

Análisis comparativo de parámetros edáficos y NDVI entre un sistema de Pastoreo Racional Voisin y agricultura en siembra directa

Mario Monti¹, Gisela Marcuzzi², Martín Destéfano³

¹Ing. Agr. MSc, Ministerio de la Producción – GT-SSFe. E-mail: m.e.monti@gmail.com

²Ing. Agr., Docente – Actividad Privada. E-mail: giselamarcuzzi@gmail.com

³Ing. Agr., Actividad Privada. E-mail: martindestefano2@hotmail.com

Introducción

En los últimos 40 años, la Pampa Húmeda Argentina estuvo sometida a una transformación de su perfil productivo, en consonancia con ello el Depto. General López – Provincia de Santa Fe – Argentina pasó de un 75% de la superficie ocupada por pastizales o pasturas implantadas durante la década de los '80 a un 75 % de agricultura basada en cultivos anuales en siembra directa con una baja participación de gramíneas. (Monti et al., 2017).

Diversos autores han mencionado que los cambios ocurridos en la cobertura del suelo han tenido consecuencias sobre la dinámica hídrica del paisaje, amplificando los procesos de anegamiento. (Nosetto et al., 2012).

Si bien la provincia de Santa Fe aumentó la producción total de los cultivos de soja, maíz, trigo y girasol en las 4 décadas comprendidas entre 1970 y 2010, de 47 a 143 millones de toneladas. Dicho incremento se basó en el aumento de rendimiento y fundamentalmente del área sembrada, ocasionando un desbalance en la disponibilidad de nutrientes del suelo que tiene implicancias económicas, productivas, ecológicas y sociales, que perjudican la evolución de la agricultura, en la sostenibilidad de estos sistemas y atenta contra la seguridad alimentaria de la población en términos de mediano-largo plazo (García y Vázquez, 2012).

Becker et al. (2014) plantea que los resultados obtenidos en su investigación permiten establecer que el cambio del uso y manejo de la tierra han provocado un alto impacto, generando procesos de pérdida en el stock de carbono orgánico en el suelo, degradación física (erosión hídrica y eólica, compactación), química (acidificación), y biológica (cambio en la biodiversidad) en los agroecosistemas.

El objetivo de este trabajo es evaluar la contribución del PRV a una producción sostenible en contraposición con un sistema de agricultura continua en siembra directa.

Materiales y Métodos

La comparación se realizó sobre un mismo ambiente original dividido por un alambrado. Al oeste, un sistema de agricultura continua en SIEMBRA DIRECTA perteneciente a Gregorio Cullak (34°3'16.43"S - 62°32'40.69"O) y al este un sistema PRV propiedad de Omar Core y Noemí Echarri (34°3'17.5"S - 62°32'37.78"O).

Los suelos dominantes en este ambiente son Hapludolesénticos que integran la Asociación Santa Ana 3, capacidad de uso IIs, compuesta en un 80% por la serie Ea. SANTA ANA y un 20% de El Abolengo. Se trata de suelos profundos y algo excesivamente drenados que se han desarrollado a partir de sedimentos eólicos de textura franco arenosa, susceptible a la erosión eólica en las crestas. (INTA, 1986).

Se analizaron los siguientes parámetros:

- NDVI. A partir de imágenes Landsat, Cbers y Sentinel.

El cálculo se efectuó con el programa QGIS, el valor obtenido representa la media de valores de Índice Verde (NDVI) de imágenes procesadas a tal fin, de áreas definidas como “productivas” de ambos establecimientos, para minimizar las interferencias de áreas no productivas como caminos, montes o áreas residenciales.

A partir de este valor se infirió la relación entre el desarrollo vegetal, la dinámica hídrica, producción de biomasa durante el transcurso de 12 meses e impacto en el cambio de uso del suelo (Serrano, V. et al. 2003).

Para ello se comparó un año de marcado déficit hídrico (2008-09), con otro de precipitaciones excesivas (2016-17) y precipitaciones normales (2017-18).

- Infiltración: Permeámetro de disco de R. Gil*
- Penetrometría. Penetrómetro de golpes tipo Villegas**
- Materia orgánica. Walkley y Black
- Carbono (58% de Mat Orgánica. Factor de Van Bemmelen¹)
- Nitratos. Ácido fenol disulfónico.
- Nitrógeno total. Kjeldahl
- Fósforo. Bray Kurtz
- PH y conductividad eléctrica: Potenciómetro. En Agua Rel. 1:2,5
- Densidad aparente: método cilindro



Figura 1. Mapa de ubicación del sitio de análisis.

Resultados y Discusión

En el primer periodo por haberse realizado doble cultivo en parte del sistema de SD la curva de Índice Verde Diferencial Normalizado (NDVI, Figura 2) acompaña a la del PRV durante el invierno y parte de la primavera. A partir de octubre-noviembre por madurez y senescencia del cultivo de invierno disminuyen los valores de índice verde, mientras que en

¹ Howard, 1966; Agulhon, citado por Villalbí & Vidal, 1988; Walkley & Black, 1934.

el PRV se mantienen estables por tratarse de una pradera polifítica (con especies perennes y anuales de distintos ciclo). Vuelve a aparecer en SD un pico de valores con centro en enero, momento de mayor actividad del cultivo de verano.

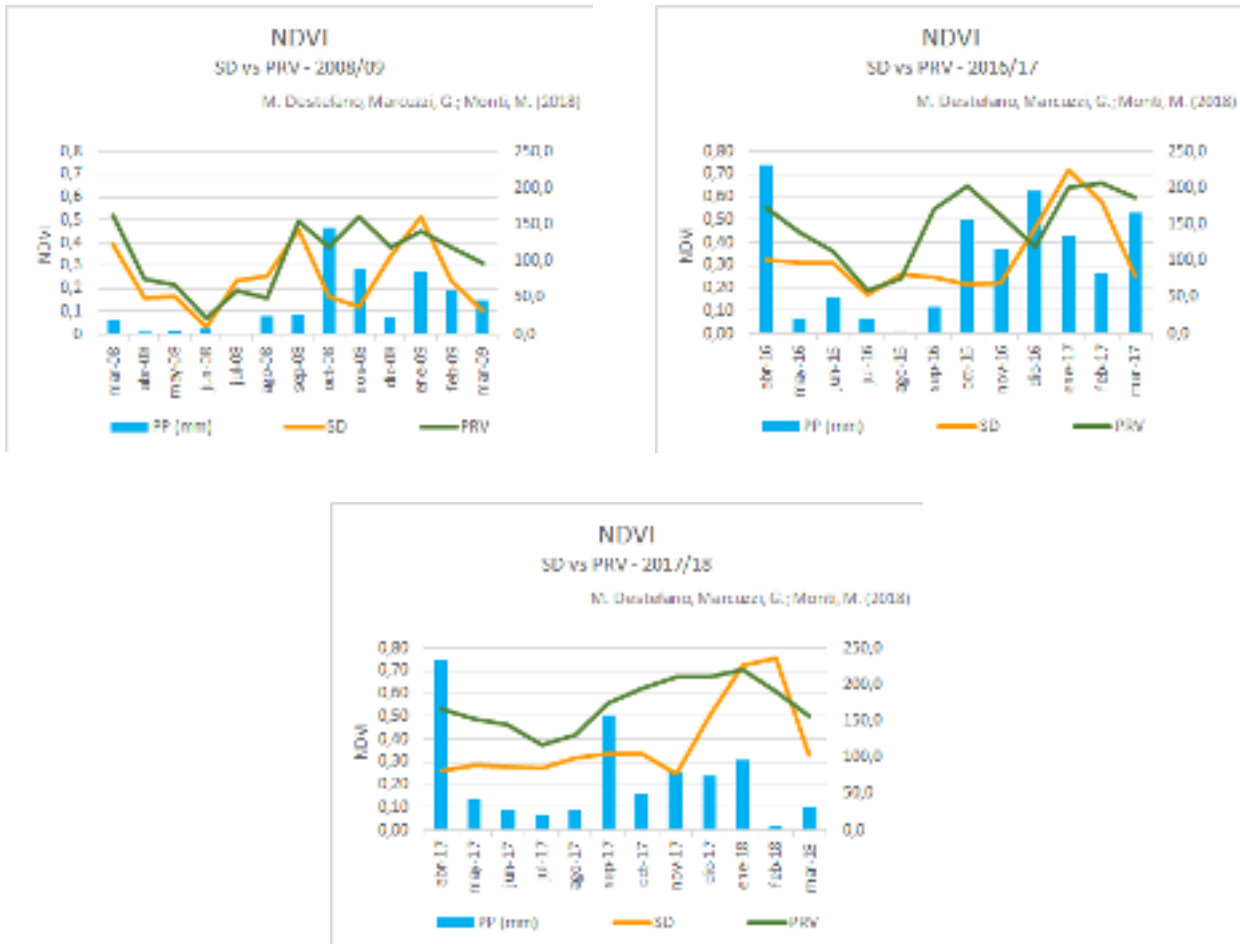


Figura 2. Fuente de datos precipitaciones (PP): Estación meteorológica Rufino. Red Gea. BCR

En los últimos dos periodos analizados, con solo cultivos anuales en SD, las curvas de NDVI son similares y solo marcan actividad vegetal entre noviembre y febrero. En el sistema PRV durante el periodo 16-17 si bien la actividad se conserva en todo el periodo sufre dos caídas, una en invierno atribuible a la estacionalidad de crecimiento de los pastos, acentuada por la escasez de precipitaciones, y otra a finales de primavera-principios de verano, coincidente con fuertes excesos hídricos y encharcamientos temporales que mermaron la producción. Finalmente durante el último periodo, de precipitaciones más moderadas, es notable la estabilidad que expresa la curva de NDVI del PRV, acompañando armónicamente la distribución de precipitaciones.

Respecto a los parámetros físicos medidos (tabla 1): Los valores de Densidad Aparente si bien se consideran normales en ambos casos, son menores en el PRV. Dicha diferencia sería producto de una mejor estructura. La capacidad de infiltración es normal en el

PRV y moderadamente excesiva en el sistema agrícola. La capacidad de retención de agua es levemente superior en el PRV, aun tratándose de muestras tamizadas a 2mm. Condición que se acentuaría si se incluyeran la totalidad de los agregados.

Tabla 1. Resumen de resultados fisico-químicos de suelo.

| Determinación | SD | | PRV | | Ea. Santa Ana |
|---|-------|---------|-------|----------|---------------|
| Densidad Aparente (gr/cm ³) | 1.403 | | 1.304 | | |
| Infiltración (mm/h) | 78 | | 37 | | |
| Capacidad de Retención ml/kg. | 490 | ----- | 510 | ----- | |
| Materia Orgánica % | 1,61 | Bajo | 2,51 | Medio | 2.81 |
| Materia Orgánica en Kg/ha | 40250 | ----- | 62750 | ----- | |
| Carbono % | 0,933 | Bajo | 1.455 | Medio | 1.3 |
| Nitrógeno Total % | 0.09 | ----- | 0.15 | ----- | 0.187 |
| Nitrógeno de Nitratos p.p.m. | 12,7 | Medio | 3,9 | Muy Bajo | |
| Relación C/N | 10.37 | ----- | 9.70 | ----- | 7.0 |
| Fósforo (P) ppm. | 15,4 | Medio | 5 | Muy Bajo | |
| Nitratos (NO ₃) ppm. | 56,5 | Medio | 17,2 | Muy Bajo | |
| p.H. | 6,10 | Optimo | 6,63 | Optimo | 6.7 |
| Conductividad µsie/cm | 161 | Normal. | 160 | Normal. | |

Respecto a las determinaciones químicas, los valores de Materia Orgánica son superiores en el PRV, cercanos al dato original de la serie de suelos. Ocurre la misma tendencia con el Carbono, parámetro que supera incluso al valor de referencia original. Los valores obtenidos de Nitrógeno total son mayores en el PRV y se aproximan al valor de referencia. En cuanto al “Nitrógeno de nitratos” y al “fósforo”, son mayores en SD por los aportes de la materia orgánica joven y remanentes de fertilización química, que si bien generan una mayor fertilidad actual lo tornan más propenso a la lixiviación.

Los valores de pH, si bien se encuadran dentro de lo normal, se nota una tendencia hacia la acidez en la SD, y una mayor aproximación al valor de referencia en el PRV.

La “resistencia a la penetración” mostró mayores valores en el PRV respecto a la SD fundamentalmente entre los 10 y 40 cm de profundidad con mayor resistencia entre los 15 y 25 cm. Similares resultados obtuvieron los Ing. Agrs. Pablo F. Richmond y Sergio N. Rillo (2).

² <https://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-del-efecto-de-la-historia-de-manejo-sobre-variables-indicadoras-de-las-propiedades-fisicas-de-un-suelo-hapludol>



Figura 3. Resistencia a la penetración entre 10 y 40cm de profundidad en el PRV y SD.

Estas diferencias se explicarían porque en el PRV en ese estrato existe una mayor cantidad de raíces vivas por ende una menor humedad y una mayor presencia, tamaño y estabilidad de agregados. Por otro lado, podemos inferir que periodos prolongados de actividades agrícolas tendrían un efecto de homogenización física en el perfil.

Conclusiones

A pesar de que los datos relevados no tuvieron un tratamiento estadístico, se puede afirmar que los datos obtenidos de cada sistema muestran coherencia y consistencia, permitiendo arribar a conclusiones.

En general, los indicadores relevados en el PRV, a diferencia de la Agricultura en Siembra Directa, tienden a asemejarse a los valores publicados en la Carta de Suelos de la región que podemos definir como los suelos originales.

El dato diferencial de Carbono, de la SD respecto a la situación original, indicaría una pérdida de Carbono Orgánico del Suelo superior 50%.

La pérdida de MO tiene dos impactos negativos, por un lado, se transforma mayoritariamente en CO₂ que se libera a la atmosfera aportando a los GEI's (Gases con efecto invernadero) y por otro disminuye el stock de nitrógeno total (de 0.15% a 0.09%). Por ende, el PRV favorece la captura de CO₂ y de N residual del suelo.

Los valores NDVI muestran que el sistema PRV tiene un comportamiento más estable y con un período de crecimiento de mayor duración que la Agricultura en SD, por ende, se puede inferir que el período de intercepción de la radiación, producción de biomasa y consumo de agua es mayor en el PRV y logra un efecto regulador de las precipitaciones. En SD el suelo se encuentra durante la mayor parte del año desprovisto de actividad vegetal, expuesto a distintos tipos de erosión, favoreciendo los procesos de escurrimiento superficial y de drenaje en profundidad.

La infiltración en la Agricultura en SD es moderadamente excesiva mientras que en el PRV es moderada. Si a esto se le agrega los excedentes estacionales de agua y una mayor disponibilidad de nutrientes, se puede inferir que se favorecen los procesos de pérdida por lavado de nutrientes solubles y predispone a un mayor riesgo de contaminación de napas freáticas con fertilizantes y pesticidas. Por otro lado, la mayor permeabilidad asociada con el menor consumo de agua de la Agricultura en SD favorece los procesos de excedentes hídricos de otoño y alimentación de los niveles freáticos.

La adopción generalizada de los sistemas agrícolas en SD a nivel regional ha intensificado los procesos de acumulación de agua superficial en zonas cóncavas por sobrealimentando la napa freática provocando su ascenso hacia la superficie.

En definitiva, puede observarse que los sistemas basados en el PRV demuestran una serie de externalidades positivas (servicios ambientales) en la dinámica hídrica, la conservación de la materia orgánica, la fertilidad, las propiedades físicas y químicas del suelo, en oposición a lo que ocurre en la agricultura en SD en donde estos parámetros se ven deteriorados.

Comentario final

Si bien no es un objetivo de estudio del presente trabajo, creemos que dicha sustentabilidad ambiental está acompañada por una sustentabilidad económica y social. Queda pendientes para futuros trabajos la medición de otros parámetros que consideramos relevantes para aportar a esta comparación (que por presupuestos nos pudimos incluir en el presente) como son la “Respiración Edáfica” (estimación de la actividad microbiológica y de la microfauna del suelo a través de la producción de CO₂), y la presencia de residuos de “Pesticidas” en suelo, en uno y otro sistema.

Agradecimientos

A los propietarios del establecimiento El Verdadero Paraíso Mimí Echarri y Omar Cores por su excelente predisposición a facilitar y proveer información necesaria para la elaboración de este documento. A “Laboratorio Agro-Alimentario SS” y en particular a su director Sebastián Sola por realizar los análisis de suelo de un modo desinteresado y cuyos resultados se muestran en la presente publicación. Al Instituto Superior del Profesorado N°19 por permitirnos el uso del Laboratorio de la institución.

Bibliografía citada

- Basterra, I. (2011) Teledetección – Imágenes Satelitales – Procesamiento digital de imágenes. CATEDRA DE FOTOINTERPRETACION DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS FACULTAD DE INGENIERIA – UNNE. <http://ing.unne.edu.ar/dep/goeciencias/fotointer/pub/teoria2011/parte02/tdi.pdf>
- Becker, A., J. Bedano, H. Schiavo, A. Dominguez, M. Grumelli, B. Parra1, F. Cabrera, M. J. Rodriguez, R. Arolfo, F. Vaquero. (2014). IMPACTO DE LA AGRICULTURIZACIÓN EN AGROECOSISTEMAS DEL CENTRO-SUR DE CÓRDOBA. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo II Reunión Nacional “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas” https://www.researchgate.net/publication/280738816_IMPACTO_DE_LA_AGRICULTURIZACION_EN_AGROECOSISTEMAS_D_EL_CENTRO-SUR_DE_CORDOBA
- García, M.G.; M.E. Vazquez. (2012). Valoración económico-ecológica de la pérdida de nutrientes básicos de los suelos santafesinos. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 19: 29-41
- INTA. (1986), Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3563-4 Rufino. Plan Mapa de Suelos. Córdoba. 82 pag.

Monti, M; R. Pozzi; M. Correa Luna; C. Barbich; F. Rosell; C. Lozeco; M. Montico. (2016). Variabilidad Climática y Anegamientos en la Pampa Húmeda Argentina. https://www.researchgate.net/publication/319967835_Variabilidad_Climatica_y_Anegamientos_en_la_Pampa_Humeda_Argentina

Nosetto, M.D.; E.G. Jobbagy; A.B. Brizuela; R.B. Jackson. (2012). The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. Agriculture, Ecosystems and Environment. 154-2012-2-11

Richmond, P; S. N. Rillo. (2017). Evaluación del efecto de la historia de manejo sobre variables indicadoras de las propiedades físicas de un suelo Hapludol. EEA Pergamino. PRET Agrícola Ganadero del centro – AER 9 de Julio.10 pag. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_9_de_julio_evaluacion_del_efecto_de_la_historia_de_manejo_sobre_variables_indicadoras_de_las_propiedades_fisicas_de_un_suelo_hapludol.pdf

Serrano, V.; T. Lasanta; A. Romo. (2003), Diferencias espaciales en la evolución del NDVI en la cuenca alta del Aragón: Efectos de los cambios de uso del suelo. Universidad de la Rioja. España. Cuadernos de Investigación geográfica N°29, pag 51-66. ISSN 0211-6820