

# RED DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN BRASSICA CARINATA

CAMPAÑA 2022.

Ings Agrs Leonardo Coll (MSc) (Inta Paraná)  
Luis María Arias Usandivaras (MSc) (Ridagro)  
Juan Cardozo (AgroZona)  
Orlando Vellaz (Nuseed SA)  
Gustavo N. Ferraris (MSc) (Inta Pergamino)

Enero 2023



# RED DE EVALUACIÓN DE FUENTES NITROGENADAS EN BRASSICA CARINATA

## DISEÑO EXPERIMENTAL

Bloques completos al azar con 3-4 repeticiones

Abreviatura: (N) = Nitrógeno

## TRATAMIENTOS

Tratamiento	Fuente	Dosis	Dosis N (kg/ha)
T1	Testigo	N0	
T2	Urea	N 40	40
T3		N 80	80
T4		N 120	120
T5		N 160	160
T6	Sol Mix 28:5	N 40	40
T7		N 80	80
T8		N 120	120
T9		N 160	160
T10	Nitrodoble	N 40	40
T11		N 80	80
T12		N 120	120
T13		N 160	160
T14	Urea + NBPT	N 40	40
T15		N 80	80
T16		N 120	120
T17		N 160	160
T18	DIX 10		40





LOS EXPERIMENTOS DE RAFAELA, PERGAMINO Y SAN ANTONIO DE ARECO  
SE PERDIERON POR HELADAS





## OBJETIVOS DE LA RED

1. Evaluar la productividad del cultivo en diferentes regiones y localidades.
2. Comparar fuentes alternativas de nitrógeno, con diferente grado de transformación y tolerancia a la volatilización en un ciclo seco.
3. Ajustar una curva de respuesta a nitrógeno, general y por fuente.
4. Proponer un objetivo de nitrógeno (suelo + fertilizante).

# DATOS DE SUELO

**Mercedes:** 114 (alto) kgN/ha 0-40 cm. Se estimó densidad aparente 1,2 kg m<sup>-3</sup>

Muestra			PH	C.E. <sup>2</sup>	Carbono	Materia Org	N total	SO <sub>4</sub> Sulfato	S	Azufre	P Fósforo	NO <sub>3</sub> Nitrato	N - NO <sub>3</sub>	Bases Intercambiables meq/100 g suelo				CIC	NAN
														Na	K	Ca	Mg		
N°	Identificación	Prof.	1 ±2,5	dS/m	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100 g				meq/100 g	%
448		0-20 cm	N	N	0,93	1,83	N	N	N	N	N	111,6	25,2	N	N	N	N	N	56,00
449		20 - 40 cm	N	N	0,77	1,52	N	N	N	N	N	100,2	22,6	N	N	N	N	N	44,80

n

3,4  
1,5

**Avellaneda** 17,2 (muy bajo) kgN/ha 0-40 cm  
Se estimó densidad aparente 1,2 kg m<sup>-3</sup>

**Nitratos en suelo a 0-20 cm :**

N- Nitratos : 5,6 ppm

Materia Orgánica: 1,7%

**Nitrato en suelo 20-40 cm:**

N-Nitratos: 1,60 ppm

Materia Orgánica: 1,20%

# ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA RENDIMIENTO

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso Grs.	180	0,79	0,69	12,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

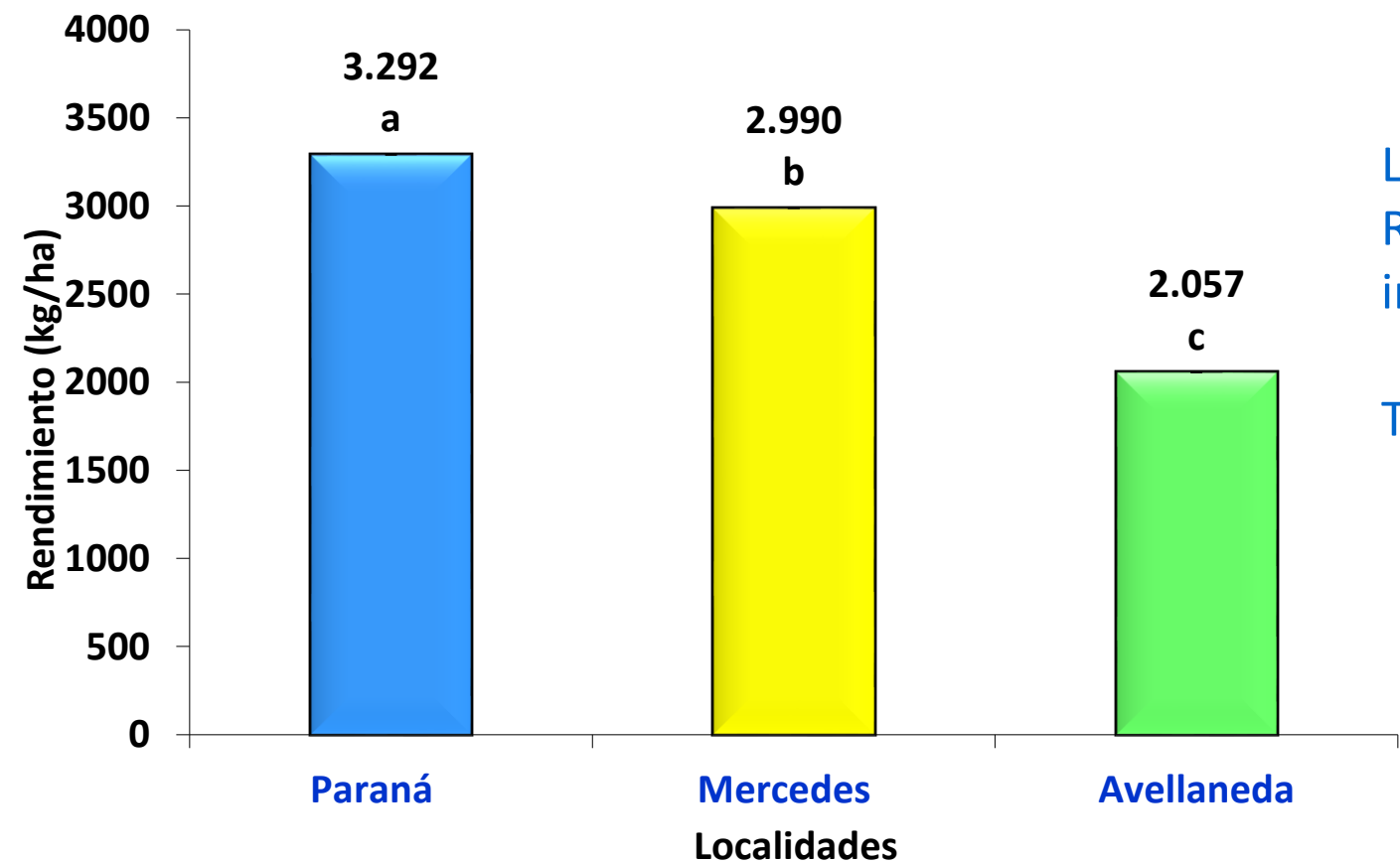
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	58445677,6	56	1043672,81	8,26	<b>&lt;0,0001</b>
<b>bloque</b>	1693736,29	3	564578,76	4,47	<b>0,0051</b>
<b>Localidad</b>	49016550,2	2	24508275,1	193,98	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Tratamiento</b>	4543253,97	17	267250,23	2,12	<b>0,01</b>
<b>Loc*Tratam</b>	3192137,17	34	93886,39	0,74	0,8406
<b>Error</b>	15540706,5	123	126347,21		
<b>Total</b>	73986384,1	179			

El **modelo** explica significativamente la interacción localidad x tratamiento.

El efecto de **localidad** ( $P < 0,0001$ ) y **tratamiento** ( $P < 0,01$ ) es significativo. La interacción **localidad x tratamiento** no es significativa ( $P = 0,84$ ). Esto significa que las tres localidades siguen la misma tendencia central.

# RENDIMIENTO SEGÚN LOCALIDAD

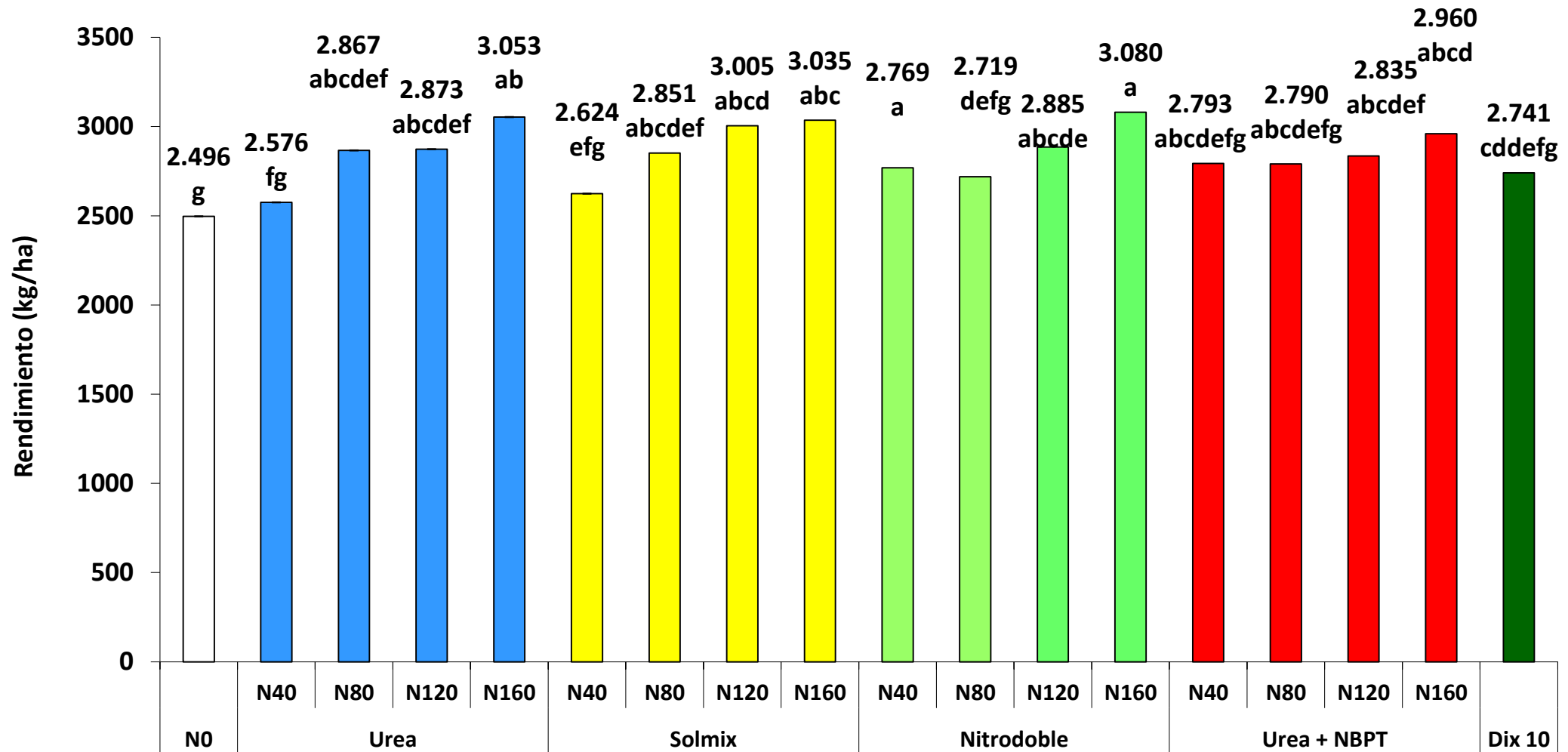
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=125,71424					
Error: 119317,4756 gl: 157					
Localidad	Medias	n	E.E.		
Paraná	3291,87	72	40,71	A	
Mercedes	2989,76	54	47,01		B
Avellaneda	2056,85	54	47,01		C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					



Los tres sitios cosechados pertenecen a la Región Pampeana Norte, con menor incidencia de heladas.

Tres ambientes de buena productividad.

# RENDIMIENTO MEDIO SEGÚN TRATAMIENTO



Fuentes y dosis

Estrictamente, este análisis corresponde hacerlo x localidad ya que la interacción **Sitio x Tratamientos** es **significativa** ( $P < 0,0001$ ).

Promedio de 4 localidades, 3 repeticiones por localidad. Lsd  $< 0,05$ . dms=349,1 kg/ha.



# ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE LA INTERACCIÓN LOCALIDAD X FUENTE X DOSIS DE N

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso Grs.	170	0,79	0,69	12,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

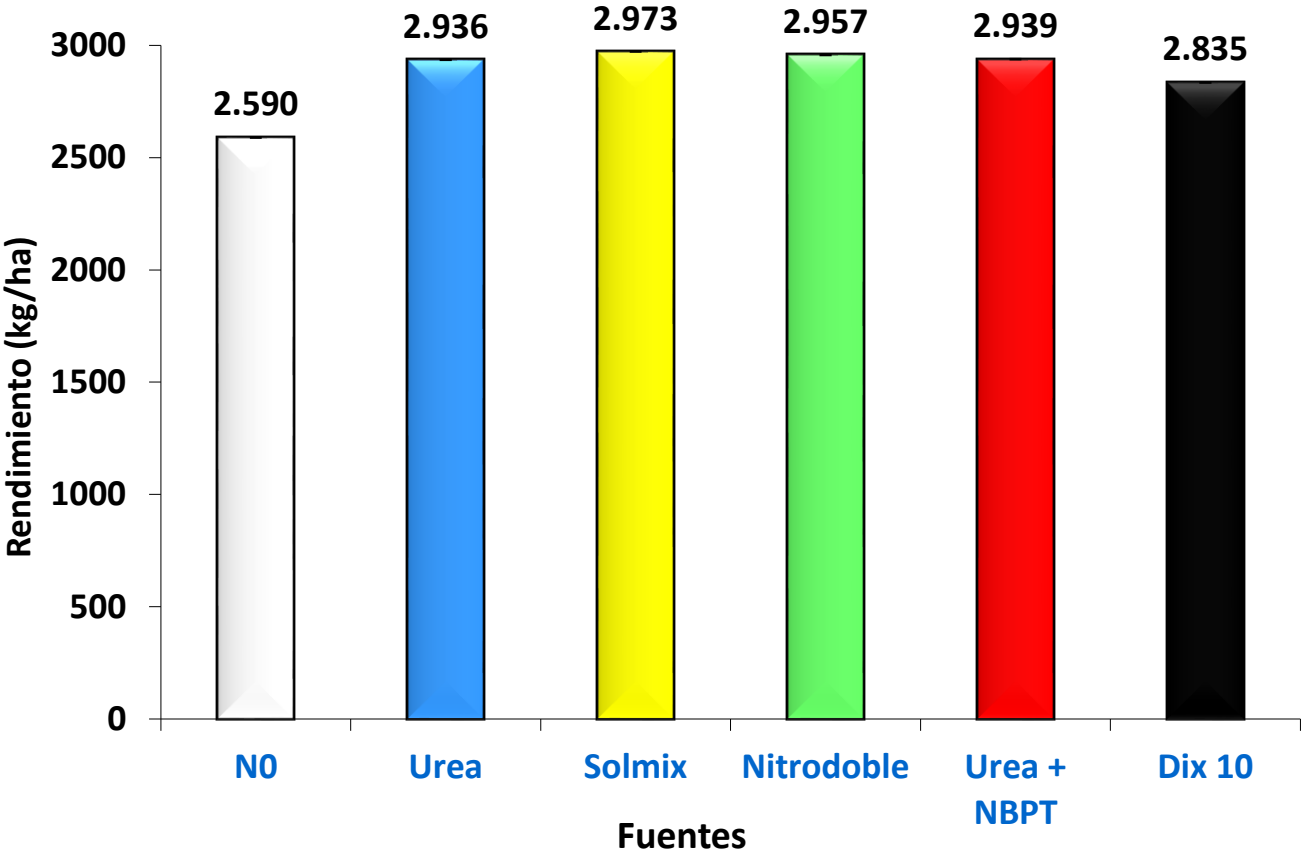
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	55290786,2	53	1043222,38	8,02	<0,0001
Localidad	46134754,4	2	23067377,2	177,33	<0,0001
bloque	1513237,07	3	504412,36	3,88	0,011
Fuentes	1262844,68	4	315711,17	2,43	0,0518
Dosis	2510877,89	3	836959,3	6,43	0,0005
Localidad*Fuentes	833915,81	8	104239,48	0,8	0,6026
Localidad*Dosis	1202753,06	6	200458,84	1,54	0,1709
Fuentes*Dosis	684238,29	9	76026,48	0,58	0,8076
Loc * Fuent * Dosis	1148165,04	18	63786,95	0,49	0,9578
Error	15089661,2	116	130083,29		
Total	70380447,4	169			

El **modelo** explica significativamente la interacción localidad x fuente x dosis N.

El efecto significativo de **localidad** ( $P < 0,0001$ ), **fuente N** ( $P < 0,10$ ) y **dosis de N** ( $P < 0,01$ ) es significativo.

Sin embargo, la interacción **fuente x dosis N**, **localidad x fuente N** y **localidad x dosis N**, así como la interacción triple **localidad x fuente x dosis N** no es significativa ( $P > 0,10$ ). La respuesta a dosis, estadísticamente, no varía entre fuentes. La jerarquía entre fuentes y dosis, estadísticamente, no cambia entre localidades.

# RENDIMIENTO SEGÚN FUENTE



Las diferencias entre fuentes no fueron significativas.

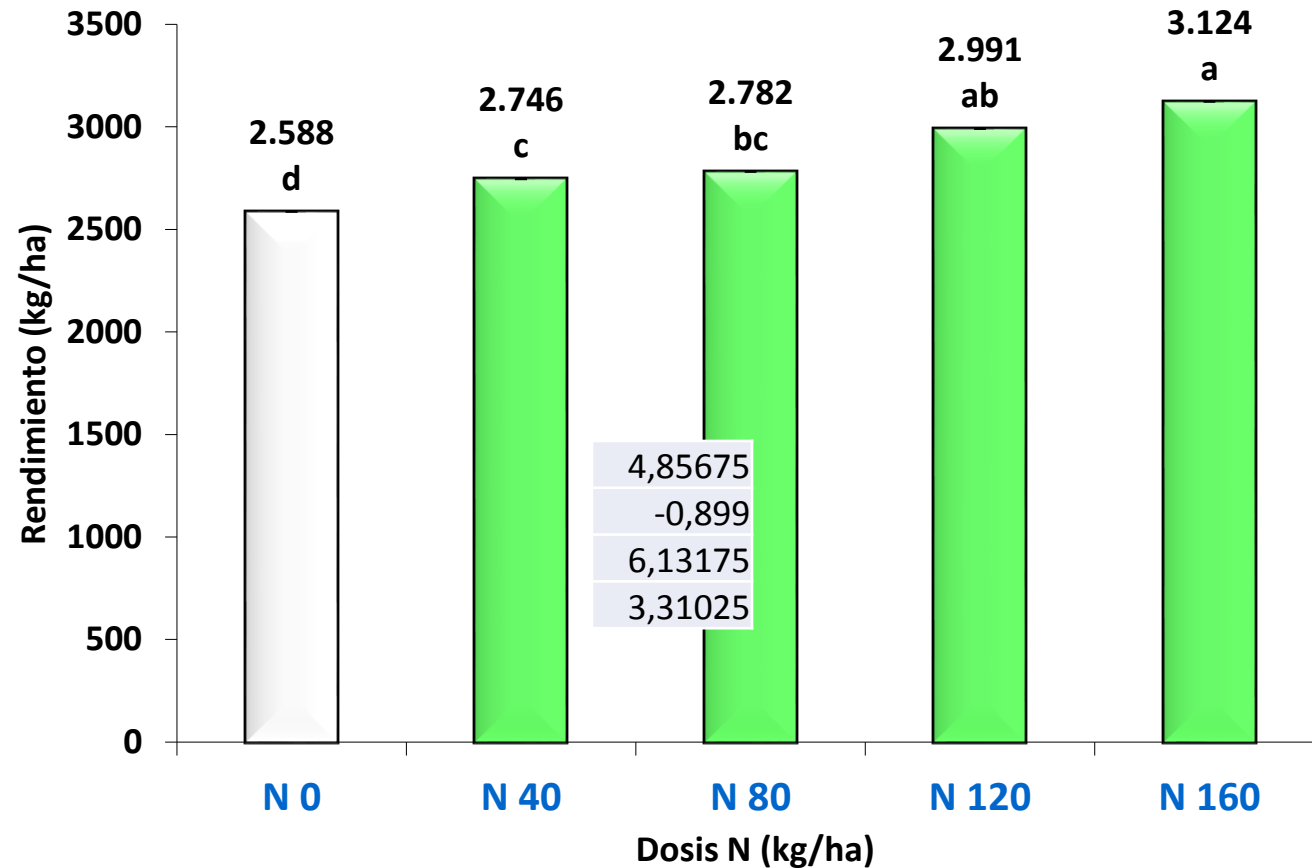
No obstante el dato de Urea, SolMix, Nitrodoble y Urea tratada con NBPT es más robusto (n=40) respecto del testigo (n=10) y Dix 10 (n=10).

La Eficiencia de Uso de N fue similar entre Urea, Solmix, Nitrodoble y Urea + NPT.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9151553,69	8	1143944,21	3,02	0,0034
bloque	7803415,89	3	2601138,63	6,86	0,0002
Fuentes	1348137,8	5	269627,56	0,71	0,6158
Error	64834830,4	171	379151,06		
Total	73986384,1	179			



# RENDIMIENTO SEGÚN DOSIS N COMO FERTILIZANTE

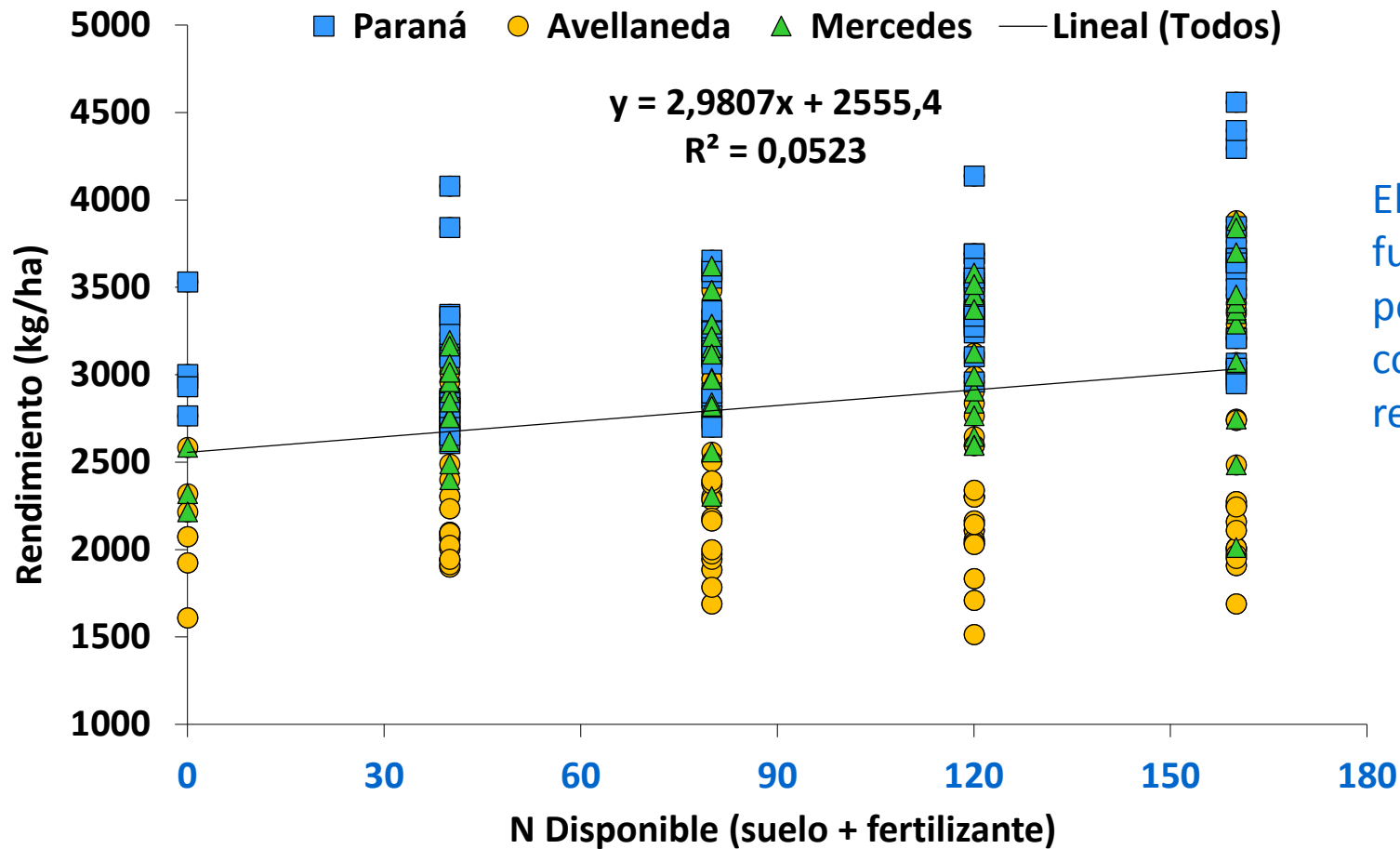


Promedio de 3 localidades, 4 fuentes, 4 repeticiones en Paraná, 3 en Avellaneda y Mercedes. Cada fuente representa 40 datos, y en el N0, 10 datos.

Respuesta media a dosis en todo el rango evaluado. RR N0 = 0,83

La eficiencia marginal fue de 4,9; 0; 6,1 y 3,3 kg carinata x cada kgN adicional, para las dosis de N40, N80, N120 y N160, respectivamente

# RELACIÓN RENDIMIENTO VS N AGREGADO (FERTILIZANTE) INTEGRANDO TODAS LAS LOCALIDADES.

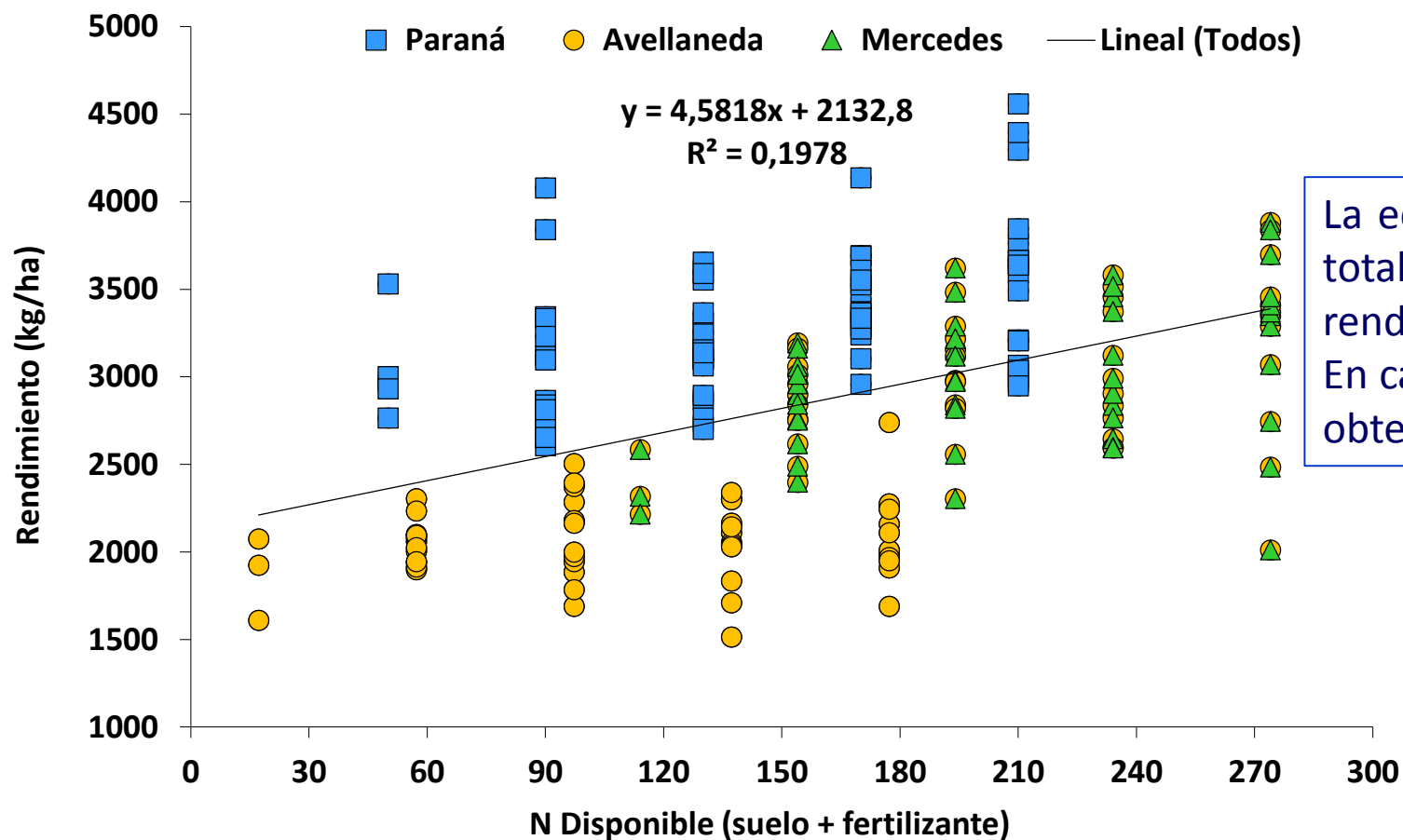


El ajuste es muy bajo para proponer una relación funcional. La ecuación de ser más robusta, permitiría sugerir que, con dosis de 80 kgN ha<sup>-1</sup> como fertilizante, se podrían alcanzar rendimientos de hasta 2793 kg ha<sup>-1</sup>.

La función de respuesta es lineal, pero con bajo ajuste y escasa pendiente. Una función cuadrática, cuadrática - plateau o de incrementos decrecientes (Misterlich) no mejora el ajuste.



## RELACIÓN RENDIMIENTO VS N DISPONIBLE (SUELO 0.40 CM + FERTILIZANTE) INTEGRANDO TODAS LAS LOCALIDADES

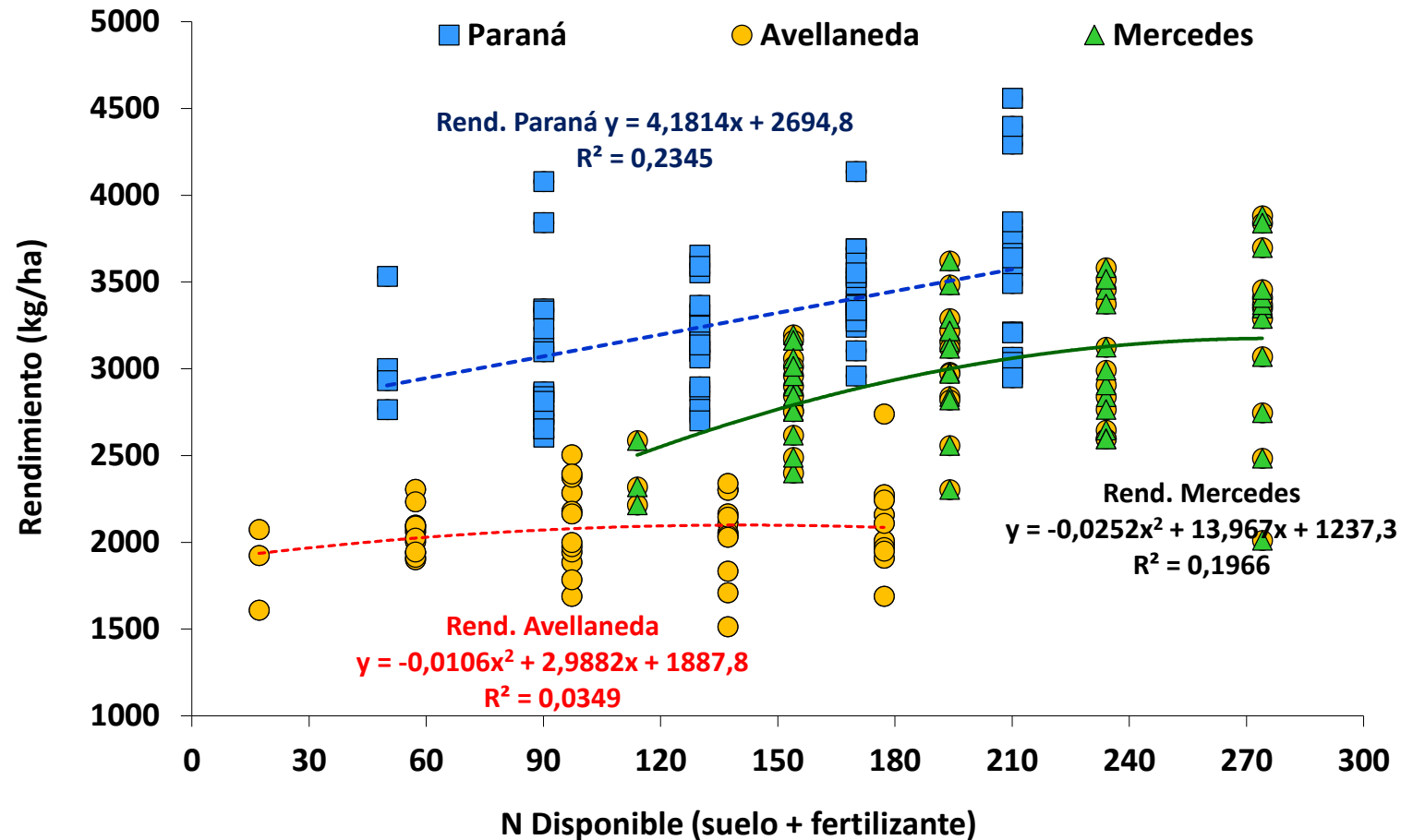


La ecuación ajustada sugiere que con una oferta total de  $N120_{(s+f)}$ , se podría alcanzar un rendimiento de hasta  $2683 \text{ kg ha}^{-1}$ .  
 En cambio, con una oferta de  $N150_{(s+f)}$  se podrían obtener  $2820 \text{ kg ha}^{-1}$ .

El ajuste mejora cuando en lugar de N como dosis de fertilizante, la variable independiente (x) es N disponible total (Nsuelo 0-40 cm + fertilizante).

Una función cuadrática, cuadrática - plateau o de incrementos decrecientes (Misterlich) no mejora el ajuste respecto de la ecuación lineal. Se pueden obtener **4,58 kg B. carinata por kg N que aumenta la disponibilidad total.**

## RELACIÓN RENDIMIENTO VS N DISPONIBLE (SUELO 0.40 CM + FERTILIZANTE) SEGÚN LOCALIDAD.

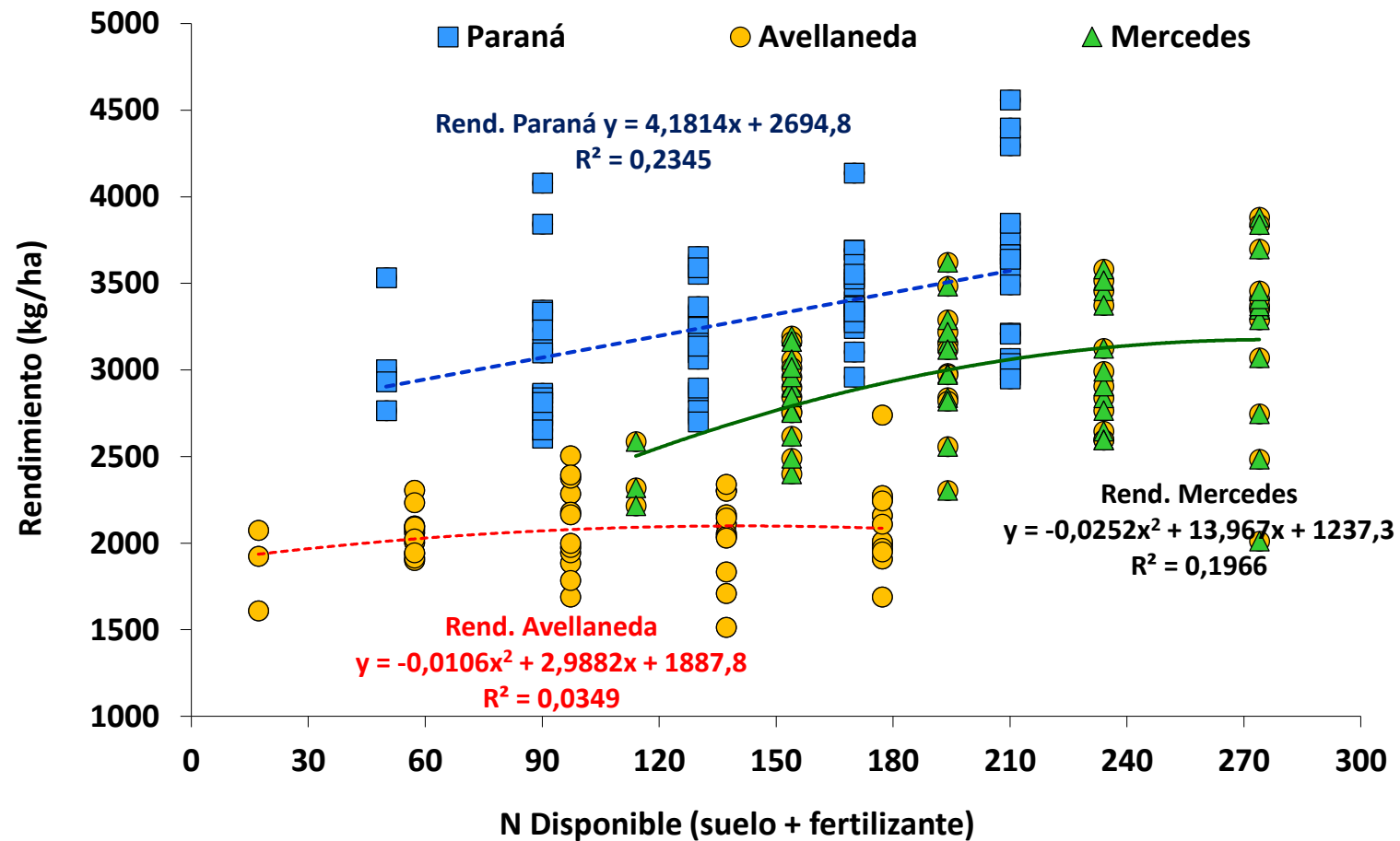


Las funciones de respuesta son diferentes según localidad. La respuesta estuvo asociada a rendimiento, siendo máxima en **Paraná**, intermedia en **Mercedes** y menor en **Avellaneda**.

En **Avellaneda** se observa una leve tendencia, con una función cuadrática que representa los datos pero con bajo ajuste. La disponibilidad óptima ronda los 100 kgN ha<sup>-1</sup>. En **Mercedes** la función de mayor ajuste fue la cuadrática, con el rendimiento máximo en una disponibilidad de 280 kgN ha<sup>-1</sup>, pero valores muy cercanos al plateau en 230 kgN ha<sup>-1</sup> (sigue).

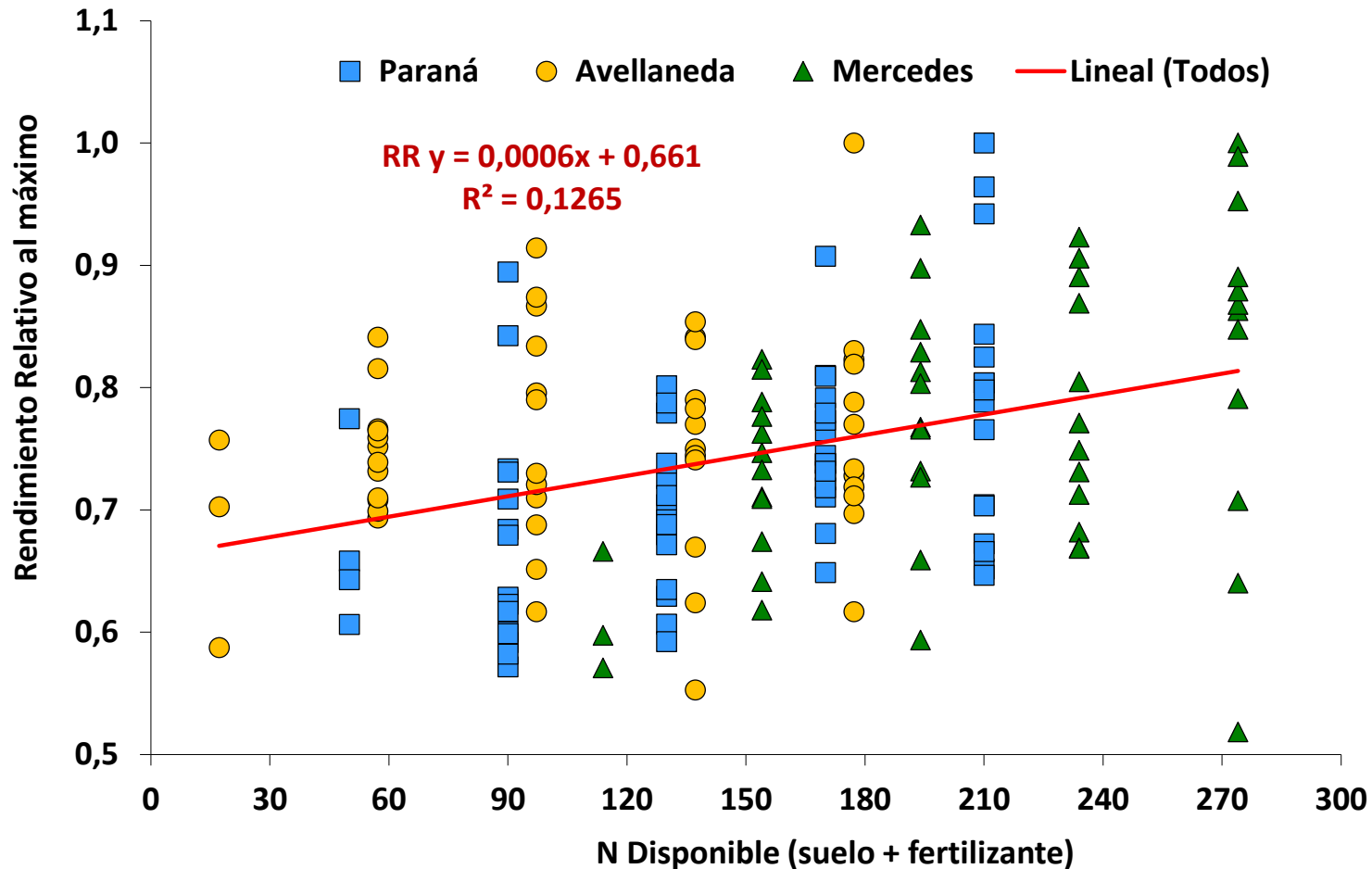


## RELACIÓN RENDIMIENTO VS N DISPONIBLE (SUELO 0.40 CM + FERTILIZANTE) SEGÚN LOCALIDAD.



(viene de la anterior). Finalmente, en **Paraná** la respuesta fue lineal en todo el rango de dosis aplicado, desde 50 a 210 kg N ha<sup>-1</sup>.

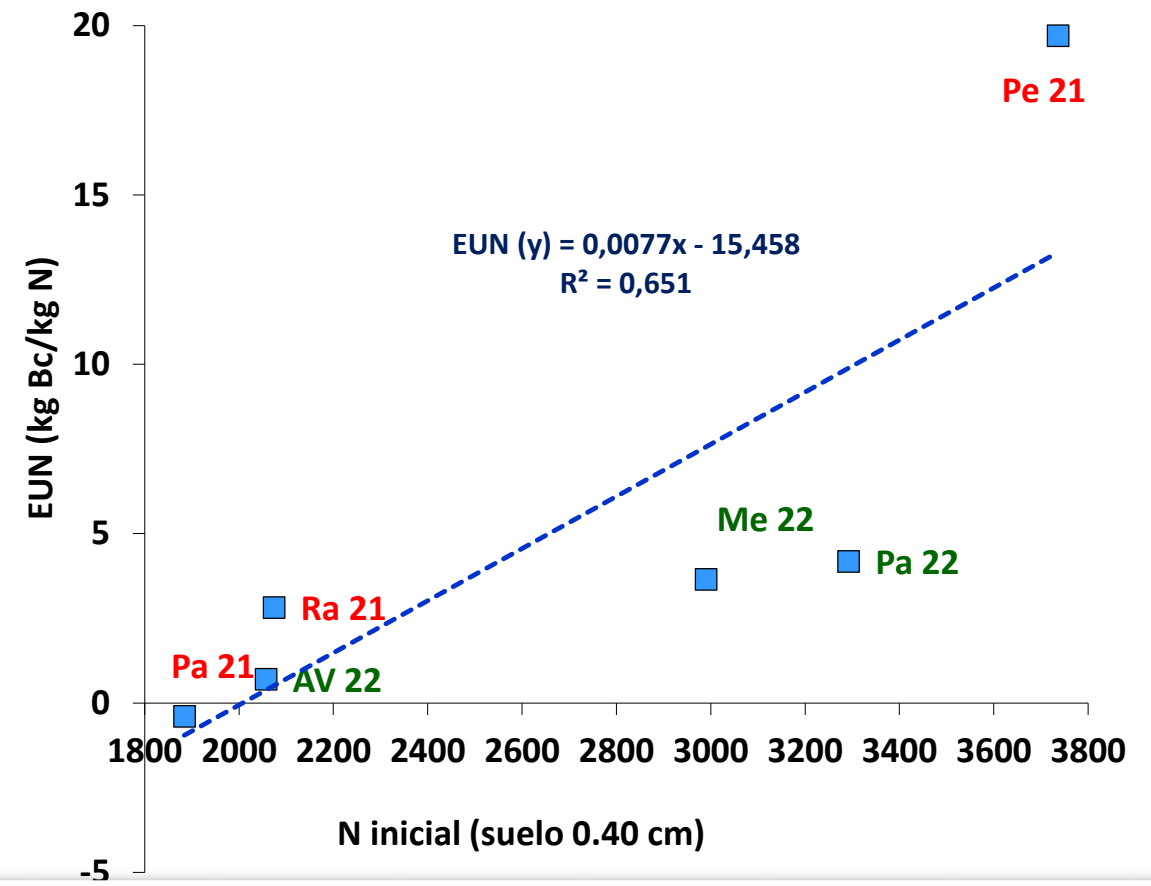
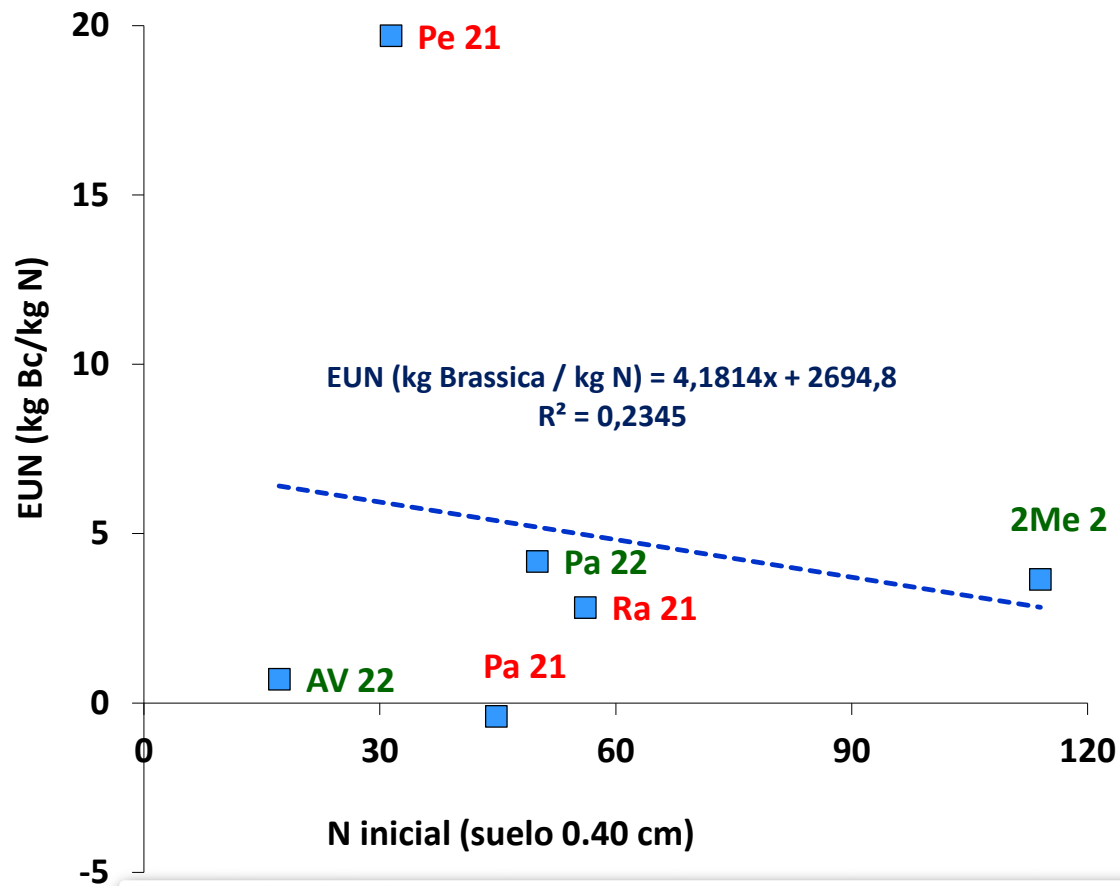
## RELACIÓN RELATIVO AL MÁXIMO POR LOCALIDAD VS N DISPONIBLE (SUELO 0-40 CM + FERTILIZANTE) INTEGRANDO TODAS LAS LOCALIDADES.



Rendimiento relativo al máximo, desglosado por sitio. Máximo = 1.

La relación entre rendimiento relativo y disponibilidad de nitrógeno no mejoró el ajuste de los rendimientos absolutos. Esto se explica en que los rendimientos entre localidades no son demasiado distintos, y que en cambio sí lo es la oferta de N.

## RELACIÓN ENTRE LA EUN (KG DE B. CARINATA / KG N TOTAL S+F) Y LA OFERTA DE N INICIAL O EL RENDIMIENTO MEDIO DEL CULTIVO, PARA LOS AÑOS 2022 Y 2023



Localidades: Pergamino 2021 (**Pe 21**), Rafaela 2021 (**Ra 21**), Paraná 2021 (**Pa 21**), Paraná 2022 (**Pa 22**), Avellaneda 2022 (**Av 22**), Mercedes 2022 (**Me 22**).

La respuesta, medida a través de la EUN, guardó una relación inversa con la oferta inicial de N (izquierda), y sobre todo, una ajustada relación directa con el rendimiento medio del sitio (derecha). Ambientes de alto rendimiento deberían ser ajustados a umbrales más elevados de oferta total.

# RESUMEN Y CONCLUSIONES

- ✓ En un ciclo seco y con un invierno riguroso, se lograron productividades elevadas en la Región Pampeana Norte (Avellaneda) y Litoral (Paraná y Mercedes), pero no llegaron a cosecha sitios de Región Centro (Rafaela) y Zona Núcleo Sur (Pergamino y San Antonio de Areco).
- ✓ Los sitios del Litoral alcanzaron rendimientos superiores respecto de Avellaneda, probablemente por el efecto regulador del agua sobre las temperaturas nocturnas de invierno y primavera
- ✓ La respuesta a N fue moderada, y las eficiencias medias. Las temperaturas medias elevadas de las localidades que llegaron a cosecha habrían favorecido la mineralización.
- ✓ Las diferentes fuentes nitrogenadas presentaron un comportamiento similar, sin diferencias significativas entre sí.
- ✓ El ajuste conjunto, considerando N (suelo 0-40 cm + fertilizante), fue más robusto respecto de N (fertilizante). Incluir la disponibilidad inicial de N en suelo mejora el ajuste de las funciones de respuesta.
- ✓ Una función lineal común a los tres sitios sugiere que con una oferta total de  $N_{120(s+f)}$ , se podría alcanzar un rendimiento de hasta 2683 kg ha<sup>-1</sup>. En cambio, con una oferta de  $N_{150(s+f)}$  se podrían obtener 2820 kg ha<sup>-1</sup>.



# RESUMEN Y CONCLUSIONES

- ✓ Un ajuste común de la curva de respuesta a nitrógeno no mejoró las funciones individuales por localidad. Esto se explicaría por diferentes factores:

Las localidades representan ambientes climáticos y edáficos muy diferentes, siendo difícil proponer un sistema de recomendación común.

Existe una diferencia muy grande en el nivel inicial de nitrógeno en suelo entre localidades. Sin embargo, los rendimientos son menos disímiles, quitando rango a la variable independiente para lograr un buen ajuste.

- ✓ Considerando los sitios de 2021 y 2022, la EUN (es decir, la respuesta a N) cayó al aumentar en nivel inicial de N en suelo, y por sobre todo, se incrementó con el rendimiento medio del sitio. Relaciones similares se han documentado en cereales como trigo, cebada, maíz o sorgo.