



## LA PRECISIÓN EN GANADERÍA

**Gambaudo, S.<sup>1</sup>; Fontanetto, H.<sup>1</sup>; Campos, R.<sup>2</sup>; Mieres, L.<sup>2</sup>; Oprandi, G.<sup>3</sup>; Parodi, M.<sup>3</sup>; Rotela, F.<sup>3</sup>; Boretto, D.<sup>4</sup> y Boschetto, H.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>INTA EEA Rafaela. <sup>2</sup>INTA EEA Reconquista. <sup>3</sup>INTA AER Tostado.

<sup>4</sup>INTA AER General Cabrera. <sup>5</sup>Consultora Bosque Chico

### INTRODUCCIÓN

La adecuada caracterización de los ambientes en cada establecimiento y lote de producción, es la llave para interpretar el potencial productivo de los mismos. Con esto se asume que los lotes no son homogéneos y que presentan una variabilidad que puede ser natural o inducida por manejo. Por este motivo es necesario conocer exactamente las potencialidades y limitaciones de los mismos, para poder implementar un correcto manejo. El principal objetivo es obtener con mucho detalle los niveles de nutrientes en los distintos ambientes, ya que afectarán de diferente manera la nutrición de cada cultivo. Finalmente, esto permitirá evaluar el estado de situación nutricional y preparar un programa de fertilización y aplicación de enmiendas específico y variable según la demanda de cada uno de los cultivos y “manejar adecuadamente” la fertilidad del suelo (Matte, 2010).

La identificación de la variabilidad en los distintos ambientes se ha simplificado debido a la irrupción de los equipos electrónicos que permiten la captura de datos digitales. Pero también se debe tener en cuenta otras herramientas que ayudan para esa diferenciación como son: la imagen satelital, la fotografía aérea, la georeferenciación de la carta de suelo en escala 1:50.000 existente en gran parte de la región pampeana, los mapas topográficos que ayudan a explicar la disponibilidad de agua y los mapas de rendimientos de los cultivos.

El manejo del sitio específico se refiere a la aplicación de prácticas diferenciales en el área de interés de acuerdo a un conjunto de características particulares de cada sector. Una vez identificados los ambientes, es necesario realizar un muestreo de suelos dirigido en cada uno de ellos a los efectos de identificar las variables químicas, físicas y/o biológicas que permitirán generar de esta manera un preciso “mapa de ambientes” del campo.

En el centro-norte de la provincia de Santa Fe existen suelos de aptitud agropecuaria media a baja: “los suelos Clase IV, V y VI con limitaciones” (Giorgi et al, 2008), en donde es posible manejarlos con un uso pastoril o agrícola poco intensivo. Los niveles de producción de estos suelos son reducidos seriamente y la elección de cultivos está limitada, siendo necesario la intervención de conocimientos diversos para ordenar las actividades sobre estos recursos tan frágiles.

El drenaje restringido es un factor que frecuentemente contribuye a la salinización de estos suelos y que además puede estar asociado con una napa freática poco profunda o una baja permeabilidad del suelo. El movimiento ascendente de las aguas subterráneas debido a la evaporación superficial da origen a suelos salinos que pueden ir de unas cuantas hectáreas hasta cientos de kilómetros cuadrados (FAO, 1976, FAO 1990, Vázquez, 2005).

Estas áreas son clasificadas como ganaderas de pastoreo extensivo, sin embargo diversas condiciones favorecieron el uso con agricultura, en un comienzo en las lomas con calidad agrícola y luego en suelos asociados a medias lomas y bajos. Hoy se realiza agricultura y ganadería intensiva en lugares donde el manejo de los suelos exige la intervención de conocimientos diversos para ordenar las actividades sobre estos recursos tan frágiles (Mieres et al, 2010).

En ambientes como los mencionados, la variabilidad edáfica condiciona las técnicas de muestreo convencionales, la efectividad de los análisis de suelos y plantas, el diagnóstico y la recomendación. Lo mencionado anteriormente sugiere la conveniencia de caracterizar ambientes para ser eficiente en el uso de los recursos, manejo de la fertilidad de los suelos, enmiendas y fertilizantes (Gambaudo et al, 2010).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

En el presente trabajo se presentan tres experiencias realizadas en las localidades de Tacural (Dpto. Castellanos), Reconquista (Dpto. Reconquista) y Cuatro Bocas (Dpto. 9 de julio) de la Provincia de Santa Fe.

### ***Tacural:***

En la campaña 2007/08 se inició una experiencia en donde se inició un proceso de recuperación de la fertilidad del suelo basada en el diagnóstico por ambientes. Sobre un lote de 80 has correspondiente a un suelo Clase IV, el trabajo se inició con la interpretación de los datos existentes en el Mapa de Suelos de la Provincia de Santa Fe (INTA, 1991) y de los mapas de rendimiento de cuatro cultivos integrantes de la rotación realizados con anterioridad. A continuación se realizó el mapa de conductividad eléctrica aparente (ECa) del suelo (0-30 cm) obtenido con una sonda Veris 3100. Luego, se determinaron 3 ambientes en los cuales se realizaron muestreos de suelo georreferenciados (0-20 cm) en dos sitios (a y b) en cada uno de los ambientes delimitados. Se evaluaron los siguientes parámetros químicos: materia orgánica (MO), nitrógeno orgánico total (Nt) fósforo extraíble (P), pH, capacidad de intercambio (CIC), cationes intercambiables: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K) e Hidrógeno de intercambio (H).

### ***Reconquista:***

Se trabajó sobre el lote 7 del campo perteneciente a la Estación Experimental Agropecuaria Reconquista del INTA, donde la secuencia de cultivos implantados fueron: trigo, girasol, soja, sorgo forrajero y melilotus. En junio de 2010, luego de la cosecha de soja, se realizó el mapeo de conductividad de suelo y los ambientes delimitados permitió visualizar zonas de comportamiento similar dentro del lote, las que se asociaron estrechamente con las condiciones de cultivo y barbecho del año 2008 (luego del pastoreo en franjas del sorgo granífero y del melilotus). Se determinaron seis sitios de muestreo.

### ***Cuatro Bocas:***

El establecimiento elegido se dedica a la producción lechera y los suelos pertenecen a una asociación del subgrupo Hapludol típico (60%) y Hapludol éntico (40%). En el mismo se trabajó sobre 4 potreros (sobre una superficie de 81 ha), en los cuales se inició el trabajo de diagnóstico y recuperación de la fertilidad del suelo a través de la determinación de ambientes. La metodología utilizada fue similar a la descrita en los otros dos trabajos precedentes. Los lotes nº 1 y 2 tenían sembrado alfalfa, el nº 3 soja para pastoreo y el nº 4 estaba en barbecho como "potrero duro" y se determinaron ocho sitios de muestreo de suelos georeferenciados.

## **RESULTADOS**

### ***Tacural:***

Con la información generada con la sonda Veris 3100 se determinaron tres ambientes que se detallan en la Figura 1.

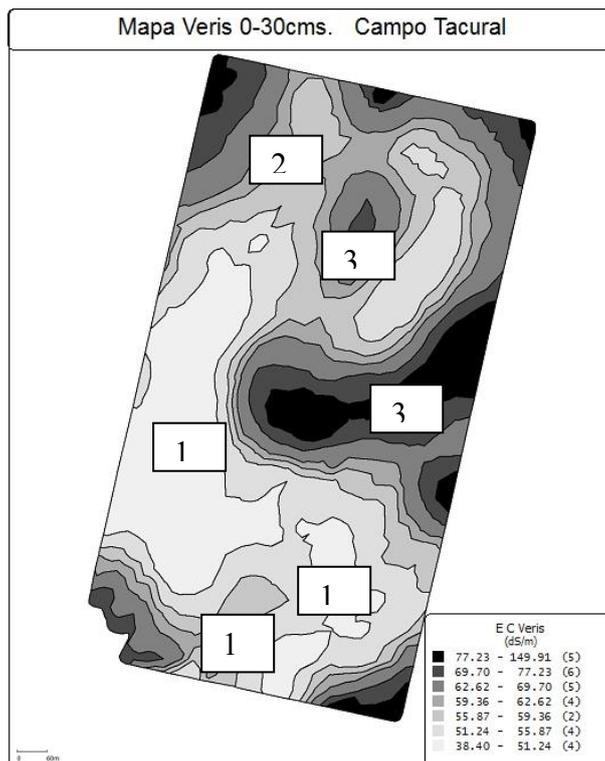


Figura 1. Mapa del Lote Tacural con 3 ambientes: 1 sector bueno; 2 sector intermedio y 3 sector malo con 2 sitios de muestreo de suelo por ambiente

Los resultados obtenidos, mostraron que la delimitación de ambientes efectuada fue correcta y se reflejó claramente en los valores de los parámetros químicos analizados. Los niveles de MO, Nt, P, Ca y CIC, disminuyeron progresivamente del ambiente 1 hacia el 3, mostrando la mayor fertilidad química del primero. Los valores de MO fueron bajos en los ambientes 1 y 2 y muy bajos en el 3, al igual que los de Nt y P extractable. Los niveles de Mg y de K fueron normales para todos los ambientes y los de Ca también para los ambientes 1 y 2, pero bajos en el 3. Asimismo, los valores de N aumentaron del ambiente 1 al 3, corroborando sus condiciones químicas menos favorables (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros químicos del suelo (promedio) en los tres ambientes delimitados. (0-20 cm). Lote Tacural.

Ambientes	M. O.	Nt	Fósforo (P, Bray I)	pH	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	CIC
	%		(ppm)	----- meq/100 g -----						
1- bueno	2.46	0.128	30.5	6.0	1.45	8.75	0.25	1.30	8.65	20.4
2-intermedio	2.23	0.110	16.3	6.1	1.35	7.20	0.60	1.05	10.15	20.4
3-malo	1.605	0.083	13.8	7.4	1.75	6.30	2.80	1.20	6.55	18.6

Considerando a la CIC, la calidad de los ambientes disminuyó desde el 1 al 3 y en general, todos los sitios mostraron muy bajas concentraciones de Ca en relación a la CIC, con los menores registros en el ambiente 3. Esta situación limitaría seriamente la producción de los cultivos por una deficiencia de Ca en el complejo de intercambio, de acuerdo a lo informado por Fontanetto y col. (2007), quien establece como satisfactorios niveles de saturación del 75% para este catión.

Los valores de K y de Mg fueron superiores a los normales. En cuanto al contenido de Na intercambiable, el ambiente 3 presentó los mayores valores,

ubicándolo dentro de suelos denominados salino-sódicos, surgiendo la necesidad de utilizar una enmienda (yeso agrícola) para aumentar la concentración de Ca en el suelo. Las dosis de yeso calculadas resultaron altas, y teniendo en cuenta la capacidad buffer de los suelos, se utilizó el criterio de alcanzarlas en el transcurso de 6 años, generando cambios en forma gradual. Las dosis anuales a aplicar fueron para el *ambiente 1*: 200 kg/ha de yeso agrícola (40 kg/ha de Ca + 36 kg/ha de S); en el *ambiente 2*: 500 kg/ha (100 kg/ha de Ca + 90 kg/ha de S) y en el *ambiente 3*: 800 kg/ha (160 kg/ha de Ca + 144 kg/ha de S). Las aplicaciones se realizaron con una fertilizadora FERTEC con distribuidor de doble hélice y con dosificador variable en tiempo real D&E.

En junio de 2010 se tomaron muestras de suelo en los lugares determinados al comienzo de la experiencia, en las cuales se volvieron a analizar las propiedades químicas. En la tabla 2 se presentan los valores de M.O.; pH y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del comienzo y luego de dos años de recuperación.

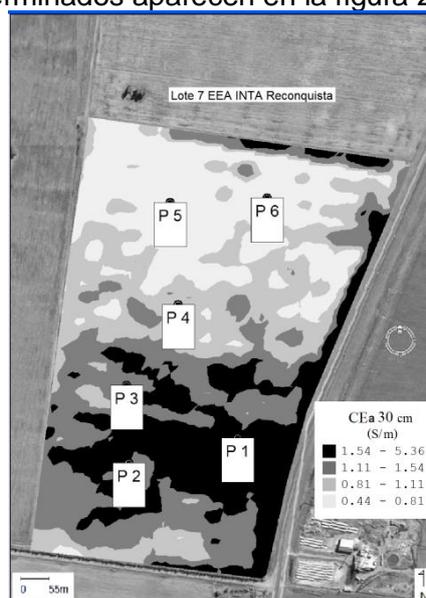
**Tabla 2. Evolución de las propiedades químicas del suelo. Lote Tacural**

	<b>Mat. Orgánica (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Sodio intercambiable (%)</b>
<b>2008</b>			
<b>Sector bueno</b>	2,46	6,0	1,3
<b>Sector intermedio</b>	2,23	6,1	3,0
<b>Sector malo</b>	1,57 – 1,64	7,3 – 7,5	14,3 – 15,8
<b>2010</b>			
<b>Sector bueno</b>	2,14	5,9	3,0
<b>Sector intermedio</b>	1,9	5,8	5,0
<b>Sector malo</b>	1,64 – 1,90	6,2 – 6,8	3,0 – 7,0

Es posible observar que el contenido de sodio en el sector denominado malo disminuyó considerablemente y también se registró una menor alcalinidad y un aumento del contenido de la materia orgánica. Estos aspectos que indican una mejora de la fertilidad del suelo, provocaron mejoras en los rendimientos de los cultivos que se realizaron y que fue posible de observar en los mapas de rendimiento.

### **Reconquista:**

Los ambientes determinados aparecen en la figura 2



**Figura 2. Mapa de ambientes lote 7 EEA Reconquista con los sitios demuestro del suelo.**

Al interpretar los resultados de la fertilidad química del lote fue posible determinar dos ambientes en función del contenido de P disponible (tabla 3)

**Tabla 3. Parámetros químicos del suelo en los dos ambientes delimitados.  
Lote 7 EEA Reconquista. (0-20 cm).**

Sitio muestreo	M.O. (%)	P (ppm)	CIC (meq/100)	Ca (meq/100)	N-NO <sub>3</sub> (ppm)	S-SO <sub>4</sub> (ppm)
<b>Fertilidad baja</b>						
3	1,64	11,4	10,3	5,6 (54%)	2,0	8,0
4	1,75	13,7	9,4	4,5 (48%)	1,7	7,4
6	1,94	13,9	11,3	6,8 (61%)	1,5	7,3
<b>Fertilidad muy baja</b>						
1	2,29	6	11,9	7,7 (65%)	3,2	7,9
2	1,69	5	10,3	5,7 (56%)	2,5	8,6
5	1,96	9,4	10,3	5,6 (55%)	2,0	7,5

Es posible observar que se trata de un lote con muy bajo contenido de M.O. lo que determina también una muy baja fertilidad actual (N-NO<sub>3</sub> y S-SO<sub>4</sub>) y la necesidad de aplicar fertilizante. También determina que la CIC presente valores bajos y entre los cationes intercambiables el Ca apareció con niveles de saturación inferiores al 65%.

Los niveles de P disponible observados permitieron establecer dos ambientes tomando al valor 10 como límite entre ambos. A partir de ello se propone el siguiente manejo:

- Utilización de sistema de siembra directa para todos los cultivos a implantar.
- Mayor presencia de gramíneas en la rotación
- Uso de cultivos de cobertura
- Aplicación de 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/cultivo a implantar en el ambiente de *fertilidad baja*
- Aplicación de 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/cultivo a implantar en el ambiente de *fertilidad muy baja*
- Aplicación de 30-50 kg de N/ha según cultivo a implantar
- Aplicación de 300 kg/ha/año de yeso a los efectos de cubrir las necesidades de S y elevar el contenido de Ca en el complejo de intercambio

#### **Cuatro Bocas:**

Los ambientes determinados son los que aparecen en la figura 3.



**Figura 3. Mapa de ambientes campo Cuatro Bocas con los sitios de muestreo del suelo.**

A través de los muestreos de suelo realizados y teniendo en cuenta los ambientes determinados se pudieron determinar tres situaciones que presentaron las siguientes características químicas (Tabla 4):

**Tabla 4: Parámetros químicos del suelo en los tres ambientes delimitados. Lote Cuatro Bocas. (0-20 cm).**

Ambiente	M.O.(%)	P(ppm)	C.E. (mmho/cm)	pH	CIC (meq/100)	Ca (meq/100)	Na (meq/100)
<b>Mejor</b>							
Punto 1	3	77	0,6	6,1	15,9	9 (56%)	0,4 (2%)
Punto 3	3,6	72	1,2	6,0	17,4	10 (56%)	0,4 (2%)
Punto 7	3	95	1,0	6,5	14,4	9 (56%)	0,4 (2%)
<b>Intermedio</b>							
Punto 6	2,5	96	5,3	6,4	19,8	12 (59%)	1,2 (6%)
Punto 8	2,7	87	6,5	6,1	20,8	12 (59%)	1,1 (%)
<b>Peor</b>							
Punto 2	2,08	108	21,8	5,8	34,3	18 (51%)	8 (22%)
Punto 4	2,8	127	38,7	7,3	42,7	27 (62%)	8 (19%)
Punto 5	2,5	96	16,8	5,8	33,9	21 (61%)	4 (11%)

Los lotes presentaron contenidos de M.O de buenos a muy buenos, con valores de P disponibles muy altos. Las diferencias entre los ambientes se deben a la diferente producción que tuvieron a través de los años (valores menores en los ambientes más productivos).

Las mayores diferencias se observaron en la CIC (mayor contenido de arcilla debido al desmonte y a la presencia de hormigueros). La C.E. y el Na presente en el complejo de cambio se encuentran en valores elevados, dentro de rangos donde el normal desempeño de los cultivos se ve afectado y mostraron el mayor contraste entre muestras, coincidiendo con los ambientes homogéneos definidos en el mapa CEa

En función de ello se propuso un programa de recuperación que consiste en:

**Ambiente peor:** - aplicación de enmienda (1.000 kg de yeso/ha/año)  
- limpieza de alcantarillas (para favorecer regulación altura de napa)  
- implantación especies adaptadas (megatérmicas)  
- cobertura de suelo (manejo adecuado de los rastrojos, evitar sobrepastoreo)

**Ambiente intermedio:** - aplicación de enmienda (300 kg de yeso/ha/año)  
- cobertura de suelo (manejo adecuado de los rastrojos, evitar sobrepastoreo)

**Ambiente mejor:** - aplicación de enmienda (150 kg de yeso/ha/año),  
reposición de azufre y calcio

## CONSIDERACIONES FINALES

Los suelos del centro-norte de la provincia de Santa Fe presentan una aptitud agropecuaria media a baja donde es posible realizar un uso pastoril o agrícola poco intensivo. Los niveles de producción y la elección de cultivos está limitada, siendo necesario la intervención de conocimientos diversos para ordenar las actividades sobre estos recursos tan frágiles.

Las tecnologías disponibles para la agricultura de precisión pueden ser utilizadas perfectamente en los planteos ganaderos. El diagnóstico por ambientes y la fertilización o aplicación variable de enmiendas constituyen herramientas muy valiosas para el profesional y el productor en el momento de solucionar la oferta forrajera.

## REFERENCIAS

- FAO. 1976. Soil management and agronomic practices. In: Prognosis of Salinity and Alkalinity. Soils Bulletin 31: 111-118. FAO, Rome.
- FAO. 1990. Manejo de suelos en Regiones Semiáridas. Ed. Casas Roberto y Glave Adolfo. Red de Cooperación técnica en uso de Recursos Naturales en la Región Chaqueña Semiárida. Argentina – Bolivia.
- Fontanetto, H. ; S. Gambaudo y O. Keller. 2011. Las mejores prácticas de manejo para los cultivos y sistemas de producción. Avances en la fertilización con Calcio, Magnesio y Potasio en Argentina. IPNI Cono Sur-Fertilizar Asociación Civil. Simposio Fertilidad 2011. La Nutrición de Cultivos Integrada al Sistema de Producción: 116-120.
- Gambaudo, S.; Fontanetto, H.; Sosa, N.; Becaría, G.; Albrecht, J.; Boschetto, H y Meroi, G. Aplicación de enmiendas de suelo por ambientes. Criterios a tener en cuenta para el cálculo de la dosis variable. 10<sup>mo</sup> Curso Internacional de Agricultura de Precisión y 2da Exposición de Máquinas Precisas. Ediciones INTA. EEA Manfredi, 14 al 16 de julio 2010. Pp 163-168.
- Giorgi, R.; Tosolini, R., Sapino, V.; León, C. y Chiavassa, A. 2008. Zonificación agroeconómica de la provincia de Santa Fe. INTA EEA Rafaela. Publicación Miscelánea Nº 110. 35p.
- Matte, F. 2010. Análisis y diagnóstico nutricional al suelo (ADN-SUELO), nueva estrategia de manejo nutricional. 9no Curso Internacional de Agricultura de Precisión. Pp: 155-161.
- Mieres, L.; Campos, R.; Ocampo, G.; Rotella, F.; Gambaudo, S.; Fontanetto, H.; Sosa, N.; Melchiori, R.; Kemerer, A. y Albarenque, S. 2010. Agricultura de precisión en el norte santafecino. Informe anual de actividades . INTA EEA Reconquista. 11p.
- Vázquez, M. 2005. Calcio y magnesio, acidez y alcalinidad del suelo. En: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos, Ediciones INTA - Capítulo 8: 161-185.