

# MIRANDO AL SUELO CON OJOS DE PRECISIÓN

Autores: Falcón, Elías Simón. Fernandez Artola, Luis G. Formini Hodoreski, Braian. Mandril, Kevin Nicolás. Quiroz Antinori, Segundo. Vilchez, Leonardo. Correa, Natalia.

## Resumen

Nuestra zona pertenece a la región pampeana comprendida dentro de un área de clima templado húmedo en el cual existen procesos como sequía e inundación que se manifiestan como fenómenos cíclicos, afectando los rendimientos tanto de campos agrícolas como de pasturas.

La información que proporcionan las distintas herramientas de la Agricultura de Precisión permite estimar, evaluar y entender las variaciones que se registran. Entre otros beneficios se encuentra el ahorro de insumos en zonas donde la productividad está limitada por factores permanentes como suelos salinos o degradados por erosión, y potenciar aquellas donde la productividad es mayor, con el incremento del uso de fertilizantes o mayor densidad de semillas: “manejar por ambientes cultivos e insumos”.

Este trabajo tiene como objetivo reconocer en la agricultura de precisión una herramienta práctica (análisis de suelo, uso de GPS, análisis de registros y regímenes pluviométricos, imágenes satelitales, mapas de nutrientes, etc.) que colabore en la producción y toma de decisiones de manejo que impacten en forma sustentable, con beneficio económico, social y ambiental.

## Palabras claves

**Agricultura de Precisión –Información – Sustentabilidad**

## Pregunta

¿Los procesos o fenómenos climáticos que han sucedido en los últimos años en nuestra zona pueden modificar la productividad de algunos lotes o ambientes?

## Introducción

La Región Pampeana se encuentra comprendida dentro de un área de clima templado húmedo sin cobertura de nieve en invierno. Este clima determina una buena provisión de agua de lluvia y un régimen térmico moderado, permitiendo la agricultura sin riego y la ganadería a campo.

No todos los años se presenta de manera ideal, existen fenómenos como sequía e inundación como eventos cíclicos en la zona sur de Córdoba afectando los rendimientos tanto de campos agrícolas como de pasturas disminuyendo de manera directa los rendimientos de los mismos y en consecuencia afectando la economía de la región. *La sequía que se registra en buena parte de la región pampeana implicará importantes pérdidas económicas globales, a la vez que una gran heterogeneidad de resultados a nivel de empresas agropecuarias*, según Lema et al, 2018,

La Agricultura de Precisión con la información que puede proporcionar pasa a ser una herramienta fundamental ya que permite estimar, evaluar y entender las variaciones que se registran. Entre los beneficios además, permite ahorrar insumos en zonas donde la productividad está limitada por factores permanentes, como suelos salinos o degradados por erosión, y potenciar aquellas donde la productividad es mayor, con el incremento del uso de fertilizantes o mayor densidad de semillas: “manejar por ambientes cultivos e insumos”.

Este trabajo tiene como objetivos:

- ✓ Entender a la Agricultura de Precisión como una herramienta fundamental en la toma de decisiones de los distintos actores de la cadena primaria de producción.
- ✓ Interpretar los datos obtenidos de cada una de las herramientas de la Agricultura de Precisión.
- ✓ Realizar un correcto diagnóstico de la situación que presenta el área en estudio con los datos obtenidos para una adecuada toma de decisiones.

### **Hipótesis**

Los datos que brinda la agricultura de precisión ayudan en la toma de decisiones por parte de distintos agentes involucrados en la producción agropecuaria, ante eventos climáticos que se presentan de manera cíclica.

### **Materiales y Métodos**

El presente trabajo es una continuación de un proyecto institucional iniciado en el año 2014 para dar respuesta a la voladura de suelos, problemática que sufría la región por la falta de correctas rotaciones y la no incorporación de un cultivo de cobertura luego de la cosecha de maní.

La toma de muestra para el análisis de suelo fue realizado en lotes de dos establecimientos de productores agropecuarios: Don Pedro y Don Lorenzo. Se reconocen en los mismos dos ambientes: Loma y Bajo.

Etapas del muestreo de suelo: EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO A CAMPO. RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO. ANÁLISIS QUÍMICOS EN EL LABORATORIO

#### 1- Extracción de muestras en lotes seleccionados.

Se realizó el traslado a cada uno de los establecimientos en la unidad de transporte escolar con las herramientas necesarias: barreno, GPS, martillo, bolsas, rótulos, cinta métrica.

Con el uso del GPS (Sistema de Posicionamiento Global), se geoposicionaron los puntos geomorfológicamente representativos de cada lote: bajo y loma. Éstos se seleccionaron para extraer información trabajando por ambientes.

En cada punto se eligieron cinco posicionamientos más en un diámetro de 25 metros. Las muestras fueron tomadas de 0 a 20 centímetros de profundidad (horizonte A). Se depositaron en dos bolsas rotuladas (loma y bajo) en función de la variabilidad del suelo.

#### 2- Recepción en el laboratorio.

Al momento de recepción en el laboratorio las muestras se guardaron en la heladera. Posteriormente al homogeneizarlas, se extrajo una alícuota para ser secada en la estufa de aire forzado a una temperatura inferior a 45° C, ya que a mayor temperatura la materia orgánica se destruye. Se fue removiendo la muestra para lograr rápidamente la pérdida de humedad.

#### 3- Análisis.

Materia orgánica: está compuesta por vegetales, animales, microorganismos y sus restos. La materia resultante de su degradación conforma la materia orgánica. Normalmente representa del 1 al 6% en peso.

-Técnica.

Se utilizó el Método de Walkley & Black. La determinación consiste en la oxidación del carbono orgánico contenido en el suelo (1 gramo), con un exceso de dicromato de potasio en medio fuertemente ácido, sin aplicación externa de calor (combustión húmeda) y valorando al exceso de dicromato con una sal de hierro.

-Materiales necesarios:

- Erlenmeyers de 500 ml
- Ácido Sulfúrico concentrado (98%)
- Ácido Orto-fosfórico (85 %)
- Solución de Dicromato de potasio 0,5 Normal
- Solución de Ferroso Amonio Sulfato 0,5 Normal
- Agua destilada.

V1: Volumen del dicromato de potasio

N1: Normalidad del dicromato de potasio

V2: Volumen de Ferroso Amonio Sulfato

N2: Normalidad de Ferroso Amonio Sulfato

pH: es una medida que refleja, en forma aproximada, la actividad de los iones hidrógeno (H<sup>+</sup>) de la solución del suelo (factor intensidad), los que tienen un efecto marcado sobre la fertilidad del mismo (disponibilidad de nutrientes).

-Técnica.

Se utilizó el Método Potenciométrico, con suelo en solución 1: 2,5: Se pesan 40 gramos de suelo y se le agregan 100 mililitros de agua destilada, dejando 30 minutos y luego leyendo el valor de pH en el sobrenadante.

-Materiales necesarios:

- Peachímetro digital
- Soluciones buffer o tampón pH 4 y 7
- Agua destilada.
- Vasos de precipitado de 100 ml.
- Balanza o cucharas dosificadoras
- Erlenmeyers de 250 ml

Conductividad eléctrica: Da información del tipo de suelo referido a su salinidad (no salino o salino). Depende de la presencia de sales (sodio, potasio, calcio, magnesio).

-Técnica. La medida de la conductividad se obtiene aplicando un voltaje entre dos electrodos y midiendo la resistencia de la solución. Las soluciones con conductividad alta producen corrientes más altas. Se utiliza un electrodo que contiene dentro de su celda dos electrodos de platino, distanciados exactamente a 1 cm. entre ellos, además el sensor de temperatura, pues el equipo compensa la lectura automáticamente.

El valor de conductividad se obtiene del mismo sobrenadante obtenido en la determinación de pH.

-Materiales necesarios:

- Conductímetro digital
- Solución para calibrar el conductímetro de 12,88 mS/cm
- Agua destilada
- Vasos de precipitado de 100 ml.

Cuadro comparativo: Resultado análisis de suelo desde el año 2014 al 2018

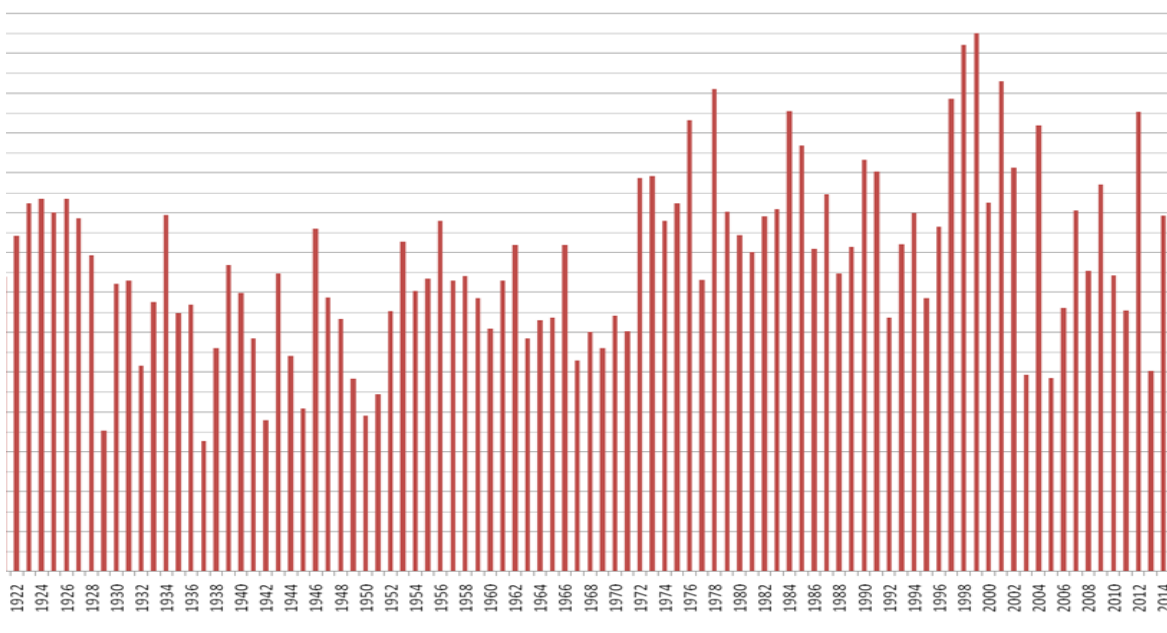
Año	Variables	Establecimiento Don Pedro		Establecimiento Don Lorenzo	
<b>Sequia : erosión eólica</b>					
<b>2014</b>		<b>Loma</b>	<b>Bajo</b>	<b>Loma</b>	<b>Bajo</b>
	% Materia Orgánica	0,55	0,85	0,85	0,65
	pH	6,08	6,56	6,38	7,08
	Conductividad	0,05	0,06	0,04	0,04
<b>2015</b>					
	% Materia Orgánica				
	pH				
	Conductividad				
<b>2016</b>					
	% Materia Orgánica				
	pH				
	Conductividad				
<b>Inundación</b>					
<b>2017</b>					
	% Materia Orgánica	0,85	0,65	0,80	0,55
	pH	6,31	9,85	6,65	7,08
	Conductividad	0,04	0,59	0,05	0,11
<b>2018</b>					
	% Materia Orgánica	1,02	0,98	0,98	0,98
	pH	6,70	7,15	6,52	7,35
	Conductividad	0,02	0,18	0,01	0,02

## Cuadro de Rotaciones

Establecimientos	DON PEDRO	DON LORENZO
Determinaciones		
Historia del lote	<p><b>2008/09</b> soja (3.138 kg/ha)  <b>2009/10</b> soja (1.504 kg/ha)  <b>2010/11</b> soja (3.340 kg/ha)  <b>2011/12</b> maíz (5.920 kg/ha)  <b>2012/13</b> soja (bajo sur: 1.800 kg/ha – loma: 2.400 kg/ha)  <b>2013/14</b> sorgo graníf. (2.643 kg/ha) (granizo)  <b>2014/15</b> soja (1.988 kg/ha) (granizo)  <b>2015/16</b> Soja (3.455 kg/ha)  <b>2016/17</b> Maíz (7.940 kg/ha)  <b>2017/18</b> Soja: 2.231 kg/ha – verdeo de invierno</p>	<p><b>2008/09</b> maní (3.100 kg/ha)  <b>2009/10</b> maíz (11.500 kg/ha)  <b>2010/11</b> soja (3.800 kg/ha)  <b>2011/12</b> soja (4.500 kg/ha)  <b>2012/13</b> maíz (7.500 kg/ha)  <b>2013/14</b> maní (2.700 kg/ha) (piedra)  <b>2014/15</b> (se voló el campo y por sequía no se sembró)  <b>2015</b> trigo (para recuperación de suelo, siembra al voleo)  <b>2015/16</b> Maíz (8.750 kg/ha)  <b>2016/17</b> Soja (3.125 kg/ha)  <b>2017/18</b> Maíz</p>

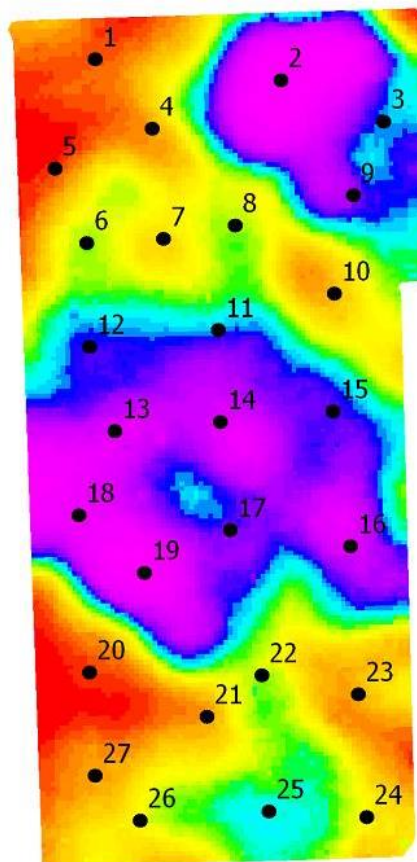
Datos proporcionados por la Estación Meteorológica del IPEAyM N° 221 “San Carlos”

### ESTADÍSTICA DE PRECIPITACIONES



Datos proporcionados por el productor agropecuario:  
Establecimiento Don Pedro

Punto de muestreo dirigido de suelo



Cuadro indicativo de los valores hallados en cada uno de los puntos muestreados.

ID de característica	MO del suelo (%)	P1 del suelo (ppm)	Soil pH ((1))	Nitrato del suelo (ppm)	S del suelo (ppm)	Salas sol. del suelo (mS/cm)
1	1.850	14.90	6.360	59.45	9.860	0.149
2	0.980	45.73	9.230	200.00	118.66	1.884
3	1.960	16.86	7.760	122.73	14.44	0.284
4	1.790	17.15	6.170	77.28	9.020	0.126
5	2.020	18.70	6.390	56.19	9.660	0.117
6	2.310	21.93	6.290	90.63	11.21	0.129
7	2.100	11.84	6.310	66.13	8.570	0.128
8	2.800	23.99	6.200	87.33	13.90	0.146
9	1.840	12.70	6.920	79.59	10.57	0.174
10	1.860	19.70	6.290	92.33	8.870	0.135
11	2.760	23.27	6.220	92.71	9.490	0.157
12	2.340	18.12	6.060	139.35	14.62	0.183
13	2.250	16.66	5.950	200.00	13.14	0.345
14	2.560	22.26	5.960	200.00	15.16	0.258
15	2.540	40.65	6.150	200.00	6.260	0.345
16	2.200	20.48	6.600	200.00	77.62	0.789
17	2.810	27.88	6.320	165.52	12.92	0.290
18	1.860	22.80	8.530	200.00	55.91	0.776
19	2.510	11.52	6.550	200.00	35.59	0.596
20	2.240	23.29	6.220	126.98	11.47	0.184
21	2.070	26.36	6.230	119.57	5.320	0.162
22	1.900	21.29	6.020	200.00	10.66	0.247
23	1.830	24.42	6.250	89.46	16.64	0.139
24	2.500	21.68	6.130	155.13	5.640	0.198
25	2.300	24.48	6.260	112.60	4.340	0.170
26	2.360	25.33	6.540	85.81	16.74	0.155
27	2.270	19.29	6.230	126.12	16.45	0.138

Mapas de Materia Orgánica,  
Nitratos, Fósforo, pH,  
Conductividad y Azufre.

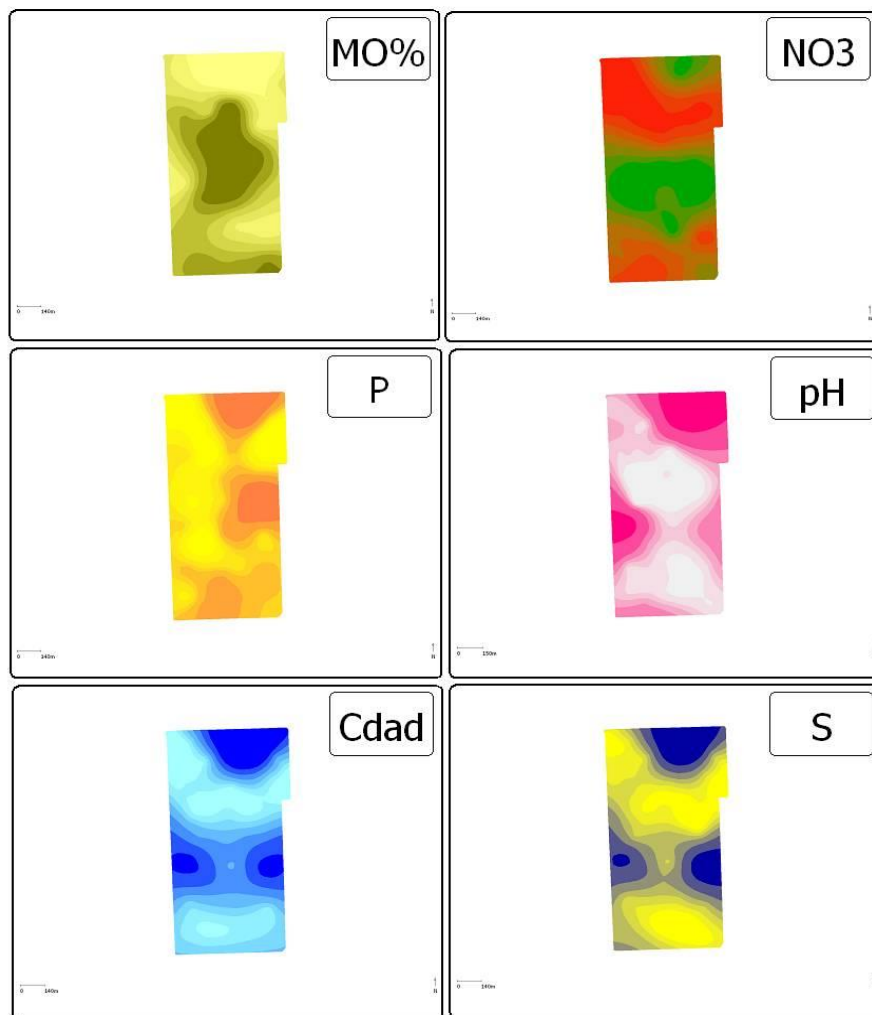


Imagen satelital correspondiente al día 12/10/2014

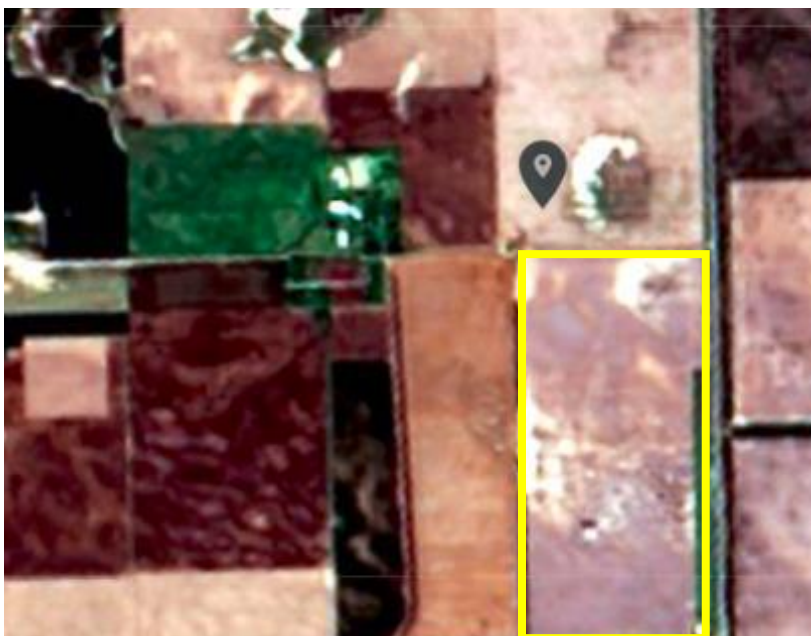


Imagen satelital correspondiente al día 15/10/2015

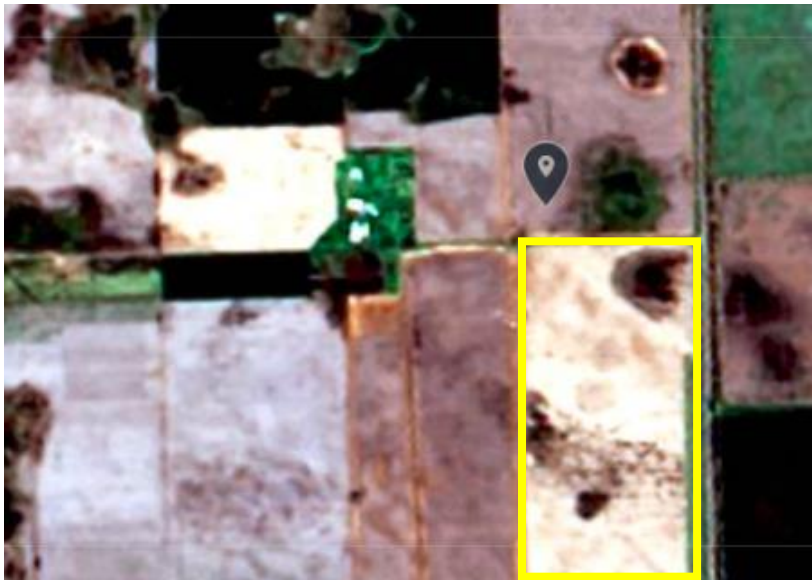


Imagen satelital correspondiente al día 02/11/2016

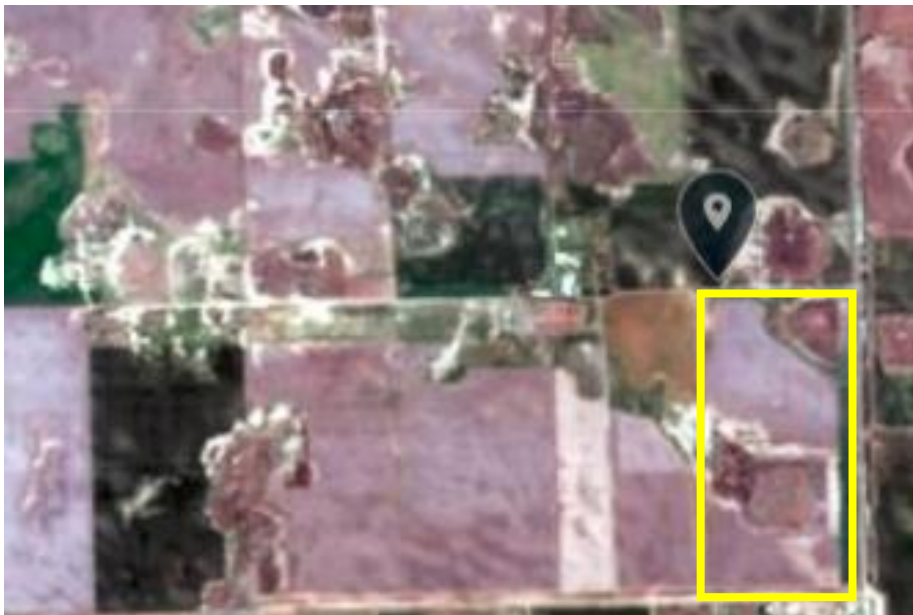




Imagen satelital correspondiente al día 02/10/2017



Imagen satelital correspondiente al día 02/10/2018



Puntos geoposicionados en el BAJO del lote: Establecimiento "Don Lorenzo"



Puntos geoposicionados en la LOMA y el BAJO del lote: Establecimiento "Don Pedro"



## **Resultados y Discusión**

Partiendo de los datos obtenidos en los años trabajados (2014 al 2018) en lotes de los establecimientos Don Pedro y Don Lorenzo, y usando al análisis de suelo como herramienta que forma parte de la agricultura de precisión, tomamos a la materia orgánica como indicador de procesos de degradación del suelo. De tal análisis inferimos que su contenido y la evolución en dichos lotes no marcan notables diferencias, se haya incluido o no el maní en la rotación de cultivos.

Profundizando el análisis en el establecimiento Don Pedro, ya que contamos con información brindada por el productor debido a la incorporación y uso de otras herramientas de la agricultura de precisión (imágenes satelitales, mapas de nutrientes, entre otros) y tomando la rotación de cultivos como base para un buen manejo del lote, podemos observar una evolución favorable en el contenido de la materia orgánica.

También se puede evidenciar en el año 2017, en dicho establecimiento, después de un proceso de inundación, el BAJO registra una merma en el contenido de materia orgánica y un aumento notable en los registros de pH y conductividad eléctrica, pudiéndose explicar los mismos por el ascenso de las napas freáticas provocando la concentración de sales en los niveles superiores del perfil del suelo.

Otro análisis de las diferentes imágenes satelitales obtenidas del establecimiento Don Pedro a través de los años, es la disminución paulatina de la superficie efectiva de trabajo, ya sea en años donde el agua ocupó estos espacios como cuando se retiró, debido al gran ascenso de sales que se produjo y en consecuencia a la incapacidad de adaptación de los cultivos agrícolas típicos al nuevo ambiente.

Otro ejemplo de la aplicación de las herramientas de la Agricultura de Precisión es la de permitir realizar una fertilización variable dentro del lote a partir de la observación y análisis de las imágenes elaboradas con los datos obtenidos en el análisis de suelo. A diferencia de la fertilización uniforme que se hacía anteriormente con una dosis única en toda la superficie del lote. Este nuevo manejo permite reducir los insumos y evitar, por ejemplo, la acumulación de nutrientes como el fósforo en las zonas de menor potencial y que el cultivo no lo aprovecha.

## **Conclusión**

El maní no es el responsable de la degradación de los suelos, en tanto sea incluido y manejado de manera correcta en la rotación de cultivos. Esta conclusión se desprende de la comparación de los valores de materia orgánica de los lotes del Establecimiento “Don Pedro”, sin maní en su rotación, con el Establecimiento “Don Lorenzo” con maní incluido.

Las herramientas de la agricultura de precisión nos permiten visibilizar la variabilidad ambiental que existe dentro de los lotes y poder actuar sobre la potencialidad que los diferentes ambientes poseen, como así también permitir un seguimiento más efectivo de su evolución a través del tiempo.

## **Agradecimientos**

- Al colegio por facilitarnos la movilidad para la obtención de las muestras a campo y a los docentes que nos acompañaron, como así también por permitirnos trabajar en el laboratorio de análisis de suelo y agua para la obtención de los datos de las muestras.
- A los productores agropecuarios que nos abrieron las puertas de sus establecimientos y por las charlas explicativas que nos brindaron.

## **Bibliografía**

- Lema Daniel y otros .Marzo 2018. Impacto de la sequía sobre los márgenes brutos esperados de soja y maíz en la región pampeana: ¿En qué situación los aumentos de precios compensarían las pérdidas de rendimientos?
- [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_cicpes\\_instdeconomia\\_lemma\\_impacto\\_sequia\\_margenes\\_brutos\\_0.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_cicpes_instdeconomia_lemma_impacto_sequia_margenes_brutos_0.pdf)
- Diego J. Santos, Marcelo G. Wilson, Miriam M. Ostinelli. Metodología de muestreo de suelo y ensayos a campo. Protocolos básicos comunes.