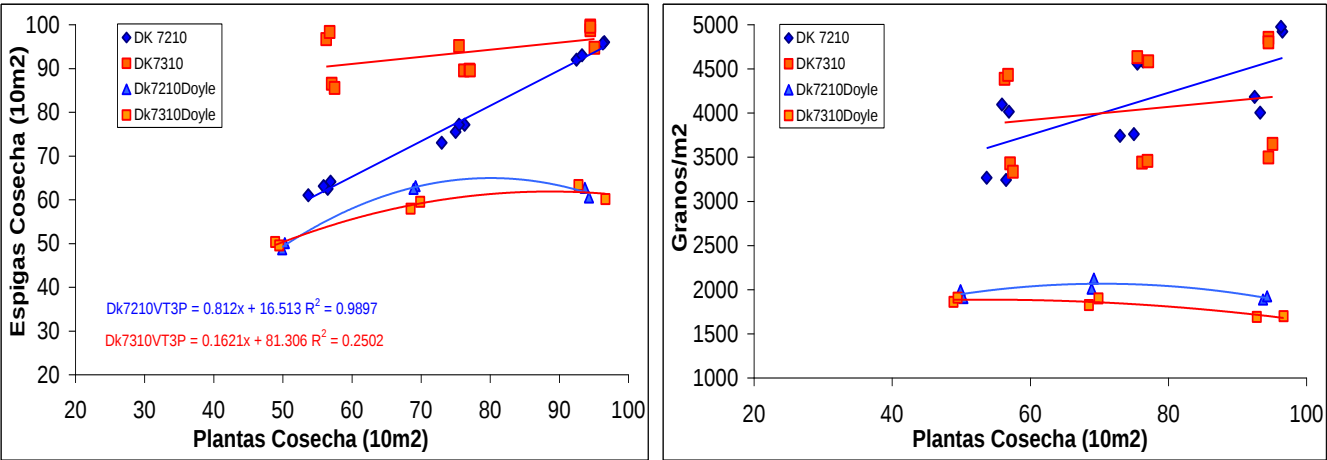


Figura 5: espigas y granos cosechados en función de la densidad de plantas lograda diferenciada entre híbridos.

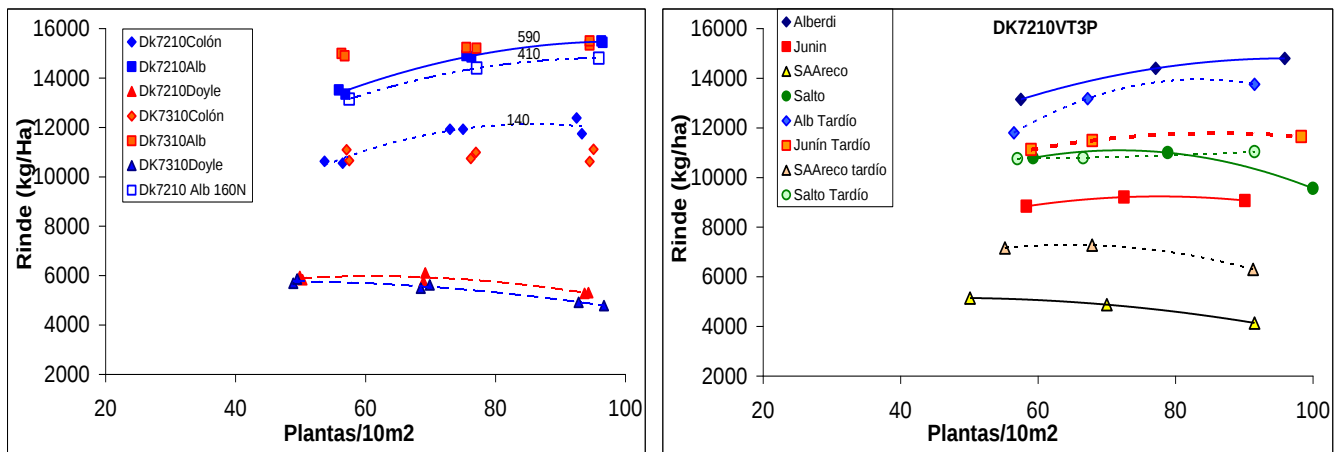


Figura 6: rendimiento en función de la densidad de plantas logradas diferenciando entre híbridos y ambientes; a) ensayos de densidad por ambiente, b) ECR donde se evaluó densidad en Dk7210VT3P.

Se observan diferencias entre híbridos en su respuesta a la densidad a partir de sus componentes numéricos del rendimiento (Figura 5 y 6). Dk 7310VT3P no presentó aumentos de rendimiento por incrementos en la densidad de plantas logradas en ninguno de los ambientes evaluados, mientras que Dk 7210VT3P aumentó sus rendimientos en interacción con el ambiente (Figura 7). El aumento de densidad de plantas incrementó en mayor proporción el porcentaje de plantas con enfermedades vasculares bajo altas densidades. Esto se manifestó en mayor medida en los planteos de fecha de siembra tardía. Con la baja densidad evaluada disminuyó a la mitad la incidencia de enfermedades vasculares (Figura 8).

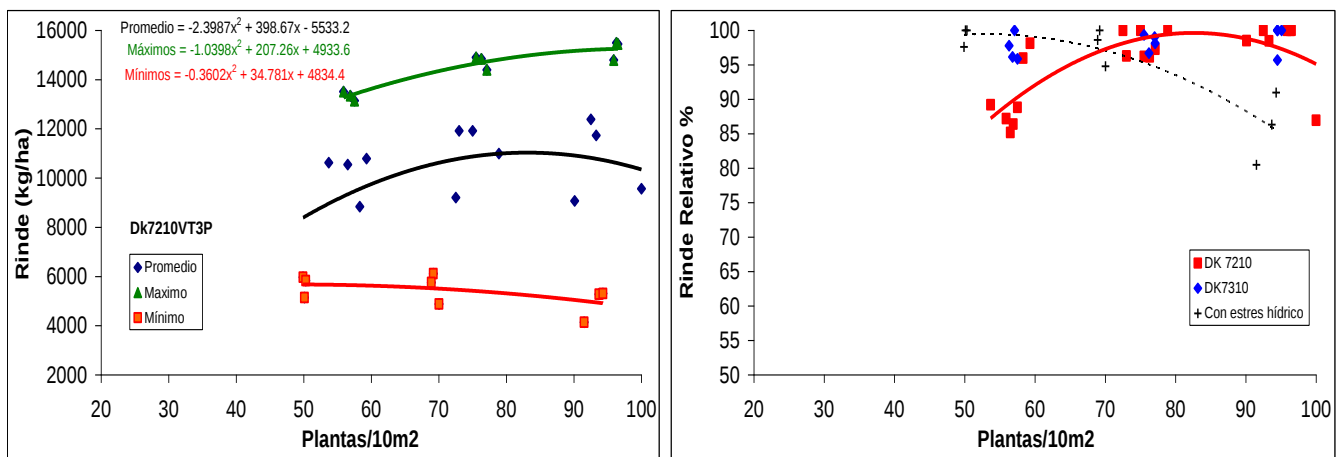


Figura 7: rendimiento en kg/ha (der) de Dk7210 VT3P y relativo % (izq) y en función de la densidad de plantas logradas.

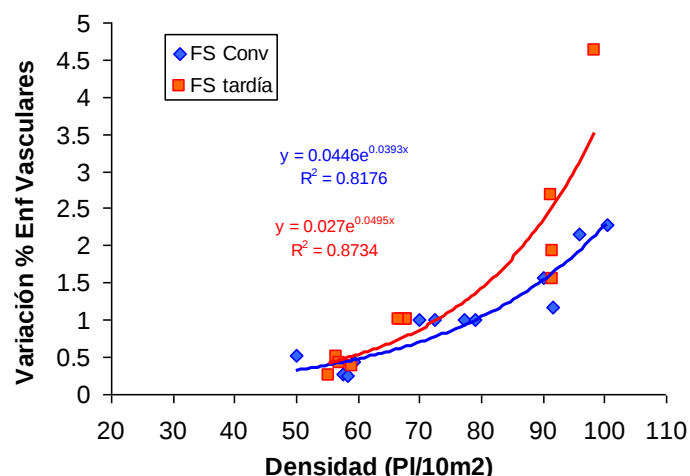


Figura 8: incremento porcentual respecto a la densidad media de la incidencia de enfermedades vasculares (Fusarium+antracnosis) sobre Dk7210 VT3P

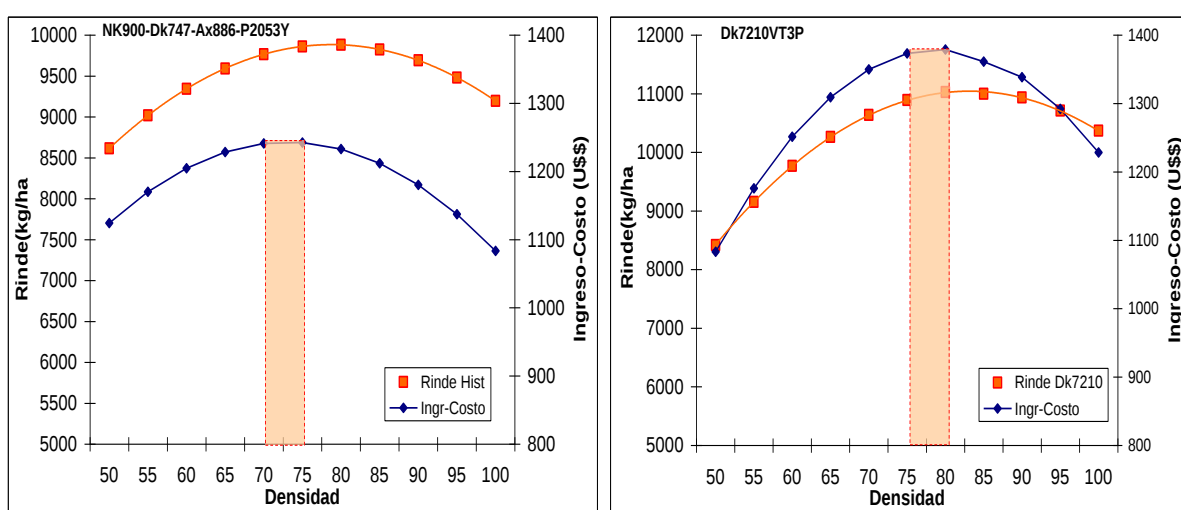


Figura 9: rendimiento (kg/ha) a partir de la función bi lineal de ajuste de rendimientos medios y diferencia de ingreso menos costos en función del incremento de la densidad de siembra para: izq) base datos con los híbridos Nk900Tdmax, Dk747MGRR, Ax886MG y P2053Y; b) Dk7210VT3P.

La información generada campañas anteriores con genética ya reemplazada, nos mostraba una densidad óptima económica para rendimientos medios (ensayos entre 8.5 y 11 Tn) de 73 mil plantas/ha. Al realizar el mismo análisis bajo ambientes de productividad similar (ensayos entre 8.5 y 12 Tn), el híbrido Dk7210 VT3P muestra un leve incremento en su densidad óptima económica pasando a 78 mil plantas/ha (Figura 9).

Densidad óptima en función del ambiente y la fecha de siembra:

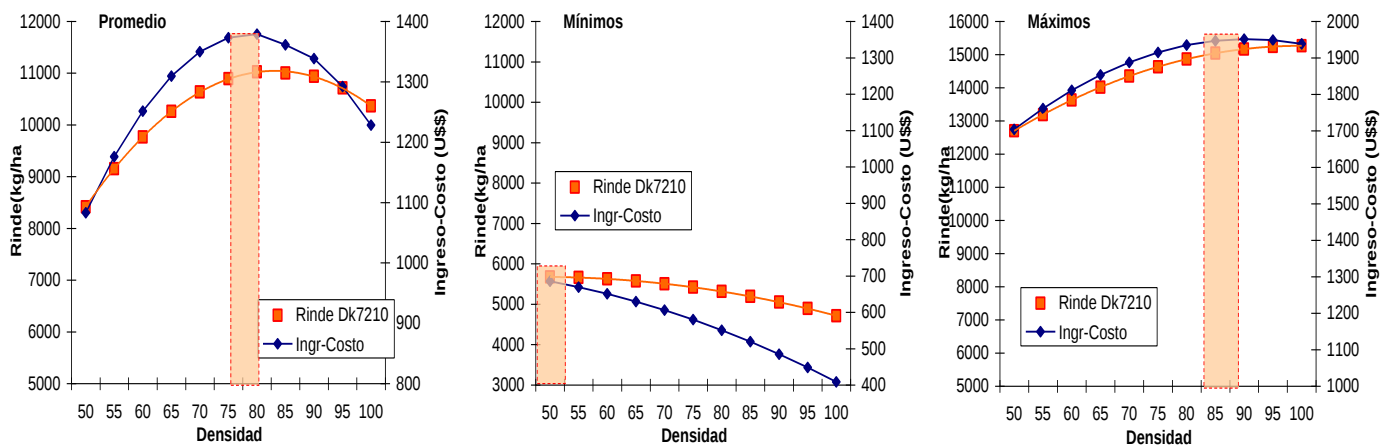


Figura 10: rendimientos (kg/ha) a partir de la función bi lineal de ajuste y la diferencia entre ingreso y costo para ambientes promedios, mínimos y máximos explorados en fecha de siembra temprana con el híbrido Dk7210 VT3P

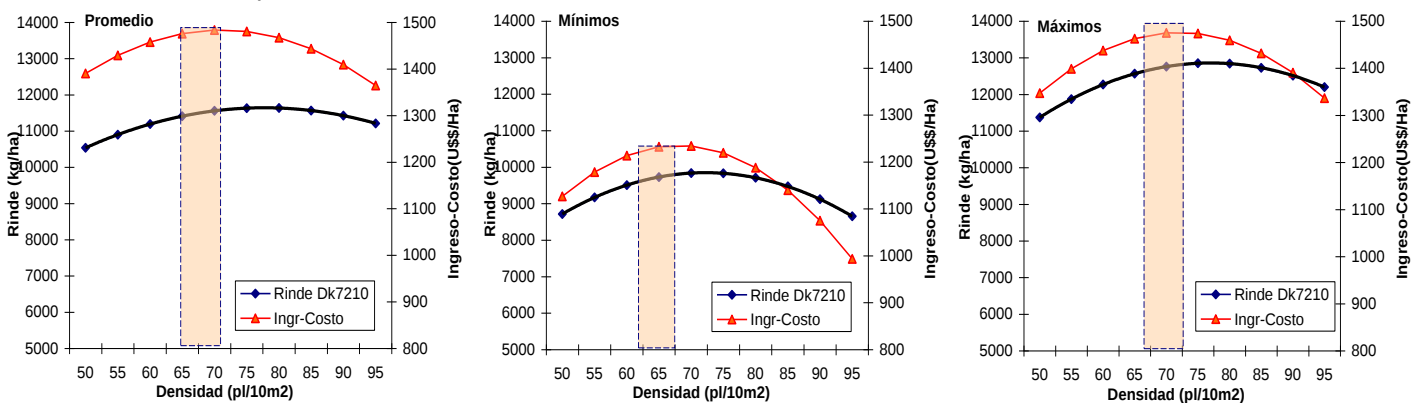


Figura 11: rendimientos (kg/ha) a partir de la función bi lineal de ajuste y la diferencia entre ingreso y costo para ambientes promedios, mínimos y máximos explorados en fecha de siembra tardía con el híbrido Dk7210 VT3P.

Las densidades óptimas económicas en planteos de fecha de siembra temprana quedaron definidas en 50, 78 y 85 mil plantas/ha para ambientes de baja, media y alta productividad (Figura 10). Cabe aclarar que para ambientes de baja productividad no se debe ajustar la densidad si no cambiar de planteo de fecha de siembra. Los valores de densidad óptima económica en planteos de fecha de siembra tardía presentan un rango mucha más acotado (mínimos más altas y máximos más bajos) y el valor de densidad óptima sobre la curva promedio disminuye a 68 mil plantas/ha, un 14% menos respecto a planteos de fecha de siembra temprana (Figura 11).