



**Escuela de educación secundaria de modalidad técnico  
profesional N° 8.183 “Centro Agrotécnico Regional”**  
Ruta Nac. 33 km. 637. (2600) Venado Tuerto - Santa Fe - Argentina.  
Tel-Fax: 03462-420543 / 438295  
e-mail: agrotec@car.esc.edu.ar

***Alteración de la densidad aparente en un lote agrícola-ganadero con  
inundaciones estacionales en el Instituto Agrotécnico Regional de Venado  
Tuerto, Santa Fe***



Directora: Ing. Mariela Rita Anelo

Profesora: Lic. Pamela Mlikota

Miembro CREA: Adriana María Dominguez

Participantes: Alumnos de 4° año.



**Alumnos de Cuarto Año:**

Acosta, Joaquín

Aid, Valentina

Agulló, Abril

Almada, Lisandro

Badía, Jazmín

Fischer, Lázaro

Gazzaniga, Valentina

Regis, Tomás

Rizzolo, Valentino

AR



## **AGRADECIMIENTOS**

- ❖ A la Sra. Directora e Ing. Mariela Anelo, por brindarnos su apoyo incondicional.
- ❖ Al Prof. Rudy Bolognese por prestarnos la sala de computación para realizar el trabajo y por colaborar con nosotros.
- ❖ A Silvina Bacigaluppo de la EEA INTA Oliveros por brindarnos información acerca de los suelos de la región.
- ❖ A los alumnos de quinto año por cooperar a lo largo de todo el trabajo de investigación aportando datos e ideas.
- ❖ A todo el personal del Instituto Agrotécnico Regional que de una u otra forma ayudó en este proyecto.



## **RESUMEN**

Las abundantes precipitaciones que se registraron en estos últimos años, sumado a un ascenso progresivo de las napas freáticas, han provocado la inundación de miles de hectáreas productivas en la región, lo que acelera los procesos de degradación de los suelos. La Densidad Aparente (Dap), es un buen indicador del grado compactación del suelo y por consecuencia de la pérdida de porosidad y de su fertilidad física actual. El objetivo del presente trabajo de investigación fue observar la variación de los valores de densidad aparente de las campañas 2016 y 2017 para conocer el impacto de una inundación estacional sobre un suelo agrícola-ganadero, utilizando el método del cilindro. El área de estudio se ubica dentro del Colegio Agrotécnico Regional en la zona rural de Venado Tuerto, provincia de Santa Fe. Se observó las diferencias en los valores de densidad aparente (Dap), humedad (W) y porosidad (%P) del suelo entre las campañas 2016 y 2017, bajo siembra directa. Finalmente, se comprobó que debido a la inundación estacional ocurrida en mayo del 2017, todos los parámetros físicos evaluados variaron negativamente. Tal como se esperaba, los valores de densidad aparente tomados en el año 2016 fueron menores que en el año 2017. Por lo expuesto anteriormente, se especifican algunas recomendaciones para tratar de mejorar la fertilidad del suelo en el lote afectado.



INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
1.1 El hombre, la agricultura y los suelos.....	5
1.2 El estado actual de los suelos en la región de Venado Tuerto, Santa Fe.....	5
1.3 La calidad física del suelo.....	6
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>7</b>
2.1 Descripción del área de estudio.....	7
2.2 Características del suelo.....	8
2.3 Método del cilindro.....	8
2.4 Análisis de los datos.....	9
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>9</b>
3.1 Variación de la Densidad Aparente.....	9
3.2 Variación de la Porosidad.....	10
3.3 Variación de la Humedad Gravimétrica.....	11
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES</b>	<b>12</b>
4.1 Conclusiones.....	12
4.2 Recomendaciones.....	12
<b>5. ANEXO</b>	<b>13</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>14</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. El hombre, la agricultura y los suelos

La población humana crece a pasos agigantados y cada vez, se debe producir mayor cantidad de alimentos de calidad para todos los habitantes del planeta, lo que implica una gran presión para el sector agrícola y ganadero. En la actualidad, se trata de mejorar y aumentar la producción innovando, aplicando ciencia y tecnología en dicho sector.

Para mantener estándares altos de producción es sumamente importante conocer y cuidar el suelo que se cultiva. Un suelo sano es un ecosistema vivo y dinámico, lleno de organismos que cumplen muchas funciones vitales, entre ellas transformar la materia inerte y en descomposición, así como los minerales, en nutrientes para las plantas (ciclo de los elementos nutritivos); controlar las enfermedades de las plantas, los insectos y malas hierbas; mejorar la estructura de los suelos con efectos positivos para la capacidad de retención de agua y nutrientes de los suelos y, por último, mejorar la producción de cultivos (FAO, 2015).

En la actualidad sabemos que es de vital importancia realizar un buen manejo del recurso suelo para lograr así una sustentabilidad a lo largo del tiempo. Un suelo fértil y sano es aquel que mantiene un equilibrio entre sus componentes físicos, químicos y biológicos. Para saber si esos componentes se encuentran en condiciones óptimas es necesario realizar diversos análisis en el laboratorio.

### 1.2. El estado actual de los suelos en la región de Venado Tuerto, Santa Fe.

Los suelos sanos son indispensables para garantizar la producción, pero las diversas prácticas de agricultura intensiva como el monocultivo de soja, han puesto en peligro la sustentabilidad de los mismos. Los suelos locales desde hace décadas se encuentran sometidos a un tipo de agricultura con escasa rotación de cultivos (carentes principalmente de gramíneas), con alta preponderancia de soja, baja reposición de nutrientes y pobres condiciones superficiales de rugosidad y cobertura (Agrovisión Profesional, 2017). Años continuados con este tipo de manejo ha logrado un deterioro físico, químico y biológico del suelo como así también del medioambiente que nos rodea.

Además, las abundantes precipitaciones que se registraron en estos últimos años provocaron la inundación de miles de hectáreas productivas en la región, lo que acelera los procesos de degradación de los suelos. Un brusco humedecimiento del suelo producto de precipitaciones intensas, producen el sellado de la superficie del suelo, el aire en su interior queda atrapado y genera el estallido de los agregados, alterando la estructura (Agrovisión Profesional, 2017); esto altera el intercambio gaseoso suelo-atmósfera afectando a todos los organismos que habitan en él. Y perjudica de forma indirecta la disponibilidad y el reciclado de la mayoría de los macronutrientes y micronutrientes del suelo.



### 1.3. La calidad física del suelo

La buena calidad física del suelo determina un ambiente adecuado para el desarrollo de las raíces vegetales, además del ingreso y almacenamiento óptimo del agua necesaria para el crecimiento de las plantas (Taboada & Alvarez, 2008). También, asegura el ingreso de gases como el oxígeno y nitrógeno atmosférico, indispensables para la biota edáfica y los cultivos.

Una de las medidas más utilizadas para conocer el estado físico del suelo es la Densidad Aparente (Dap), ya que es un buen indicador del grado compactación del suelo y por consecuencia de su estado actual. La densidad del suelo afecta, la infiltración de agua, el desarrollo de las raíces, la porosidad, e incluso la actividad de microorganismos en el suelo. Valores elevados de densidad aparente son indicadores de baja porosidad y una grave compactación de suelo, lo que reduce el rendimiento de los cultivos debido a que dificulta el crecimiento radical e impide el flujo normal del intercambio gaseoso( Global Cesped, 2015).

En condiciones naturales el volumen de suelo se divide en 50% sólidos de los cuales el 45% corresponde a las partículas de suelo (arcilla, arena y limo) y un porcentaje del 5% de materia orgánica. El 50% restante es agua y aire. Es importante considerar que cuando se calcula la densidad aparente de un suelo se debe calcular también el contenido de humedad disponible para las plantas( Global Cesped, 2015).

Debido a lo expuesto anteriormente se puede afirmar que, se realizó la siguiente investigación con el fin de aportar información acerca del impacto que tiene una inundación estacionaria sobre las características físicas de un suelo Argiudol típico de la provincia de Santa Fe. Esperamos aportar diversas recomendaciones para los productores que en la actualidad sufren esta misma problemática en los campos productivos de la zona.

#### **Hipótesis:**

- Los valores de densidad aparente tomados en el año 2016 son menores que en el año 2017 debido a una inundación estacional en el lote experimental.

#### **Objetivo General**

Observar la variación de los valores de densidad aparente de las campañas 2016/17 para conocer el impacto de una inundación estacional sobre un suelo agrícola-ganadero.

#### **Objetivos específicos**

- Averiguar el estado físico actual del suelo en el lote N°11 después de una inundación estacionaria.
- Conocer la variación de la densidad aparente, la humedad y el porcentaje de porosidad del suelo en las campañas 2016 y 2017.
- Entender la importancia de conservar el recurso suelo para realizar un buen manejo del mismo.



## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Descripción del área de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Colegio Agrotécnico Regional de Venado Tuerto ubicado en la provincia de Santa Fe, ruta Nro. 33 Km. 637 durante las campañas 2016 y 2017 (ver imagen I). El colegio posee 147 Ha. y se encuentra inmerso dentro de la región de la Pampa Ondulada, subregión de la Pampa Húmeda Argentina. El clima es templado con temperaturas medias anuales que varían entre 16 y 18 °C y las precipitaciones entre 975 y 1075 mm, con una alta variación interanual (Bacigaluppo et al; 2017).

7



**Imagen I.** Vista aérea del Colegio Agrotécnico Regional y del sitio de muestreo, lote N° 11.

El muestreo a campo se realizó en el lote N° 11(ver imagen II) de la institución, durante las campañas 2016 y 2017 donde el lote estuvo inundado durante todo el mes de mayo de este año, teniendo una columna de agua de 30 cm aproximadamente. Dicho lote posee una leve pendiente hacia zonas más bajas que finalmente desemboca en una laguna que se encuentra lindante al colegio. Una vez que el agua se retiró se realizó el muestreo aleatorio en el mes de julio.

Los datos del año 2016 fueron aportados con la colaboración de los alumnos de quinto año del colegio agrotécnico.



**Imagen II.** Fotografía en planta del lote N° 11, Julio 2017.

## 2.2 Características del suelo

El suelo se clasifica como Argiudol típico serie Venado Tuerto; es liviano, oscuro, profundo y bien drenado, ocupa un paisaje de lomas planas y extendidas, con desagüe medio, en el centro del Departamento General López, provincia de Santa Fe. Se ha desarrollado a partir de un sedimento loésico de textura franca a franco limosa, illítica, térmica.

La parte superficial del suelo se extiende hasta los 20 cm (horizonte A) es de color gris muy oscuro y bien provisto de materia orgánica, de textura franco limosa, con un 25% de arcillas y estructura en bloques medios, moderada. Le sigue una pequeña capa transicional hasta los 30 cm donde se encuentra un horizonte levemente más arcilloso (Bt) de unos 30 a 40 cm de espesor, de color pardo oscuro, de textura franco arcillo limosa (con un 30% de arcilla) y estructura en prismas, fuerte, con escasos barnices. En forma muy gradual se pasa al horizonte C que aparece entre los 100 y 120 cm siendo friable de color pardo, de textura franco limosa, con 30 a 40% de arenas y 10% de arcilla. La capa freática se encuentra aproximadamente a 1,5 metros de profundidad aunque varía en algunas zonas llegando a 1 metro (EEA INTA Rafaela, 2013).

## 2.3. Método del cilindro

Se tomaron tres muestras en lugares aleatorios con un cilindro de 10 cm de alto biselado, que posteriormente fueron etiquetadas y llevadas al laboratorio del colegio. Luego, se pesaron en una balanza analítica y se secaron en la estufa a 105°C durante 48 horas. Al cabo de dos días, se pesaron las muestras nuevamente para luego poder calcular la densidad aparente, la humedad y la porosidad.

La densidad aparente del suelo de un horizonte o capa de suelo es la relación que existe entre la masa de suelo seco y el volumen que esta ocupa ( $Dap$ : suelo seco (grs)/volumen del cilindro ( $cm^3$ )). Esta medida es importante ya que, refleja el grado de compactación y la circulación de agua y el aire en el suelo. En general, cuando aumenta la densidad, menor es el espacio poroso para el flujo del agua y aire y menor la penetración de raíces afectando el desarrollo y crecimiento de las plantas.





También calculamos la humedad gravimétrica (W) del suelo (g/g)= (peso del suelo húmedo – peso del suelo seco) / peso del suelo seco.

Y finalmente el porcentaje de Porosidad del suelo (%) = 1 - (densidad aparente del suelo) / 2.65\*  
(\*El valor 2.65 corresponde a la Densidad Real tomada como un promedio general o valor normal)

## 2.4 Análisis de los datos

Los datos obtenidos se compararon con la tabla 1 que posee valores de referencia para la zona centro y sur de Santa Fé, información brindada por la EEA INTA Oliveros.

9

**Tabla 1. Rango de valores y umbrales de distintas variables edáficas físicas.**

<b>Variables</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Valor probable para que un lote exprese mejor calidad de suelo</b>
Materia Orgánica (MO) Horizonte A	%	>3
<b>Densidad Aparente (Dap) Horizonte A</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>&lt;1,23</b>
Piso sub-superficial	%	<60
Estado Masivo delta Horizonte A+B1	%	<25

Fuente: INTA, Oliveros, 2017.

## 3. Resultados

### 3.1. Variación de la Densidad Aparente (Dap)

Se observó una variación de la densidad aparente para las campañas 2016 y 2017. La Dap fue mayor en el año 2017 debido a la inundación temporaria que cubrió el lote durante todo el mes de mayo.

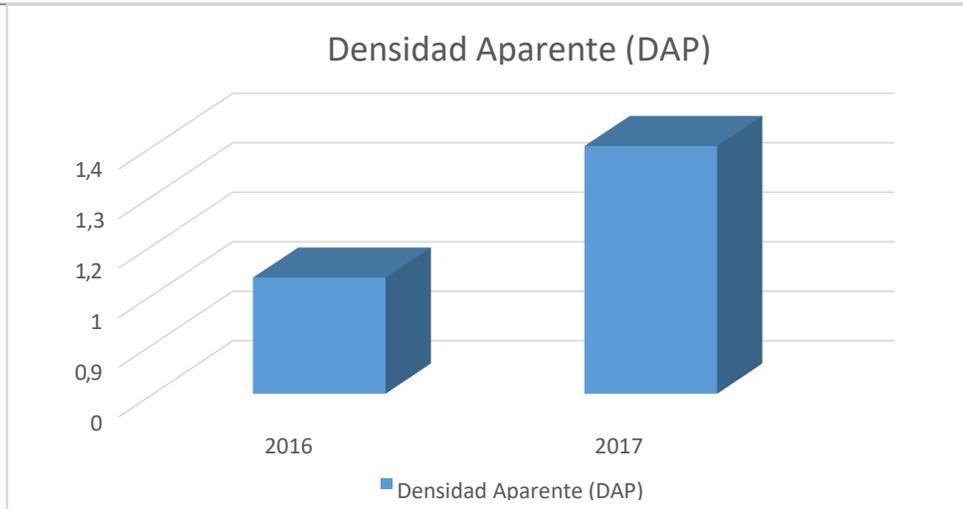
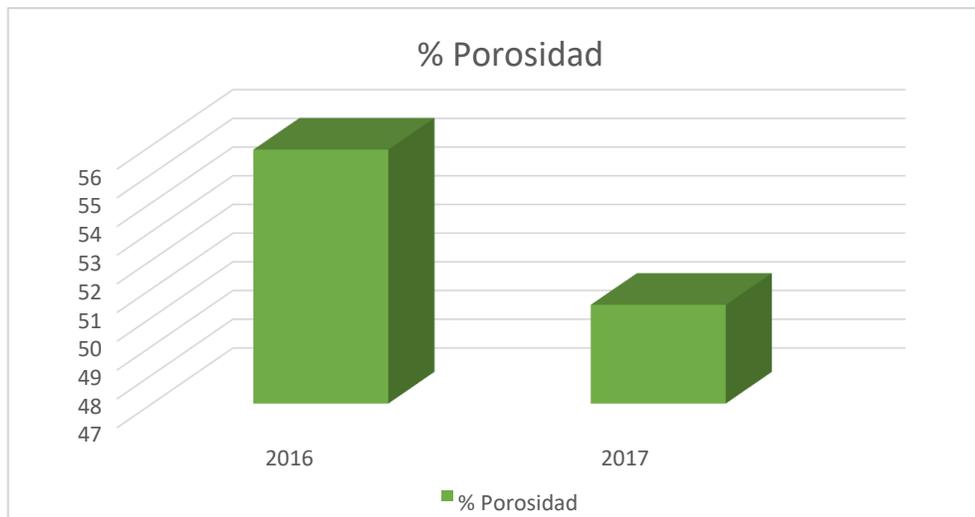


Gráfico 1. Variación de la Dap

### 3.2. Variación de la Porosidad del suelo

El porcentaje de porosidad fue mayor en el año 2016, y en el año 2017 fue menor (Ver gráfico 2), debido a que la inundación provocó una disminución en los macro y microporos, sellando la superficie del suelo.

Gráfico 2. Variación de la Porosidad





### 3.3. Variación de la Humedad gravimétrica del suelo

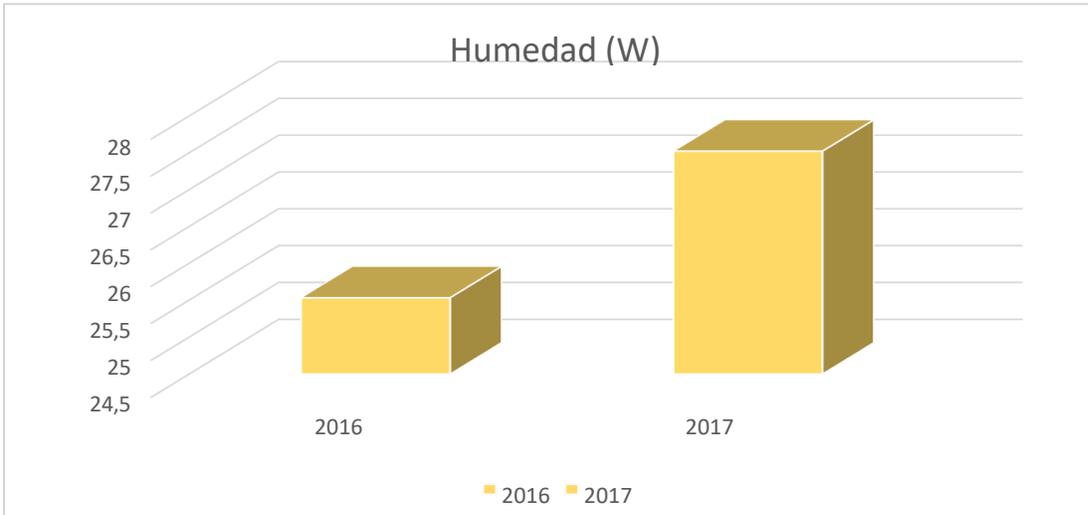


Gráfico 3. Variación de la Humedad

Al igual que los parámetros anteriores la Humedad también varió, siendo mayor en el año 2017, esto se pudo corroborar porque, al caminar el lote se notaba el exceso hídrico del suelo. En cambio, durante el año 2016 los valores de humedad fueron menores luego del cultivo de maíz.



## 4. Conclusiones y Recomendaciones finales

### 4.1 Conclusiones

Un cambio climático brusco como una inundación estacional altera completamente las características físicas del suelo, y por ende también los procesos químicos y biológicos asociados al mismo. El exceso hídrico de los últimos meses desplazó la biota edáfica, provocó anegamientos temporarios y además, produjo falta de oxígeno en las raíces debido a la pérdida de la porosidad y un aumento en la humedad del suelo. Además, se debilitan los agregados del suelo y se rompen impidiendo el intercambio gaseoso y de iones. Tal como se esperaba, los valores de densidad aparente tomados en el año 2016 son menores que en el año 2017 debido a una inundación estacional en el lote experimental.

Al observar las marcadas diferencias en la Dap del año 2016 que tuvo un promedio de  $1,17 \text{ g/cm}^3$  y la Dap promedio del año 2017 fue de  $1,31 \text{ g/cm}^3$  podemos afirmar que, a pesar de realizar siembra directa con rotación de cultivos y ganadería por varios años consecutivos, una inundación estacional como la que ocurrió en mayo, provoca cambios negativos en la fertilidad física del suelo. La disminución de los valores de materia orgánica, la pérdida de la fertilidad química y física, y erosión hídrica.

Los valores de la densidad aparente varían ampliamente debido a la alteración del volumen total de poros, que a su vez, está relacionado principalmente con la textura, la estructura, el uso y manejo del suelo. La drástica disminución del espacio poroso asociado a un aumento de la humedad gravimétrica, también reflejan el impacto de la inundación sobre el suelo agrícola.

Como secuela de todo lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que, la recuperación de este lote llevará como mínimo 2 o 3 años para que la fertilidad del suelo pueda estabilizarse y reponerse del impacto de la inundación temporal.

### 4.2. Recomendaciones

Para poder recuperar la fertilidad del lote afectado, a continuación se detallan algunas medidas que pueden llevarse a cabo:

- ✓ Realizar un análisis de suelo completo para luego en base a los resultados tratar de mejorar el suelo con alguna enmienda orgánica o química.
- ✓ Utilizar maquinarias como el escarificador o disco para remover los primeros horizontes del suelo y así tratar de disminuir la densidad aparente.
- ✓ Sembrar pasturas o cultivos que posean buen desarrollo radical para mejorar la porosidad del suelo y puedan absorber más cantidad de agua del perfil.
- ✓ Realizar un monitoreo continuo de la evolución del lote en las campañas posteriores.



## 5. Anexo

### 5.1 Tabla 2. Valores obtenidos en el muestreo de la campaña 2016

N° de Muestra	Suelo húmedo (grs)	Suelo seco (grs)	Humedad (W)	Densidad Aparente (Dap)	Porosidad (%)
1	345	275	25,45	1,15	56,6
2	355	283	25,44	1,19	55,09
3	352	280	25,72	1,17	55,84

Volumen del cilindro: 237,5 gr/cm<sup>3</sup>

### 5.2. Tabla 3. Valores obtenidos en el muestreo de la campaña 2017

N° de Muestra	Suelo húmedo (grs)	Suelo seco (grs)	Humedad (W)	Densidad Aparente (Dap)	Porosidad (%)
1	394,3	295,4	33,48	1,27	52,07
2	382,3	314,9	21,40	1,36	48,67
3	390,4	305,7	27,7	1,31	50,56

Volumen del cilindro: 231,3 gr/cm<sup>3</sup>



## 6. Bibliografía

- **Agrovisión Profesional, 2017.** “El estado de los suelos”. Año XIX. N° 92. Febrero 2017. ISSN Papel 1851-4944. Pp. 30.
- **Bacigaluppo S.; Salvagioti F.; Gerster G.; 2017.** “Ecorregión Pampeana, Centro-sur de Santa Fe. Sistema productivo: agrícola continuo. Suelos Argiudoles”. Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros.
- **Estación Experimental Agropecuaria INTA Rafaela, 2013.** “Mapas de suelos de la Provincia de Santa Fé”. [www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar)  
[http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/\\_series/vt/venadotuerto\\_descripcion\\_general.htm](http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/_series/vt/venadotuerto_descripcion_general.htm)
- **Global Césped, 2015.** “Densidad aparente del suelo y su importancia en la aireación y la humedad”. [www.globalcesped.org](http://www.globalcesped.org). <http://globalcesped.org/noticias-mainmenu-2/los-suelos/942-densidad-aparente-del-suelo-i>
- **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2015.** “Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables”. [www.fao.org](http://www.fao.org). <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721/>
- **Taboada, M. A. & Alvarez, C. R, 2008.** “Fertilidad Física de los suelos”. 2da. Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.