

# Estudio de la evolución de propiedades fisicoquímicas de suelos con diferentes índices productivos y su relación con el valor de la tierra

Study of the evolution of physicochemical properties of soils with different productive indices and their relationship with the value of the land

Presentación: 26 y 27 de octubre de 2022

## **Javier Vignolo**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina  
javignolo@sanfrancisco.utn.edu.ar

## **Mónica Serra**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina  
monicaserra@hotmail.com

## **Micaela Zapata**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina  
monicaserra@hotmail.com

## **Daniel Ricci**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina  
dricci@sanfrancisco.utn.edu.ar

## **Stefanía Capello**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina  
steficapello@gmail.com

## **María Belén Vignola**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina  
mbelenvignola@gmail.com

## **Maricel Rovasio**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina  
maricelrovasio@yahoo.com

## **Resumen**

Este trabajo analiza, en la zona centro de Argentina, entre las provincias de Córdoba y Santa Fe, ubicando como centro la ciudad de San Francisco, diez campos georreferenciados ubicados al azar. En cada punto se extraen muestras de suelos que son analizadas en laboratorio; se buscan las series cartográficas que determinan las cualidades y calidades de estos en las Cartas de Suelos de la República Argentina. También se buscan los valores de Índice de Productividad y los valores de mercado, con la intención de obtener algún patrón que pueda darnos indicios de la evolución de los suelos en nuestra región y su probable degradación por el uso intensivo después de cuarenta años bajo distintos sistemas productivos; donde los valores de la tierra fueron apreciados por el mercado en más de siete veces, a pesar de disminuir la calidad y aumentar el impacto negativo sobre el ambiente.

**Palabras clave:** Indicadores fisicoquímicos, suelo, variación temporal, valor inmobiliario, índice productivo.

## Abstract

This work analyzes, in the central zone of Argentina, between the provinces of Córdoba and Santa Fe, locating the city of San Francisco as the center, ten georeferenced fields located at random. Soil samples are taken at each point and analyzed in the laboratory; the cartographic series that determine the qualities of these in the Soil Charts of the Argentine Republic are sought. The values of the Productivity Index and the market values are also sought, with the intention of obtaining a pattern that can give us indications of the evolution of the soils in our region and their probable degradation due to intensive use after forty years under different systems productive; where land values were appreciated by the market more than seven times, despite diminishing quality and increasing negative impact on the environment.

**Keywords:** Physiochemical properties, soil, temporal variation, property value, productivity index.

## Introducción

El suelo se define como un cuerpo dinámico natural compuesto de elementos minerales, orgánicos y microorganismos (USDA–NRCS, 2006), considerado un recurso no renovable muy importante a nivel mundial. La calidad del mismo ha ganado atención en los últimos años debido a problemas ambientales relacionados con la degradación y la producción sustentable de los diferentes sistemas de cultivo. La degradación del recurso suelo está entre los problemas ambientales que internacionalmente tienen un interés creciente (Doran y Parkin, 1994; Lal et al., 2007). En Argentina, en las últimas dos décadas, se produjo un notable proceso de expansión de las actividades agrícolas en reemplazo de la ganadería que dio lugar a un uso más intensivo de los suelos, lo que provocó una degradación física, química y biológica de los mismos (Blanco et al., 2005; Ferreras et al., 2007). Su calidad no puede ser medida directamente, sino que se requiere integrar la información proporcionada por indicadores que pueden ser físicos, químicos y/o biológicos (Cantú et al., 2007; Mairura et al., 2007, Abdollahi et al. 2014).

Es necesario identificar y cuantificar las variables particulares de cada ambiente, a fin de evaluar los cambios que suceden en el corto y largo plazo, como consecuencia de las prácticas de manejo que se aplican (Gregorich et al., 1997). El Índice de Productividad (IP) consiste en un sistema de evaluación de tierras paramétrico, que relaciona en forma multiplicativa los valores o niveles de propiedades seleccionadas, pertenecientes a las series de suelos modales. En la Argentina, el IP usado en las cartas de suelos, categoriza los mismos de menor a mayor según su aptitud productiva, usando un rango de 0 a 100. Dicha medición fue desarrollada por la FAO en 1970 (Riquier et al., 1970) y es la misma con la que se han categorizado los suelos en el sistema de información GeoINTA, creado por profesionales del INTA, de libre acceso, que permite consultar mapas, sus bases de datos asociadas, imágenes y fmosaicos desde Internet.

Desde la iniciación de los estudios económicos, la tierra (factor productivo) fue objeto de interés en los análisis sobre el funcionamiento de la economía de los países. Los fisiócratas aparecen como primera escuela que le asigna al factor un papel preponderante en la generación de la riqueza, y aborda el análisis de la pertenencia social de la retribución del factor, la renta. Luego encontramos a los clásicos, que explican la teoría sobre la renta diferencial. Hasta allí la tierra era considerada taxativamente como un factor diferente del capital. Posteriormente, los economistas neoclásicos, identificaron la tierra con el capital, ya que, en su consideración, no era más que una forma particular de bien productivo factible de su incorporación al patrimonio.

Si analizamos la evolución del valor de la tierra en la Argentina, se puede apreciar que en el período 1975-2011, el valor venal de la tierra en la región pampeana (medido en dólares corrientes) registró un incremento equivalente a 7,5 veces el valor existente al inicio del período (Villanova, 2012).

El objetivo de esta investigación es evaluar los parámetros fisicoquímicos en suelos de diferentes índices productivos (IP) para conocer el estado de estos en la actualidad, comparado con los obtenidos en las cartas de suelos confeccionadas en las décadas del 1970 – 1980, y su relación con los valores inmobiliarios y de arrendamientos actuales, de suelo bajo sistemas de producción agropecuaria.

## Desarrollo

Los muestreos de suelo se realizan entre marzo y julio de 2022, en diez puntos distribuidos al azar de la siguiente manera: ocho correspondientes a la zona centro-oeste de la provincia de Santa Fe y dos correspondientes a la zona centro-este de la provincia de Córdoba, abarcando una superficie aproximada de 5.500.000 has. En la tabla 1 se detalla la ubicación de cada punto junto a las principales características de los suelos muestreados.

En cada uno de los sitios se toman muestras compuestas de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm. Las muestras analizadas en el laboratorio LOESS son secadas en estufa a 38°C, molidas a mano, tamizadas por mallas de 2,0 mm y 0,5 mm conservadas a temperatura ambiente. Se determina el pH del suelo en una relación suelo: agua 1:2,5. Las determinaciones de carbono orgánico total (COT) y contenido de sodio se realizan según las normas 29571-2 y 29577-1 respectivamente. A partir del COT se estima el contenido de materia orgánica (MO) del suelo.

El índice de productividad de los suelos, el grupo de aptitud, la serie, la clasificación taxonómica, la textura y los parámetros fisicoquímicos se obtienen de las C.S. (Cartas de Suelos) y mediante las herramientas GeoVisor INTA e IDECOR de Santa Fe y Córdoba.

A partir del valor de IP se clasifican, de manera arbitraria, los puntos analizados como suelos con IP alto (mayores de 60), suelos con IP medio (entre 40 y 60) y suelos con IP bajo (menores a 40).

El valor de la Tierra como Recurso económico productivo, se evalúa de dos maneras:

- Valor de mercado compra / venta, se obtiene de operadores de mercado inmobiliario de ambas regiones (Córdoba y Santa Fe). Es importante aclarar que las escasas operaciones realizadas en los últimos años por la asimetría entre el dólar estadounidense y el peso argentino dificultan esta valuación.
- Valor de arrendamiento: este parámetro se obtuvo mediante la modalidad de encuesta a los operadores de los terrenos bajo estudio.

**Tabla 1.** Datos de ubicación y principales características del suelo de cada punto analizado

Punto	Latitud	Longitud	Distrito	Provincia	IP	Grupo de Aptitud	Serie	Clasificación Taxonómica	Textura
8	31°21'31,63"	62°07'22,43"	San Francisco	Córdoba	66	2c	SFR - San Francisco	Argiudol Típico	Franco Arcillo Limoso
4	31°38'23,25"	62° 7'39,53"	Castelar	Santa Fe	61	2wp(s)	LCD - Los Cardos	Argiudol Típico	Franco Limosa
5	31°38'13,17"	62° 7'48,78"	Castelar	Santa Fe	60	3wp	LAN - Landeta	Argialbol Típico	Franco Limosa
9	31°11'57,50"	61°59'06,90"	Baguer y Sigel	Santa Fe	52	3/4ws	EUS - Eustolia	Argiudol Acuico	Franco Arcillo Limoso
1	31°54'13,00"	61°42'29,00"	Trail	Santa Fe	47	3/4 ws	ETB - El Trébol	Argialbol Típico	Franco Limosa
10	31°37'55,71"	62°39'52,22"	La Francia	Córdoba	40	6ws	LFr- La Francia	Natrustol Típico	Franco Limosa
3	31°52'27,00"	61°42'17,00"	Trail	Santa Fe	33	4/5ws	PCA - Pueblo Casas	Natralbol Típico	Franco Limosa
6	30°45'50,06"	61°27'39,36"	Moises Ville	Santa Fe	30	5ws	LPR- Las Prusianas	Natralbol Típico	Franco Limosa
2	31°53'13,00"	61°42'52,00"	Trail	Santa Fe	24	5/6 ws	LBN - Las Bandurrias	Natracualf típico	Franco Limosa
7	30°39'0,26"	61°11'24,89"	Elisa	Santa Fe	18	6ws	MON- Monigotes	Matracualf Típico	Franco Limosa

### Análisis Físicoquímico - Agronómico

En la tabla 2 se observan los datos físicoquímicos actuales de los análisis de suelos, realizados en el laboratorio de suelos LOESS de la UTN Facultad Regional San Francisco y los valores de la Carta de Suelos, correspondientes a los análisis representativos de las Series de suelos.

**Tabla 2.** Datos físicoquímicos de los diez puntos bajo estudio ordenados por IP de mayor a menor

Punto	IP	Grupo de Aptitud	Materia Orgánica (MO)		pH		Sodio (Na)	
			Actual 2022	C.S. Década 70-80	Actual 2022	C.S. Década 70-80	Actual 2022	C.S. Década 70-80
8	66	2c	3,18	3,34	6,30	5,50	0,90	0,20
4	61	2wp(s)	2,27	2,88	6,30	6,10	2,90	0,10
5	60	3wp	2,41	2,84	6,40	5,60	1,80	0,30
9	52	3/4ws	2,28	2,72	6,20	6,40	0,30	0,10
1	47	3/4 ws	2,12	3,29	6,40	5,80	1,30	0,40
10	40	6ws	1,14	3,45	9,00	5,80	5,00	0,40
3	33	4/5ws	1,96	2,76	7,40	6,00	2,70	0,90
6	30	5ws	1,61	2,05	7,50	5,70	1,50	0,70
2	24	5/6 ws	2,02	1,47	7,40	7,20	2,80	2,90
7	18	6ws	1,20	4,52	9,19	7,30	3,70	4,20

Al visualizar los tres parámetros de los análisis de suelos seleccionados (MO – pH – Na) y evaluar su variación en un punto específico georreferenciado, entre diferentes IP y entre dos momentos históricos, actualidad y hace cuarenta años, se detecta que:

- Los índices de MO decrecen desde los suelos de mayor IP a los de menos IP, a su vez disminuyen entre los distintos momentos en la línea del tiempo.
- Los valores de pH son normales en los suelos de alto IP pero aumentan notablemente a medida que disminuyen en calidad, a su vez se puede notar un aumento entre las dos etapas históricas, siendo más altos en la actualidad.
- Los valores de sodio muestran un aumento a medida que disminuyen los IP y un aumento en la actualidad comparado con el pasado.

### Análisis Económico

El mercado inmobiliario agropecuario para compra/venta se realiza mayormente en dólares estadounidenses y para arrendamiento de la tierra se basa en quintales de grano de soja / hectárea. En la tabla 3 se muestra dicha información ordenada por IP.

**Tabla 3.** Valores de mercado

Punto	IP	Grupo de Aptitud	Valor de Mercado (u\$/ha.)	Valor de Arrend. (qq. Soja /ha)
8	66	2c	13.500,00	15,00
4	61	2wp(s)	9.000,00	10,00
5	60	3wp	8.000,00	9,00
9	52	3/4ws	9.000,00	12,00
1	47	3/4 ws	3.000,00	4,00
10	40	6ws	4.000,00	5,00
3	33	4/5ws	3.000,00	4,00
6	30	5ws	3.000,00	4,00
2	24	5/6 ws	4.000,00	5,00
7	18	6ws	2.000,00	2,00

En la Tabla 3 se aprecia que tanto los valores inmobiliarios de compra/venta, como los de arrendamiento disminuyen lógicamente a medida que baja la calidad productiva de los campos, a su vez se vuelve a manifestar lo analizado por nuestro grupo de investigación en el año 2019 con el trabajo “Análisis de la relación del índice de productividad del suelo y los valores inmobiliarios de la tierra en la zona de San Francisco, Córdoba” donde se observa que los valores acompañaban los IP en las calidades intermedias, tendiendo a sobrevalorar los campos de menor calidad y subvalorar los campos de mayor índice de productividad.

## Conclusiones

Este trabajo es una primera aproximación para evaluar la evolución de los suelos en la región demarcada, si bien las muestras que se analizan son escasas para un área tan extensa, los datos genuinos que se generan in situ, comienzan a ponerle cotas reales y marcan una tendencia que se podrá confirmar o refutar con el aumento de puntos georreferenciados a evaluar bajo la misma modalidad.

Bajo la mirada fisicoquímica y agronómica, se visualiza que los resultados de materia orgánica de los suelos de la región disminuyen notablemente después de cuarenta años bajo sistemas de producción agropecuario, siendo el más notable el punto seis, que es el de menor IP, que evoluciona de 4,52 % a 1,20 %, lo que podría marcar lo acontecido en los suelos donde se corrió la frontera productiva, avanzando sobre suelos frágiles poblados por montes nativos. El notable aumento del pH, en muchos casos provocado por las inundaciones de los últimos años en la región, que aumentaron las napas freáticas arrastrando sales sódicas, llevaron los valores de pH a registros mayores a 9, en los suelos de menor IP; esta conclusión se ve reforzada por los aumentos de sodio a medida que los suelos son más pobres, entre las dos fechas evaluadas. Es importante destacar que los tres parámetros bajo estudio en este trabajo se relacionan con la estructura física de los suelos ya que su modificación está muy vinculada con la compactación, que es uno de los principales problemas que los productores de la zona perciben en sus unidades productivas.

En la evaluación económica, se visualiza una gran variabilidad, tanto en los precios inmobiliarios como en los arrendamientos de los campos de la zona, que se vinculan directamente con el grupo de aptitud de cada caso; esto se relaciona con la gran cantidad de series que componen los complejos de suelos de nuestra región.

Contar con datos regionales medidos in situ permitirá evaluar la evolución de los suelos de diferentes series y calidades, trabajados bajo distintos sistemas y tecnologías de producción; a su vez estos muestreos georreferenciados nos permitirán comparar de manera objetiva datos concretos, para comenzar a cuestionar el controvertido concepto económico de “No depreciación de la Tierra”.

Los integrantes que conformamos el grupo de investigación Lares estamos convencidos que los trabajos interdisciplinarios que se llevan adelante nos darán una mirada más amplia del complejo “Sistema Suelos” para abordar soluciones concretas, integrales y de largo plazo.

## Referencias

- Abdollahi L., Hansen E.M., Rickson R.J. y Munkholm L.J. (2014). “Overall assessment of soil quality on humid sandy loams: Effects of location, rotation and tillage”. *Soil and Tillage Research*, 145, 29–36.
- Blanco, M.C., Amiotti, N.M y Soria Herrera L. (2005). “Cambios inducidos por la implantación de olivos sobre las propiedades edáficas en el sur bonaerense”. *Ciencia del Suelo*, 23(2), 189-196.
- Cantú, M.P., Becker, A. Bedano J.C. y Schiavo H.F. (2007). “Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices”. *Ciencia del Suelo* 25(2), 173-178.
- Doran, J.W. y Parkin, T.B. (1994). “Defining Soil Quality for a Sustainable Environment”. *SSSA Special Publication* No. 35.
- Ferreras, L., Magra, G. Besson, P. Kovalevski, E. y García F. (2007). “Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de Argentina bajo siembra directa”. *Ciencia del Suelo* 25(2),159-172.
- Gregorich, E.G., Carter, M.R., Doran, J.W., Pankhurst, C.E. y Dwyer, L.M. (1997). “Biological attributes of soil quality”. *Developments in Soil Science*, 25, 81-113.
- Lal, R., Reicosky, D.C. y Hanson, J.D. (2007). “Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming”. *Soil Tillage Research*, 93, 1-12.
- Mairura, F.S., Mugendi, D.N. Mwanje, J.I. Ramisch, J.J. Mbugua, P.K. y Chianu J.N. (2007). “Integrating scientific and farmers’ evaluation of soil quality indicators in Central Kenya”. *Geoderma* 139, 134-143.
- Riquier, J., Bramao D. y Cornet J. (1970). “A new system of soil appraisal in terms of actual and potencial productivity”. FAO, Rome
- USDA – NRCS. (2006). “Claves para la Taxonomía de Suelos”. Estados Unidos, Décima Edición. 331.
- Villanova, G. F. (2012). Algunas reflexiones acerca del valor de la tierra rural. *FCA-UNER*.