

Beneficios del muestreo de suelo por ambientes en trigo

Vaccaro M.E.; Valentinuz, E.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Estación Experimental Paraná
Agencia de Extensión Rural Gualeguay

*Una pregunta que muchas veces nos hacemos es ¿por qué tratamos tecnológicamente de igual manera al suelo, cuando sabemos que no es homogéneo? Observando a nivel lote la carta de suelos (GeolINTA), encontraremos que es frecuente tener dos o más clases de suelo con diferentes índices productivos, debido a diferentes limitantes edáficas. Por lo tanto, consideramos sumamente importante tener en cuenta la “variabilidad” de los lotes y actuar en consecuencia. Seguramente encontremos gran parte de la explicación a la **brecha productiva** que tenemos dentro de los lotes.*

En Argentina, el INTA comenzó a difundir y evaluar técnicas de agricultura de precisión (AP) desde fines de los 90, realizando experiencias con monitores de rendimiento. A partir del año 1999, el INTA institucionalizó un Proyecto de Agricultura de Precisión (Melchiori et al., 2013). Hoy contamos con herramientas de agricultura de precisión, como son los sensores remotos, mapas de rendimientos, programas de computación para el análisis de datos, imágenes por Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por su sigla en inglés) que nos permiten hacer una caracterización de ambientes por productividad en los lotes, entre otras prácticas. Con estas herramientas dejaríamos de trabajar con valores promedios y empezariamos a trabajar con la variabilidad dentro de los lotes, lo que implica un mayor uso de la agronomía en la definición de los ambientes, haciendo un manejo más racional de los insumos, disminuyendo el impacto ambiental y, muchas veces, pudiendo lograr una mejora en el ingreso económico.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la disponibilidad de nitratos en suelo previo a la siembra de trigo en el ciclo agrícola 2023/24 mediante análisis de suelo por ambiente comparado con un muestreo aleatorio, y calcular las dosis de fertilización nitrogenada correspondientes para diferentes expectativas de rendimiento por ambientes en el cultivo de trigo.

Descripción de la experiencia y localización de los sitios.

Para esta experiencia se relevaron siete lotes pertenecientes a cinco campos diferentes (figura 1), cuatro de los establecimientos correspondían al departamento Gualeguay y uno al departamento Rosario de Tala. Se trabajó con mapas de rendimiento de maíz ciclo agrícola 2022/23. Estos mapas se ambientaron con el programa UrsulaGIS v0.2.28 (figura 2), se definieron tres ambientes para cada lote, en función del rendimiento del maíz: 1) alto, ambiente A donde rindió más el cultivo de maíz; 2) intermedio, ambiente B y 3) bajo, ambiente C (tabla 2 y figura 2). Luego se realizó un muestreo de suelo dirigido en cada ambiente y un muestreo “tradicional” aleatorio (muestra **compuesta**) que es como normalmente sacamos las muestras de suelo en los lotes. Para el muestreo dirigido por ambiente se utilizó el mismo programa, el cual genera los puntos a muestrear y mediante un código QR generado por el programa, se puede ir con el celular al lote a tomar las muestras de los puntos georeferenciados (figura 3). Las muestras se extrajeron a una profundidad de 0 a 20 cm, se determinó en laboratorio el contenido de nitratos, y a partir de estos, se estimó el contenido de nitrógeno (N) hasta los 60 cm de profundidad, multiplicando por 1.97 el contenido de N obtenido de 0 a 20 cm (Melchiori et al., 2001). Luego se estimaron los kg de fertilizante nitrogenado a utilizar, en función al N objetivo y al N disponible de 0 a 60 cm, para cada ambiente y muestra compuesta, tomando como fertilizante de referencia a la urea (0-46-0). Para la muestra compuesta se utilizó un N objetivo de 135 kg ha⁻¹ (N de nitratos, 0-60 cm + N de fertilizante) a partir del cual no se esperan respuestas en rendimiento al agregado de N (Melchiori et al., 2001). Y se la comparó con dos modelos de fertilización, **modelo 1** misma dosis de N para ambientes A, B y C donde el N disponible objetivo fue de 135 kg ha⁻¹, y un **modelo 2** donde se utilizó un N objetivo variable, 135 kg ha⁻¹ de N para el ambiente A, 120 kg ha⁻¹ para el ambiente B y 100 kg ha⁻¹ para el ambiente C. Las dosis variables se definieron acorde a diferentes expectativas de rendimiento (alta, media y baja), en función a los mapas de rendimiento del cultivo de maíz

y del conocimiento previo de los lotes. Por último, se realizó un análisis económico en función a los kg de urea utilizados en cada modelo.

Tabla 1. Ubicación geográfica de los sitios de experimentación.

Lotes	Ubicación	
	Latitud	Longitud
Lote 1	32°57'26,61"S	59°21'36,64"O
Lote 2	32°22'3,21"S	59°21'32,11"O
Lote 3	32°21'57,74"S	59°20'55,62"O
Lote 4	32°22'18,63"S	59°21'48,12"O
Lote 5	32°46'27,88"S	59°35'8,81"O
Lote 6	32°53'3,49"S	59°23'37,31"O
Lote 7	32°48'13,64"S	59°34'56,79"O

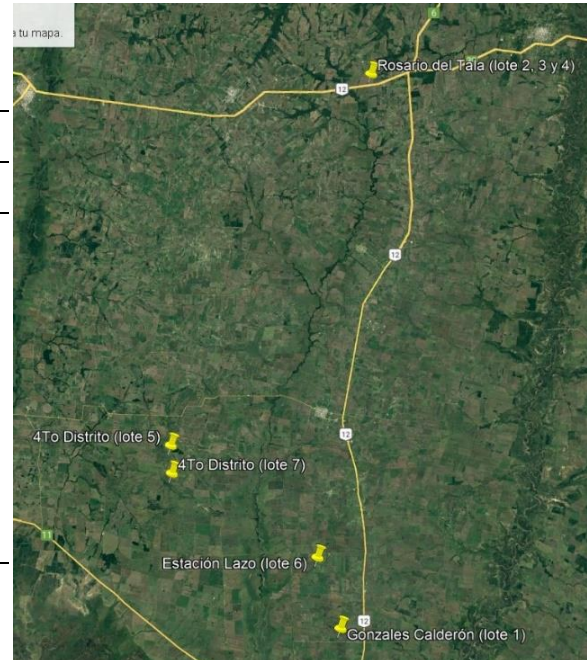


Figura 1. Ubicación de los lotes donde se realizaron los muestreos.

En la tabla 2 se representan las hectáreas totales muestreadas de cada ambiente y el rendimiento promedio de todos los lotes de maíz del ciclo agrícola 2022/23, a partir de los cuales se definieron los ambientes. Cuando analizamos las diferencias en rendimiento entre los ambientes C y A, puede determinarse que, a pesar de los bajos rendimientos, la brecha productiva fue del 74 %.

Tabla 2. Hectáreas totales y rendimientos promedios de maíz para cada ambiente.

Muestras	Hectáreas	Rendimiento promedio Tn ha ⁻¹
AMBIENTE A	79	3.0 ± 1.3
AMBIENTE B	136	2.3 ± 1.0
AMBIENTE C	154	1.7 ± 0.9
Total	368	2.2

* Tn: toneladas.

Las figuras 2 y 3 se muestran como ejemplo de lo que se realizó con el programa UrsulaGISv0.2.28 en cada lote, en la figura 2 se representa el mapa de cosecha ambientado en función al rendimiento del lote 1 y en la figura 3 se muestra el muestreo georreferenciado en función a los ambientes definidos .



Figura 2. Delimitación de ambientes de productividad diferente, en base a la clasificación de mapa de rendimiento del cultivo de maíz. (color azul ambiente A, blanco ambiente B y rosado ambiente C).



Figura 3. Esquema de muestreo por ambientes georreferenciado del lote 1 1.

Resultados

Como muestra la figura 4, no se ve un mismo patrón de disponibilidad de nitratos por ambiente y de las muestras compuestas en los diferentes lotes.

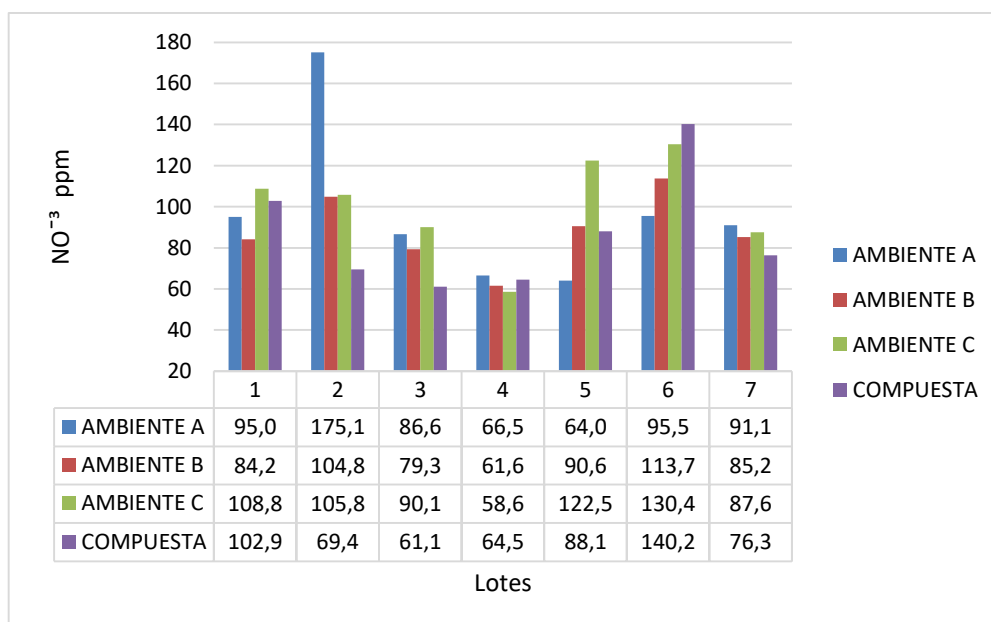


Figura 4. Niveles de nitratos (ppm) de 0-20 cm, medidos por lote para las muestras compuestas y para los ambientes de alta, media y baja productividad.

En la figura 5 se observan los valores promedio y desvíos estándar del contenido de nitratos disponible para los distintos ambientes y muestra compuesta de todos los lotes analizados. Puede observarse que, el resultado de la muestra compuesta, estaría subestimando los niveles de nitratos en el suelo con respecto a lo determinado en las muestras tomadas por ambiente. Las muestras de los ambientes A mostraron mayor desvío (± 37.1 ppm) en los niveles de nitratos que el resto de las muestras. Los niveles más altos de nitratos se encontraron en el ambiente C, seguidos por el ambiente A. Es importante remarcar las elevadas diferencias que se encontraron en los niveles de nitrato entre los lotes (figura 4), independientemente del ambiente, lo cual estaría marcando la importancia de realizar muestreos en todos los lotes. Por otro lado, en el presente ciclo agrícola resulta fundamental realizar un buen muestreo de suelo ya que, como se muestra en las figuras 4 y 5, los niveles de nitratos pueden ser elevados.

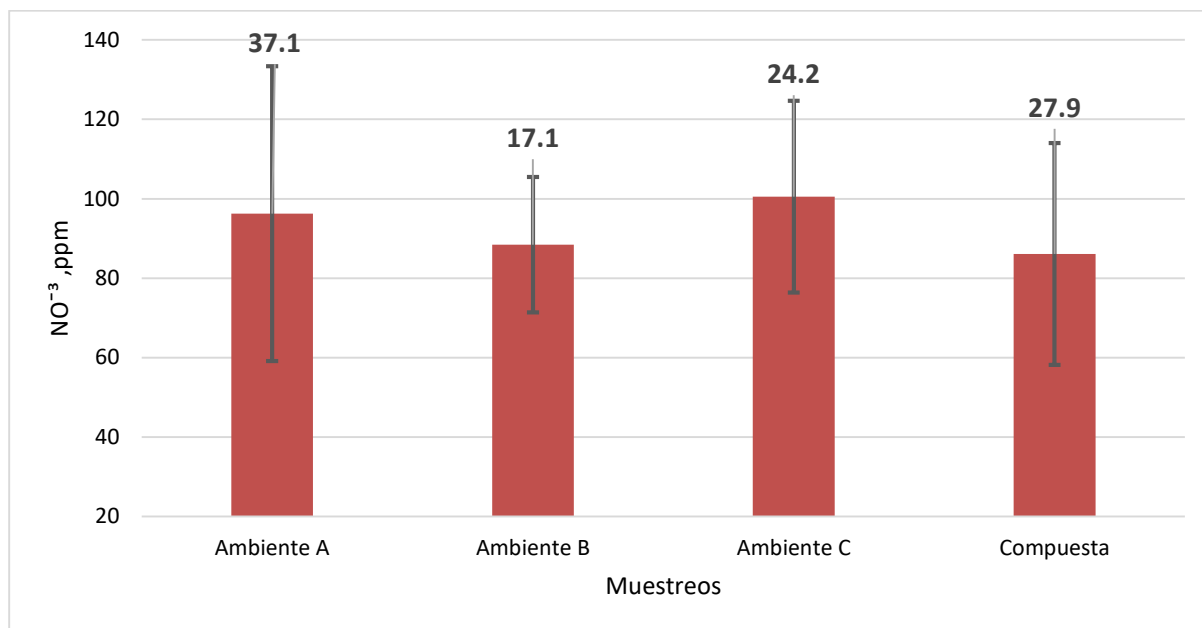


Figura 5. Nivel de nitratos promedio (ppm) de 0 a 20 cm y desvíos para todos los ambientes y muestra compuesta agrupados.

En el presente trabajo el muestreo ambientado en el **modelo 1** permite un ahorro de 10056 kg de urea (36039 kg - 25983 kg) (tabla 3) con respecto a la muestra compuesta. Lo que significa un costo menor de 17 U\$ ha⁻¹ (59 - 42 U\$ ha⁻¹). Cuando comparamos la muestra compuesta con el **modelo 2**, podemos observar que el ahorro en kg de urea es mayor, 21837 kg, (36039 kg - 14202 kg, tabla 3) lo que equivale a un costo menor de 36 U\$ ha⁻¹ (59 - 23 U\$ ha⁻¹). En ambos casos se paga el costo extra de realizar dos análisis más de suelo por lote, el cual tiene un costo de U\$10 por muestra, teniendo en cuenta que en el muestreo ambientado estaríamos haciendo 3 muestras cada 30 o 40 hectáreas y en la muestra compuesta solo una.

Tabla 3. Comparación en los kg usados y costos de urea, entre ambos modelos y la muestra compuesta.

Categorías	Muestra Compuesta	Modelo 1	Modelo 2
Urea a utilizar, kg	36039	25983	14202
Costo en fertilizante, U\$	21623	15590	8521
Costo de fertilizante, U\$ ha ⁻¹	59	42	23

***Muestra compuesta: N objetivo 135 kg ha⁻¹.**

***Modelo 1: N objetivo 135 kg ha⁻¹.**

***Modelo 2: N objetivo 135 kg ha⁻¹ para el ambiente A, N objetivo de 120 kg ha⁻¹ para ambiente B y N objetivo de 100 kg ha⁻¹ para el ambiente C. Precio de la urea tomado 600 U\$ Tn⁻¹.**

Consideraciones finales

Mediante un muestreo georreferenciado por ambiente se puede ajustar la fertilización nitrogenada, logrando reducir la cantidad de fertilizante a utilizar, como se muestra en el presente trabajo, lo cual implica un uso más racional, una disminución del impacto ambiental y un ahorro importante en el gasto por hectárea, lo cual excede ampliamente el mayor costo en los análisis de suelo.

Hoy contamos con múltiples herramientas de análisis para realizar este tipo de ambientaciones, a través de mapas de rendimientos o imágenes NDVI, entre otras.

Agradecimientos

Al Laboratorio Agronómico Gualeguay por facilitarnos los análisis realizados.

Para seguir leyendo...

GeoINTA. <http://www.geointa.inta.gob.ar/2014/04/22/cartas-de-suelos-de-entre-rios>

MELCHIORI R.J.M. y P. A. BARBAGELATA 2001. Diagnóstico de fertilización nitrogenada para trigo en el oeste de la provincia de Entre Ríos. Serie extensión. EEA Paraná, (22).

MELCHIORI R.J.M., ALBARENQUE S.M. y A.C. KEMERER. 2013. Uso, adopción y limitaciones de la agricultura de precisión en Argentina. Curso Int. Agric. Precisión, 2013. Vol 12, p 7.

UrsulaGISv0.2.28. www.ursulagis.com

Para mayor información: vaccaro.manuel@inta.gob.ar