

# COMPORTAMIENTO QUÍMICO DE UN HAPLUDOL Y UN ARGIUJOL BAJO ANEGAMIENTO EN EL NOROESTE DE BUENOS AIRES

OLGA SUSANA HEREDIA<sup>1</sup>; CARLA PASCALE<sup>1</sup> y P. TELECHIA<sup>1</sup>

## RESUMEN

En el noroeste de Buenos Aires, se llevó a cabo el presente trabajo sobre suelos Hapludol y Argiudol anegados. El objetivo fue estudiar el efecto del anegamiento sobre sus propiedades químicas y determinar el origen del agua que los anegó. El Hapludol se muestreó anegado y sin anegar como control. El Argiudol se muestreó bajo anegamiento permanente, cada 20 días durante 4 meses. Su control fue un suelo no anegado. Se determinaron: conductividad eléctrica (CE), pH, fósforo extractable (P) y materia orgánica (MO). Se tomaron muestras de agua de anegamiento, subterránea y de lluvia y se evaluaron pH, CE, aniones y cationes. Ambos suelos presentaron distinto comportamiento frente al anegamiento. En el Hapludol aumentaron los valores de CE, pH, P y MO. En el Argiudol no se observaron grandes diferencias entre las fechas extremas de muestreo. El origen del agua de anegamiento resultó una mezcla entre el agua de lluvia y la freática.

**Palabras clave.** Hapludol, Argiudol, anegamiento, propiedades químicas del suelo.

## CHEMICAL BEHAVIOR IN FLOODED HAPLUDOLL AND ARGIUJOLL IN NORTHWEST BUENOS AIRES

### SUMMARY

In northwest Buenos Aires, the present work was carried out on flooded Hapludoll and Argiudoll soils. The objective was to study the effect of the flooding on its chemical properties and to determine the flooded water origin. The Hapludoll was sampled with and without flooding as control. The Argiudoll was sampled under permanent flooded, each 20 days during 4 months and its control was a not flooded soil. EC, pH, extractable phosphorus and OM were determined. Samples of flooded, subterranean and rain water were taken and pH, CE, anions and cations were determined. Both soils presented different behavior by effect of flooding. CE, pH, P and OM values increased in Hapludoll but in Argiudoll no differences among the extreme dates of sampling were observed. The origin of the flooded water resulted a mixture between the rainwater and the phreatic one.

**Key words.** Hapludoll, Argiudoll, flooding, soil chemical properties.

### INTRODUCCIÓN

Las llanuras constituyen un escenario de suma fragilidad ante eventos hidrológicos extremos, como el déficit o excedente hídrico. En este último caso, la incapacidad del relieve de evacuar volúmenes importantes de agua suele concurrir, junto a otros factores, a la ocurrencia de vastos anegamientos que tienen como característica fundamental la persistencia. En la Argentina, la llanura pampeana es la región más representativa de estas condiciones.

Con un período de lluvias por encima de la media histórica secular, persistente desde inicios de la década del '70, han entrado en crisis sistemas exorreicos (cuenca del río Salado-Vallimanca), endorreicos (cuenca de las Lagunas Encadenas del Oeste) y arreicos (región del noroeste bonaerense, nordeste pampeano y sur santafecino), junto con un cambio del régimen semiárido a sub-húmedo húmedo en algunas de ellas (Hernández, 2001).

---

<sup>1</sup>Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires.  
Email: heredia@agro.uba.ar

La zona de anegamiento por efecto de las precipitaciones varía geográficamente todos los años y su distribución se presenta en el Cuadro 1.

El anegamiento produce una serie de cambios físicos, químicos y biológicos que tienen una gran influencia sobre las propiedades de los suelos y sobre el crecimiento de la vegetación. El patrón y la naturaleza de los cambios depende, en gran medida, de las características del suelo, de la duración y severidad del estrés (Koslowsky, 1984).

Taboada y Lavado (2003) afirman que son dos los efectos producidos por anegamiento con agua no salina típicamente de origen pluvial: desarrollo de anaerobiosis y baja capacidad portante del suelo. Cuando el agua de inundación es salina, sea de origen superficial o profundo, las sales son principalmente sódicas produciendo dispersión de coloides o salinización del suelo según el anión acompañante. Un ejemplo de esto lo constituye la inundación registrada en 1978 en los partidos de Gral. Viamonte, Gral. Pinto, Carlos Tejedor, Trenque Lauquen, Pehuajó y Lincoln que produjo una salinización de 300.000 ha (Musto, 1978).

El anegamiento causa la desagregación de la estructura del suelo, determinando una menor capacidad de drenaje, cambios electroquímicos y de pH por efecto de dilución (Koslowsky, 1984; Page, 1982). También genera cambios en el potencial de óxido-reducción que afecta principalmente a iones tales como el N, Fe, Mn y S.

Existen numerosos trabajos sobre suelos anegados bajo cultivo de arroz, entre ellos Quesada *et al.* (1995), trabajando en suelos europeos, encontraron que el anegamiento producía cambios en las propiedades químicas y microbiológicas de los suelos con pH cercanos a la neutralidad. Sin embargo, Buschiazio y de Dios Herrero (2004), enfatizan que los cambios que se producen en suelos de la Región Pampeana son totalmente diferentes a los que se producen en suelos inundados artificialmente denominados 'paddy soils'.

El efecto que el anegamiento tiene sobre las propiedades químicas del suelo en la Región Pampeana, y en particular sobre la disponibilidad de nutrientes, no es muy conocido. En este trabajo se intentó estudiar en condiciones naturales, las variaciones que en el tiempo y en el espacio se producen en el suelo.

Por lo tanto, los objetivos planteados fueron los siguientes:

- Estudiar el efecto que produce el anegamiento sobre algunas propiedades químicas de un Hapludol y un Argiudol en el noroeste de la provincia de Buenos Aires.
- Determinar el origen del agua que anegó los suelos en estudio.

CUADRO 1. Distribución de los eventos de anegamiento.

Años	Superficie afectada (millones de ha)	Partidos
1972-1973	1,5	Carlos Tejedor, Pehuajó, Carlos Casares, Gral. Viamonte, Gral. Pinto, Lincoln
1984		Trenque Lauquén, Carlos Tejedor y Pehuajó, Rivadavia y Gral. Villegas
1985-1988	1	Pellegrini, Saliqueló, Daireaux, H. Irigoyen
1993		Igual zona
1998-2001		Igual zona
2000		Foco en el NW Bonaerense
2001	2	Foco en Chacabuco, Lincoln, Azul y 9 de Julio

Fuente: Adaptado de Musto, (1978); Domínguez y Carballo (1987); Casas y Pittaluga (1990) e Irurtía *et al.* (2002).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área

El noroeste de la provincia de Buenos Aires, zona que fisiográficamente se conoce como Pampa Arenosa, carece de una red de drenaje hídrica superficial siendo una cuenca cerrada. Presenta una pendiente de oeste a este, con un gradiente promedio de 0,025%. Esta llanura está cubierta por cordones medianos transversales al norte y médanos parabólicos al sur.

El clima característico de la región es templado húmedo con precipitaciones que en promedio alcanzan los 1.000 mm anuales. Las mayores lluvias se dan en verano y las menores en invierno, presentándose de diciembre a febrero los mayores déficit.

### Ubicación

El trabajo se llevó a cabo en los años 2000-2001 en un establecimiento de producción ubicado en la localidad de Agustina, partido de Junín, a 15 km del río Salado (34° 32' latitud Sur; 61° 02' longitud Oeste), en la zona de transición entre la Pampa Arenosa y la Pampa Ondulada. Los suelos evaluados se clasifican como Hapludol típico Serie Junín y Argiudol típico Serie La Oriental (INTA, 1974).

### Muestreo de suelos

En el Hapludol el muestreo se realizó en dos condiciones: con el suelo anegado y sin anegar. Esta última situación se consideró como control. En este caso el análisis siguió un diseño de tipo sincrónico, de corte transversal (Campbell y Stanley, 1963).

En el Argiudol el muestreo se llevó a cabo bajo anegamiento permanente y su control fue un suelo adyacente de la misma serie no anegado. En este caso el diseño fue de tipo diacrónico o de corte longitudinal (Campbell y Stanley, 1963), repitiéndose el muestreo cada 20 días durante 4 meses.

Se tomaron muestras compuesta por 10 submuestras cada una con tres repeticiones equidistantes 50 cm en una superficie de 10 m<sup>2</sup>, con el fin de disminuir la variabilidad natural que podría existir en cada tipo de suelo. El muestreo se realizó en los 10 cm superficiales del suelo.

### Muestreo de agua

Se tomaron 2 muestras del agua de anegamiento de los suelos y, además, se extrajeron 3 muestras de agua de pozo correspondientes a tres molinos diferentes: uno en el lugar en estudio y los otros dos correspondientes a pozos distantes a 5 y 15 km del lugar, respectivamente. También se colectó agua de lluvia.

### Análisis químico

Las muestras de suelo se secaron al aire y se tamizaron por 2 mm y 0,5 mm. Las determinaciones analíticas realizadas fueron las siguientes: conductividad eléctrica (CE, conductimetría), pH en agua 1:2,5 (potenciometría), fósforo extractable (P) con la técnica de Bray y Kurtz 1, materia orgánica (MO) mediante el método de Walkley y Black, según Page (1982).

A las muestras de agua se les realizaron los siguientes análisis: pH, conductividad eléctrica (CE), aniones: carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros; cationes: calcio, magnesio, sodio, potasio, según la metodología APHA (1993).

### Análisis estadístico

En los dos suelos estudiados, se realizó una prueba de Wilcoxon para observaciones apareadas, que permite obtener una prueba para la comparación de dos distribuciones, que difieren eventualmente en su parámetro de posición, con el programa InfoStat versión 1,1 (InfoStat, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Hapludol

En la Figura 1 se presentan los valores de pH, CE, P y MO del suelo en las condiciones estudiadas.

A pesar de que la situación de anegamiento fue temporal y de corta duración, se observaron ciertos cambios en las propiedades químicas evaluadas. Hubo un incremento significativo en los valores de pH, posiblemente causado por efecto del anegamiento (Koslowsky, 1984; Page, 1982). Igual tendencia se observó en la CE.

El origen de la salinización de los suelos está relacionada con la calidad del agua inundante, medida por su contenido en sales y por el tipo de sal prevaeciente (Cuadro 2). Alrededor del 90% de los problemas de halomorfismo en los suelos se asocian con ascensos de agua subterránea. La posibilidad de salinización de la superficie del suelo después de los anegamientos depende de la combinación de dos variables: salinidad del agua anegante y profundidad de la capa freática. La CE del agua de anegamiento para el Hapludol fue de 0,045 dS m<sup>-1</sup> (Cuadro 2) por lo que la fuente de salinidad es despreciable, lo que se verifica en los valores de CE del suelo después del anegamiento.

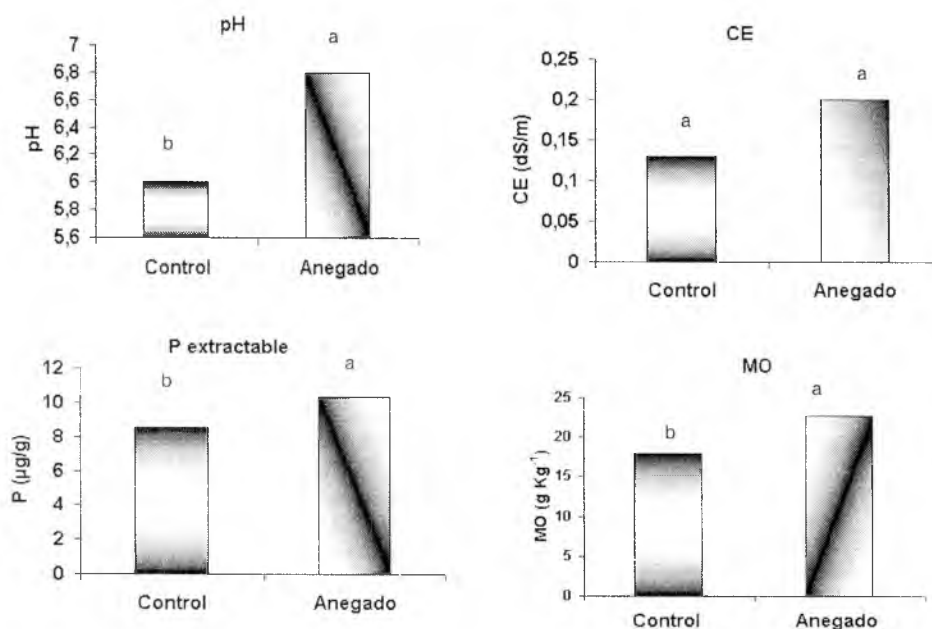


FIGURA 1. Efecto del anegamiento sobre las propiedades evaluadas en el Hapludol.

CUADRO 2. Características químicas del agua de anegamiento y subterránea.

Variables evaluadas	Agua de anegamiento del Argiudol	Agua de anegamiento del Hapludol	Molino del establecimiento	Molino a 5 km	Molino a 15 km	Agua de lluvia Junín
pH	7.7	6.66	7.25	7.54	7.35	6.35
CE (dS/m)	0.21	0.045	0.965	0.706	0.342	0.037
CO <sub>3</sub> (meq/l)	0	0	1.22	0	0	0
CO <sub>3</sub> H (meq/l)	2.8	0.8	5.2	4.6	3.1	0.8
Cl (meq/l)	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1
SO <sub>4</sub> (meq/l)	0.05	0.05	1.86	3.12	0.05	0.05
Ca (meq/l)	1.4	0.36	5.15	3.52	1.91	0.37
Mg (meq/l)	0.52	1.01	1.24	1.23	0.85	0.1
Na (meq/l)	0.38	0.15	2.12	1.43	0.86	0.2
K (meq/l)	0.57	0.33	0.81	0.7	0.44	0.06
NO <sub>3</sub> (ppm)	11.89	85.9	75.16	79.71	15.69	7.02

También sufrieron un aumento estadísticamente significativo, el P extractable y la MO. En el P el incremento porcentual fue del 21,16% y en el caso de la MO el incremento fue del 27,37%.

Las fracciones minerales de fósforo unidas al hierro y al manganeso, se solubilizan cuando estos

elementos se reducen. Este proceso es conocido desde hace muchos años en algunos suelos cultivados con arroz, donde durante de la inundación se determinaron mayores niveles de fósforo disponible para el cultivo (Quesada *et al.*, 1995). Sin embargo, Buschiazio y de Dios Herrero (2004), sostienen

que en los suelos de la Región Pampeana este efecto sobre el fósforo disponible es de pequeña magnitud en relación con la concentración total de fósforo de los suelos, probablemente debido a la presencia de fosfatos de calcio y bajas proporciones de fosfatos de hierro y aluminio.

### Argiudol

En la Figura 2 se presentan los valores de pH, CE, P y MO correspondientes al suelo Argiudol.

Como puede verse, en todas las fechas de muestreo el suelo anegado presentó valores de pH mayores que el control ( $p < 0,05$ ), a excepción del muestreo 3 que no difirió estadísticamente de su testigo.

El suelo anegado y el control tuvieron salinidades semejantes en los dos primeros muestreos mientras que a partir de la tercera fecha el suelo anegado presentó valores mayores entre situaciones. La CE sufrió fluctuaciones en el tiempo que oscilaron entre  $0,1-0,4 \text{ dS m}^{-1}$ . La CE del agua de anegamiento en este suelo fue de  $0,21 \text{ dS m}^{-1}$  (Cuadro 2), que, al igual que en el Hapludol se considera despreciable como fuente de salinización.

Al estudiar el P extractable, se observó variabilidad temporal, con una tendencia a presentar los mayores valores a los 60 días de anegamiento (Fig. 2).

Este aumento fue del 76,50% respecto del muestreo anterior. Asimismo, no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en los valores de P extractable para las muestras superficiales en los muestreos 1, 2, 4 y 5. Sólo el tercer muestreo mostró diferencias significativas entre el control y el suelo anegado ( $p < 0,05$ ).

El comportamiento observado en la concentración de P extractable, podría deberse a solubilidades diferenciales en el tiempo. Ello estaría en contraposición a lo encontrado por Rubio *et al.* (1995), quienes al estudiar suelos en macetas con distinto grado de anegamiento, encontraron que este elemento y sus fracciones no fueron afectadas significativamente.

En el caso de la MO el mayor valor se encontró a los 60 días de anegamiento, 9,37% más que en la fecha anterior, no observándose diferencias entre la primera y última fecha de muestreo, datos no coincidentes con lo hallado por Buschiazio y de Dios Herrero (2004) para el período de muestreo analizado.

### Calidad del agua de anegamiento

Las características del agua de anegamiento y subterránea de la zona bajo estudio se presentan en el Cuadro 2.

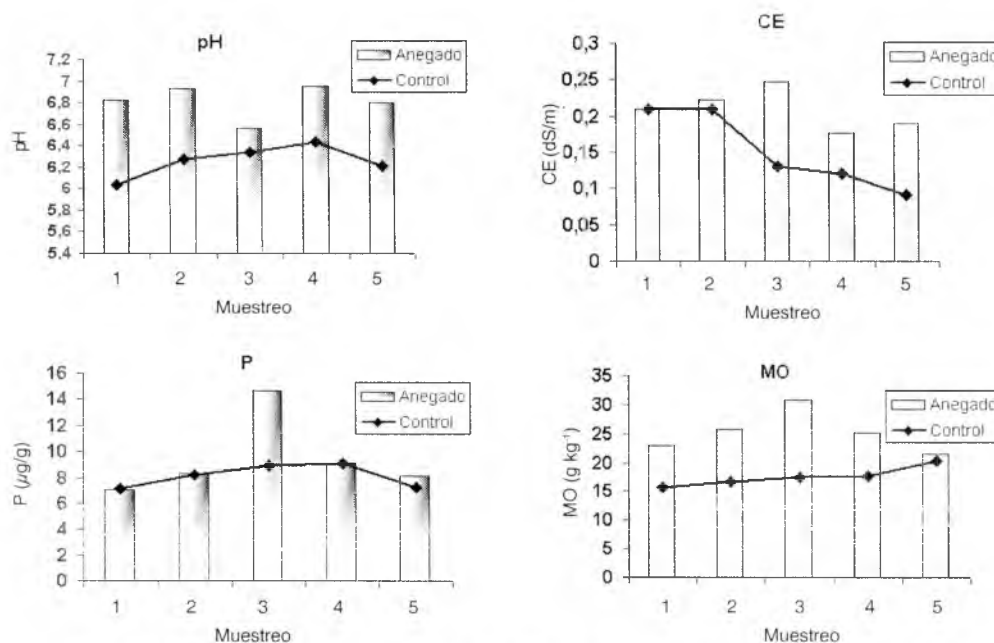


FIGURA 2. Efecto del anegamiento sobre las propiedades químicas del suelo Argiudol.

Al estudiarse el agua subterránea se encontró que la misma presentó valores de CE que varió entre 0,34 y 0,96 dS m<sup>-1</sup>, en el agua de lluvia fue de 0,037 dS m<sup>-1</sup> y en el agua de anegamiento estos valores oscilaron entre 0,04 y 0,21 dS m<sup>-1</sup>. Estos valores ponen en evidencia que el agua de anegamiento provino de una mezcla entre el agua de lluvia y el agua freática, prevaleciendo la primera sobre la segunda.

Los valores de nitratos del agua de lluvia, del agua de anegamiento del Argiudol y del molino a 15 km son normales y no demuestran tener efecto de contaminación, sin embargo las muestras de agua de anegamiento del Hapludol, del molino del establecimiento y del molino a 5 km, presentan niveles muy altos del elemento. En estos casos hay un efecto antrópico cuya fuente puede ser la fertilización, dado el aumento del uso de insumos y del uso de la tierra que ha experimentado la región en los últimos años.

### CONCLUSIONES

En los suelos estudiados el comportamiento de las variables químicas estudiadas frente el anegamiento fue distinto.

El agua de anegamiento presentó características intermedias, producto de una mezcla entre el agua de lluvia y el agua de la freática.

En el Hapludol, el anegamiento temporal provocó un aumento en el valor de la CE, el pH, el P y la MO.

En el Argiudol, el anegamiento provocó fluctuaciones temporales entre las distintas fechas de muestreo en el pH, la CE, el P extractable y la MO. Sin embargo, no se observaron grandes diferencias entre las fechas extremas de muestreo.

### BIBLIOGRAFÍA

- APHA. 1993. Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. Washington DC, USA, 874 pp.
- BUSCHIAZO, D.E. y J. DE DIOS HERRERO. 2004. Propiedades químicas de suelos anegados de la Región Pampeana Semiárida. *Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*: 479.
- CAMPBELL, D.T. y J.C. STANLEY. 1963. Experimental and quasi-experimental designs for research. Chicago, Rand MacNally Publ. Co. 102 p.
- CASAS, RR. y A. PITTALUGA. 1990. Anegamiento y salinización de suelos en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. *En Prosa: Manejo de Tierras Anegadizas*. Edit. Fecic: 259-278.
- DOMÍNGUEZ, O. y S. CARBALLO. 1987. El agua y el suelo en el noroeste bonaerense (anegamiento). Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires; *Boletín Técnico* N° 1; año 1: 20-27.
- HERNÁNDEZ, M.A. 2001. Importancia de la caracterización física del riesgo hídrico en la llanura pampeana. Jornada sobre Inundaciones en la Región Pampeana. Buenos Aires, Argentina.
- INFOSTAT. 2002. InfoStat software estadístico, profesional, versión 1.1. Univ. Nacional de Córdoba. Estadística y Diseño. FCA, 216 p.
- INTA. 1974. Carta de Suelos de la República Argentina. Fortín Tiburcio. Hoja 3560 -7-2: 24-28.
- IRURTIA, C.; J. SÁNCHEZ y G. CARBONI. 2002. Monitoreo de suelos afectados por inundación y su incidencia en la cartografía. *Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo en Soporte Magnético*.
- KOSLOWSKY, T.T. 1984. Flooding and plant growth. Physiological ecology. A Series of monographs, texts and treatises. Academic Press. New York, 378 p.
- MUSTO, J.C. 1978. Las tierras anegables del noroeste de la provincia de Buenos Aires. *IDIA*, N° 367-372: 64-68.
- PAGE, A.L. (Ed.). 1982. Methods of soil analysis (Part 2), Chemical and Microbiological properties. N° 9 in the Agronomy Series. SSSA, Inc. Publ., WI, USA, 1159 p.
- QUESADA, A.; E. SÁNCHEZ MAESO and E. FERNÁNDEZ VALIENTE. 1995. Seasonal variation of chemical properties of rice field soils from Valencia, Spain. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 26: 1-19.
- RUBIO, G.; R.S. LAVADO; A. RENDINA; M. BARGIELA; C.A. PORCELLI and A. IORIO. 1995. Effect of water logging on organic phosphorus fractions in a toposequence of soils. *Wetlands* 15: 386-391.
- TABOADA, M.A. y R.S. LAVADO. 2003. Inundaciones, consecuencias sobre los suelos cuando el agua se retira. *Encrucijadas*, UBA: 28-37.