

RELACIÓN ENTRE UN ÍNDICE EMPLEADO PARA CUANTIFICAR EL ESTADO DEL PERFIL CULTURAL Y OTROS PARÁMETROS FÍSICOS DEL SUELO

DENOIA, J.¹; SOSA, O.¹; ZERPA, G.¹;

TIÓN, G.¹; CATTELÁN, F.¹ & BORSINI, G.¹

RESUMEN

El estudio del perfil cultural contribuye al monitoreo del estado del suelo en un sistema agrícola. Se diseñó una valoración cuantitativa: índice del PC agrícola (IPC). El objetivo de este trabajo fue estudiar la relación entre IPC y otras propiedades físicas relacionadas al PC. Se estudiaron 11 lotes agrícolas y dos sin uso productivo. Las variables caracterizadas fueron IPC, calificación visual de la calidad estructural (Cvc), resistencia a la penetración (RP), estabilidad estructural (EE), porcentaje de agregados entre 0,3 y 2 mm (Ag) y materia orgánica (MO). Se efectuó una regresión lineal múltiple, con $y = \text{IPC}$ y variables regresoras: MO (x1), Cvc (x2), EE (x3), RP (x4) y Ag (x5). Cvc, RP y Ag presentaron relación lineal significativa con IPC; no así MO y EE. Aplicando regresión múltiple para $y = \text{IPC}$ y variables regresoras: Cvc, RP y Ag, las tres variables explicaron casi el 75 % de la variancia de IPC. Cvc es la que ejerce mayor influencia sobre IPC. Se concluye que la Cvc, la RP y Ag se relacionaron significativamente con el IPC.

Palabras clave: perfil cultural, agricultura, propiedades físicas.

ABSTRACT

Relationship between an index used for quantifying the status of the cultural profile and other physical parameters of the soil.

The study of the cultural profile (PC) contributes to monitoring of the state of the soil in an agricultural system. A quantitative assessment was designed: agricultural CP index (CPI). The aim of this work was to study the relationship between IPC and other physical properties related to PC. Eleven plots of agricultural land and two plots without productive use were studied. The variables

1.- Cátedra de Manejo de Tierras Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Parque Villarino. CC N° 14. S2125ZAA. Bv. Villarino, Zavalla, provincia de Santa Fe. Email: jadenoia@hotmail.com
Manuscrito recibido el 4 de mayo de 2020 y aceptado para su publicación el 31 de agosto de 2020.

Denoia, J.; Sosa, O.; Zerpa, G.; Tión, G.; Cattelán, F. & Borsini, G. Relación entre un índice empleado para cuantificar el estado del perfil cultural y otros parámetros físicos del suelo. FAVE - Ciencias Agrarias 19 (2): 37-43. CC BY-NC-SA 4.0

J. Denoia *et al.*

characterized were CPI, visual qualification of structural quality (Cvc), resistance to penetration (RP), structural stability (EE), percentage of aggregates between 0.3 and 2 mm (Ag) and organic matter (OM). Multiple linear regression analysis was performed, with $y = \text{IPC}$ and regressor variables: MO (x1), Cvc (x2), EE (x3), RP (x4) and Ag (x5). Cvc, RP and Ag presented a significant linear relationship with IPC; not so MO and EE. Applying multiple regression $y = \text{IPC}$ and regressor variables: Cvc, RP and Ag, the three variables accounted for almost 75% of the variance of IPC. Cvc is the one that has the greatest influence on IPC. We conclude that Cvc, the RP and Ag were significantly related with the IPC.

Key words: cultural profile, agriculture, physics properties.

INTRODUCCIÓN

Puede definirse a la metodología del perfil cultural (PC) como la descripción visual de la estructura del suelo y de la sucesión de capas resultantes de la intervención antrópica, a través de las labranzas y las raíces de las especies cultivadas (Henin *et al.*, 1972). Esta conceptualización dio lugar a una forma de estudio del suelo verdaderamente innovadora, pues permitió estudiar las relaciones del mismo con los cultivos y las técnicas culturales. Requiere de una caracterización a campo que, cuanto más precisa es, se transforma en una herramienta valiosa para diagnosticar el estado del suelo en un agrosistema.

Desde su desarrollo en la década de 1960, las formas de realizar el estudio del PC han evolucionado. Los ajustes incorporados condujeron a jerarquizar el estado estructural (Gautronneau y Manichon, 1987) por sobre los demás atributos. El método utilizado actualmente describe en esencia la disposición y estado interno de los cuerpos constituyentes de la estructura del suelo (Bacigaluppo *et al.*, 2011).

En su inicio, el estudio del PC se desarrolló para caracterizar sistemas de manejo que implicaban la perturbación del suelo

mediante prácticas de labranzas. En las últimas dos décadas varios trabajos han verificado la validez del método para su aplicación en agricultura bajo siembra directa (SD) (Ferrerías *et al.*, 2001; Boizard *et al.*, 2012; Nunes *et al.*, 2014).

Recientemente, la Organización Internacional para la Investigación de Suelos y Labranzas (ISTRO) decidió unificar los diversos intentos de adaptación del método a situaciones sin laboreo. Se introdujeron algunas modificaciones y un trabajo conjunto entre investigadores de Francia, Argentina y Brasil (Boizard *et al.*, 2017) ha permitido comparar la metodología original y la adaptada a siembra directa.

A la vez, desde la incorporación del estudio del PC a trabajos científicos o ante su uso como elemento de diagnóstico agronómico, se ha insistido con la necesidad de la determinación simultánea de ciertas propiedades, como densidad aparente, resistencia mecánica a la penetración, estabilidad de agregados, calidad estructural, materia orgánica, densidad de raíces, etc. a los fines de contar con un estudio más completo (Henin *et al.*, 1972; Zante, 1994).

A pesar de su indudable utilidad, vale destacar que este método presenta como inconveniente la dificultad para obtener un

indicador numérico rápido y confiable que sintetice el estado del perfil de suelo en pozos de observación visual de tamaño reducido y que permita relacionarlo con otras propiedades edáficas. La cátedra Manejo de Tierras de la Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Rosario) ha desarrollado una valoración cuantitativa: índice del PC agrícola (IPC), que tiene en cuenta y pondera varias características del suelo afectadas por el manejo productivo y factibles de ser evaluadas por la observación directa.

Objetivo

El objetivo de este trabajo ha sido analizar la relación entre el IPC y otras propiedades vinculadas al estudio del PC en sistemas de producción agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante 2016 y 2017 en un sector del sureste de la Provincia de Santa Fe, sobre suelos de las series Roldán (Argiudol Vértico) y Peyrano (Argiudol Típico), ambas con texturas muy similares en los horizontes A (franco limosa) y BA (franco arcillo limosa).

Se consideraron 13 situaciones: 11 en agricultura con siembra directa y dos sin uso productivo actual para servir como referentes de estados con baja perturbación. Estas últimas se encuentran en el Campo Experimental Villarino (CEV) (FCA; Zavalla) y corresponden a una clausura (más de 30 años continuos sin cultivos ni ningún otro tipo de prácticas agrícolas, y vegetación espontánea de gramíneas otoño invernales y primavero estivales y arbustos de la especie *Baccharis salicifolia* principalmente) y un sector de parcela agrícola próximo al alambrado y

con vegetación de malezas (gramíneas y dicotiledóneas). De las situaciones agrícolas, nueve se encontraban en el Campo Experimental Villarino (FCA; Zavalla) y las otras dos próximas a las localidades de Fuentes y Coronel Arnold, respectivamente; estando cuatro de ellas con cultivo de trigo en diversos estados fenológicos, dos con maíz, una con soja y cuatro en barbecho.

La evaluación de las variables requeridas para cumplimentar la metodología del perfil cultural y la correspondiente toma de muestras para caracterizar las propiedades edáficas asociadas se realizó en pozos, a razón de tres por situación. Hubo, entonces, 39 sitios de estudio. Los pozos se construyeron de manera de trabajar en caras de 60 cm en dirección horizontal y 50 cm de profundidad. El PC se analizó hasta 25 cm de profundidad.

Las variables caracterizadas fueron el IPC, la calificación visual a campo de la calidad estructural (Cvc), la resistencia a la penetración (RP), la estabilidad estructural (EE), el porcentaje de agregados entre 0,3 y 2 mm (Ag) y la materia orgánica (MO). La Cvc se estudió mediante el método de Ball *et al.* (2007). La RP se determinó mediante un penetrómetro mecánico de cono de entrada vertical y se expresó en megapascuales. Los resultados se referenciaron a una humedad edáfica del 25% en base a curvas de ajuste establecidas en 2017 para el instrumental empleado y los suelos zonales. Para la EE se siguió el método de Hénin *et al.* (1972) modificado, empleando sólo el pretratamiento en agua; los resultados se refirieron en porcentaje de agregados estables al agua. El Ag fue obtenido a través del empleo de tamices; que permitieron separar el rango de 0.3 a 2 mm de diámetro aquí se tuvo en cuenta al intervalo de tamaño estrechamente relacionado con los efectos de

las raíces sobre la estructura. La MO se determinó por el método de Walkley y Black (Marbán y Ratto, 2005), obteniéndose una muestra alterada en cada estrato establecido por en Cvc y en cada uno de los pozos de observación.

El IPC obtuvo con el método de Zerpa *et al.* (2017), que considera diez características del perfil relacionadas con las prácticas de manejo y el crecimiento radical y su ponderación según el estado en que se presentan estos atributos. Así, el IPC contempla dos coeficientes de valoración: El primero de ellos (c_1) pondera la importancia relativa en la condición del IPC de cada una de las diez características: 1) cobertura del suelo, 2) huellas de rodadura, 3) costras superficiales, 4) pisoteo animal y amasado del suelo, 5) capas compactadas subsuperficiales, 6) grado de erosión hídrica, 7) abundancia, localización y distribución de raíces, 8) rastros incluidos en la masa del suelo, 9) porosidad estructural y 10) actividad biológica... El segundo coeficiente (c_2), pondera el estado en que se presentan los diversos atributos: óptima –su estado no restringe la productividad máxima de la tierra–, buena, regular y mala. En ese orden, la característica incide de modo cada vez más desfavorable en la productividad, a partir del aumento en el grado de intensidad de las limitaciones consideradas. Ambos coeficientes se integran en una fórmula polinómica que permite valorar numéricamente el IPC. La valoración de c_1 y c_2 se realizó aplicando el Método Delphi de consulta a expertos (Landeta, 1999). Se recurrió a 21 docentes e investigadores con conocimientos en estructura de suelos y perfil cultural y se les pidió que ordenen los diez atributos de acuerdo a su jerarquía en la expresión del estado del PC y que luego estimen la importancia de los cuatro estados de cada característica según su incidencia en la productividad de

la tierra. Del correspondiente cálculo de las medias surgieron los valores de c_1 y c_2 para cada característica. El empleo de la mencionada ecuación polinómica deriva en el cálculo del IPC. Se establecieron cuatro rangos del Índice: > 90 Óptimo; 89 – 72 Bueno; 71 – 34 Regular; < 34 Malo.

Sus capas se determinaron de acuerdo al método de Cvc, que permite reconocer estratos según cuatro características diferenciales: 1) forma, 2) tamaño y 3) dureza de los agregados, y 4) distribución de las raíces. En cada sitio de estudio se abrieron tres pozos de trabajo. Se determinó el IPC y la calificación visual a campo de la calidad estructural (Cvc). Se empleó cada una de los estratos descritos en la Cvc para la toma de muestras simples disturbadas destinadas a cuantificar las propiedades asociadas al PC. El promedio ponderado del valor de cada variable se obtuvo considerando el espesor de la capa y el número de repeticiones (3).

Con los datos obtenidos se efectuó una regresión lineal múltiple ($n=39$), con $y =$ IPC y variables regresoras: MO (x_1), Cvc (x_2), EE (x_3), RP (x_4) y Ag (x_5), para $p<0,05$. Se aplicó el paquete estadístico InfoStat versión 2014 (Di Rienzo *et al.*, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo de regresión fue estadísticamente significativo, con $p<0,0001$ y $R^2 = 0,7546$ (R^2 ajustado = 0,7174). La ecuación correspondiente es:

$$y = 175,9895 - 0,3721x_1 - 14,658 x_2 - 0,1402 x_3 - 5,3768 x_4 - 1,2439 x_5.$$

Cvc, RP y Ag presentaron relación lineal significativa con IPC (Tabla 1); no así MO y EE.

Tabla 1. Significancia de las relaciones de cada una de las variables independientes en el modelo de regresión múltiple $y = 175,9895 - 0,3721x_1 - 14,658 x_2 - 0,1402 x_3 - 5,3768 x_4 - 1,2439 x_5$.
 Table 1. Significance of the relationships of each of the independent variables in the multiple regression model and $= 175,9895 - 0,3721x_1 - 14,658 x_2 - 0,1402 x_3 - 5,3768 x_4 - 1,2439 x_5$.

Variable	Valor p
Modelo	<0,0001
MO	0,7608
Cvc	<0,0001
EE	0,4858
RP	0,014
Ag	0,0001

Tabla 2. Significancia de las relaciones de cada una de las variables independientes en el modelo de regresión múltiple $y = 168,06 - 15,03 x_2 - 4,84 x_4 - 1,16 x_5$.
 Table 2. Significance of the relationships of each of the independent variables in the multiple regression model and $= 168,06 - 15,03 x_2 - 4,84 x_4 - 1,16 x_5$.

Variable	Valor p
Modelo	<0,0001
Cvc	<0,0001
RP	0,0181
Agreg 2	<0,0001

Si se descartan las variables que, de acuerdo a este modelo, no influyeron sobre el comportamiento de IPC y se vuelve a aplicar una regresión lineal múltiple, se tiene que:

$$y = 168,06 - 15,03 x_2 - 4,84 x_4 - 1,16 x_5$$

En este caso, $p < 0,0001$, $R^2 = 0,7480$ (R^2 ajustado = 0,7264) y $p < 0,05$ para el aporte de tres variables (Tabla 2). Las mis-

mas explican en conjunto casi el 75 % de la variancia de IPC. Cvc es la que ejerce una más elevada influencia sobre IPC (mayor valor absoluto del coeficiente).

Tanto la ponderación de IPC como la de Cvc surgen de las correspondientes escalas particulares; pero el método de Ball *et al.* (2007), para la propiedad mencionada en segundo orden, establece que a medida que aumentan los valores –de 1 a 5– se está expresando un desmejoramiento cada vez más intenso de la condición. Ello explica que el coeficiente de x_2 sea negativo.

También los coeficientes de x_4 y x_5 son menores a cero. En el primer caso implica que ante el aumento de la resistencia mecánica el estado del PC es cada vez más deficiente. La negatividad del término que incluye a x_5 estaría indicando que el rango de tamaño considerado desfavorece a la calidad del PC, aspecto que contradice lo señalado anteriormente. Probablemente tal relación se vincule con el uso de un promedio ponderado según espesor de capas; al cambiar la condición textural en profundidad, la relación tamaño de agregados - calidad del PC también se modificaría.

Asimismo, es también probable que los cambios estructurales que ocurren en los estratos subsuperficiales y la menor proporción de constituyentes orgánicos sin descomponer o escasamente alterados –que no se han medido en este estudio– en profundidad, sustenten la escasísima influencia de la MO total y de la EE en la expresión del PC.

CONCLUSIÓN

El IPC aquí empleado para tierras en agricultura se relaciona significativamente con propiedades como la calidad de la estructura, la resistencia mecánica y el tamaño de agregados. La validación de su relación con propiedades asociadas a la calidad del suelo y la sencillez del procedimiento hacen recomendable su empleo en la toma de decisiones a campo vinculadas a la planificación del uso y manejo de suelos en sistemas de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Bacigaluppo S, Bodrero M, Balzarini M, Gerster G, Andriani J, Enrico J, Dardanelli J. 2011. Main edaphic and climatic variables explaining soybean yield in Argiudolls under no-tilled systems. *European Journal of Agronomy* 35: 247-254.
- Ball B, Batey T, Munkholm L. 2007. Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerlkamp test. *Soil Use Management* 23: 329-337.
- Boizard H, Peigné J, Capowiez Y, Roger-Estrade J. 2012. Ability of the “profil cultural” method to assess the soil structure of untilled layers. *Agrociencia Uruguay* 16(3): 221-226.
- Boizard H, Peigné J, Sasal MC, Guimarães M, Pirone D, Tomis V, Vian J, Cadoux S, Ralisch R, Tavares Filho J, Heddadj D, De Battista J, Duparque A, Franchini JC, Roger-Estrade J. 2017. Developments in the “profil cultural” method for an improved assessment of soil structure under no-till. *Soil and Tillage Research* 173: 92-103.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo C. 2014. *InfoStat versión 2014*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En: <http://www.infostat.com.ar>.
- Ferreras, L, De Battista J, Ausilio A, Pecorari C. 2001. Parámetros físicos del suelo en condiciones no perturbadas y bajo laboreo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36(1): 161-170.
- Gautronneau, Y. y Manichon, H. 1987. *Guide méthodique du profil cultural*. CEREF-GEARA, Lyon, 71 pp.
- Henin, A, Grass R, Monnier G. 1972. *El perfil cultural. El estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas*. Ed. Mundi Prensa, Madrid, 341 pp.

- Landeta, J. 1999. El método Delphi. Una técnica de previsión para la incertidumbre. Ed Ariel, Barcelona, España, 223 pp. ISBN 84-344-2836-9.
- Montico S, Sosa O, Zerpa G. 2016. Perfil Cultural. Material de apoyo didáctico. Cátedra de Manejo de Tierras. Facultad de Ciencias Agrarias. UNR. 19 pp.
- Marbán L, Ratto S. 2005. Tecnologías en análisis de suelos. Ed. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 216 pp.
- Nunes MR, Denardin JE, Faganello A, Pauletto EA, Spinelli Pinto LF. 2014. Efeito de semeadora com haste sulcadora para ação profunda em solo manejado com plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 38(2): 627-638.
- Peigne J, Vian JF, Cannavacciuolo M, Lefevre V, Gautronneau Y, Boizard H. 2013. Assessment of soil structure in the transition layer between topsoil and subsoil using the profil cultural method. *Soil and Tillage Research* 127: 13-25.
- Zante P. 1994. Les techniques d'étude du profil cultural: mémoire bibliographique. Créteil: Université Paris 12, 68 pp.
- Zerpa G, Sosa O, Denoia J, Cattelán F, Bracco J, Salgado A. 2017. Adaptación de un método de caracterización del Perfil Cultural del suelo a situaciones en uso agrícola. En: Augusto Nascimbene editor. XVIII Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas 2017 (Facultad de Ciencias Veterinarias), V Jornada Latinoamericana, III Jornadas de Ciencia y Tecnología 2017 (Facultad de Ciencias Agrarias) y II Reunión Transdisciplinaria en Ciencias Agropecuarias 2017. Universidad Nacional de Rosario. Casilda (Santa Fe). ISBN – 978-987-46406-2-8. Libro digital. PDF. Pp 271-280.