

SUSTENTABILIDAD DE DIFERENTES MODELOS DE USO DE LA TIERRA EN UNIDADES DE PAISAJE DE UNA CUENCA DEL SUR DE SANTA FE, ARGENTINA

SERGIO MONTICO y NÉSTOR DI LEO

Centro de Estudios Territoriales. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.

CC 14-S2125ZAA Zavalla, Santa Fe, Argentina. E-mail: smontico@unr.edu.ar

RESUMEN

Los modelos de uso de la tierra en la región pampeana en las últimas décadas tuvieron grandes cambios, tanto en los aspectos tecnológicos como en los económicos, sociales y culturales. Estos cambios obligan a evaluar si aportan a la sustentabilidad del sector rural. El objetivo de este trabajo fue comparar en diferentes unidades de paisaje de una cuenca del sur de Santa Fe (Argentina), dos modelos de uso, monocultivo de soja y rotación trigo/soja-maíz, a través del cálculo de los balances de energía, de nutrientes, de carbono y la eficiencia del uso del agua. La información se obtuvo de encuestas a productores. El balance de energía se calculó mediante los ingresos y egresos energéticos de insumos y biomasa, respectivamente, y el de nutrientes por diferencia de exportación y fertilización de nitrógeno, fósforo y azufre. Con un modelo de simulación se efectuó el balance de carbono y la eficiencia del uso del agua se estimó ajustando un modelo hidrológico con datos experimentales. Los parámetros utilizados resultaron útiles para comparar ambos modelos y fueron condicionados por los atributos paisajísticos. La rotación resultó altamente superior al monocultivo de soja en todos los parámetros analizados y aporta, aunque parcialmente, a la sustentabilidad regional.

Palabras clave:

Uso de la tierra, unidades de paisaje, sustentabilidad.

SUSTAINABILITY OF DIFFERENT LAND USE MODELS IN LANDSCAPE UNITS OF A WATERSHED IN SOUTHERN SANTA FE, ARGENTINA

SERGIO MONTICO & NÉSTOR DI LEO

Centro de Estudios Territoriales. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.

CC 14-S2125ZAA Zavalla, Santa Fe, Argentina. E-mail: smontico@unr.edu.ar

ABSTRACT

Land use models at Pampas region had great changes in both the technological and the economic, social and cultural subjects in recent decades. These changes force to evaluate if it are contributing to the sustainability of the rural sector. The aim of this study was to compare different landscape units in a watershed of southern Santa Fe (Argentina) two usage models, soybean monoculture and a wheat/soybean-corn rotation, by calculating the balances of energy, nutrients and carbon, and water use efficiency. The information was obtained from personal interviews made to farmers. The energy balance was calculated by the energetic income and outcome of inputs and biomass, respectively, and the nutrient balance by difference of nutrient export and fertilized nitrogen, phosphorus and sulfur. With a simulation model the carbon balance was done, and water use efficiency was estimated by adjusting a hydrological model with experimental data. The parameters used were useful to compare both land use models and were conditioned by landscape's attributes. Crop rotation was highly superior to the soybean monoculture in all of the examined parameters and contributes, although partially, to regional sustainability.

Key words:

Land use, landscape units, sustainability.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, en la región pampeana argentina hubo grandes cambios en los modelos de uso de la tierra, tanto en los aspectos tecnológicos como en los económicos, sociales y culturales (Montico, 2009).

Respecto al recurso suelo, si bien varios de los cambios tuvieron resultados favorables en las condiciones ambientales debido al aumento de la cobertura de los suelos, la reducción del laboreo y la disminución de la erosión hídrica, entre las más relevantes, no ha sucedido lo mismo con las rotaciones. Además, en la región pampeana (también en la extra-pampeana), los beneficios económicos financieros que otorga el monocultivo de soja en una estructura agraria que brinda el marco ideal para su consolidación, representan un obstáculo para competir con rotaciones de cultivos (Sarandón, 2002). Las ventajas de las rotaciones en términos de recuperación y conservación de suelos son ampliamente reconocidas, también desde la visión empresarial, disminuyendo riesgos y vulnerabilidades sistémicas (Van der Werf & Petit, 2002).

A nivel territorial, las cuencas representan espacios territoriales concretos, susceptibles de ser planificados de forma ordenada ajustando los modelos de uso de la tierra a sus características naturales. Esta armonización es una pauta de sustentabilidad dado que cuando el uso supera la capacidad soporte del ambiente produce degradación y cuando no lo hace desperdicia los recursos disponibles (Costanza & Daly, 1992).

El objetivo de este trabajo es identificar unidades de paisaje en una cuenca rural y comparar en ellas dos modelos agrícolas contrastantes de uso de la tierra, monocultivo de soja y la rotación trigo/soja-maíz, a través de los balances de energía, de nutrientes de suelo, de carbono edáfico y de la eficiencia en el uso del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en una región de la pampa húmeda Argentina, en una cuenca donde se realizan actividades agropecuarias representativas del territorio. La cuenca del arroyo Ludueña (700 km²) su ubica en el sureste de la provincia de Santa Fe (Figura 1). El clima es subhúmedo mesotermal, la temperatura y la precipitación media anual son de 17° C y 1.110 mm, respectivamente (Cáceres, 1980). La neotectónica condiciona la geomorfología de la cuenca, la cabecera está formada por un bloque elevado y basculado hacia el NE, que define la dirección de las cañadas y conectan este bloque elevado con el hundido hacia la margen del Río Paraná. El territorio fue dividido en unidades de paisaje (UP) a escala 1:50.000 mediante el procedimiento de Relevamiento Integrado de los Recursos Naturales (Abelli *et al.*, 1988). Cada UP representa un área homogénea en cuanto a relieve, drenaje y suelos. Para ello se utilizaron mapas catastrales, fotografías

aéreas, imágenes satelitales (Landsat 7 y SAC-C), las normas de clasificación de capacidad de uso (USDA, 1961), cartas de suelo (INTA, 1975) e información hidrológica local (Zimmermann & Riccardi, 2001). Como resultado de este procedimiento se definieron y georreferenciaron a través del sistema de información geográfica (SIG) ArcWiev 3.2, cuatro UP (Figura 2), cuyas características principales se describen a continuación:

Unidad de paisaje nº 1 (UP1)

Abarca posiciones de relieve correspondientes a lomas extensas y ligeramente onduladas, con pendientes menores al 1 % (0,5-1 %). El escurrimiento es moderado a bueno y el drenaje es bueno. No existe peligro de anegamiento o inundación y la napa freática, por su profundidad, no influye en las propiedades edáficas. En las áreas con mayor pendiente existe ligero peligro de erosión. La capacidad de uso corresponde a I-2. Los suelos son Argiudoles típicos de la Serie Peyrano (Py) y Consociación Serie Peyrano fase suavemente ondulada (Py8).

Unidad de paisaje nº 2 (UP2)

Abarca lomas extendidas. Algunos sectores corresponden a interfluvios entre vías de drenaje. Están presentes numerosos microrrelieves dando un aspecto "cribado". La permeabilidad de suelo es lenta y el perfil edáfico tiene características hidromórficas y son afectados por alcalinidad sódica, siendo el escurrimiento lento. Las posiciones más altas están ocupadas por suelos de la Serie Roldán (Rd) y en menor medida por la Serie Monte Flores (MF). Las microdepresiones están ocupadas por suelos de la Serie Gelly (Ge), Monte Flores (MF) y Zavalla (Za), con Capacidad de Uso: II_{ws} y II_w . El área está atravesada por sectores cóncavos con pendientes menores al 1 %, de lenta permeabilidad, anegables y de escurrimiento lento. Estos sectores también están afectados por alcalinidad sódica.

Unidad de paisaje nº 3 (UP3)

Abarca posiciones en el paisaje correspondiente a áreas planas, bajas, amplias y vías de avenamiento digitiforme, de permeabilidad lenta a muy lenta y drenaje impedido a pobre. Los gradientes de pendientes son menores a 0,5 % y el escurrimiento es lento. Los suelos presentan alcalinidad sódica y sales, y son Consociaciones de las Series Rd, Ge, Za, Manantiales (Ma), Za y MF, con capacidades de uso que comprenden las clases VI_{ws} y VII_{ws} .

Unidad de paisaje nº 4 (UP4)

Abarca posiciones de paisaje correspondiente a amplias lomadas, con pendientes de 0,5 %, escurrimiento lento a moderado y drenaje moderado a bueno. La napa freática se encuentra entre 5 y 15 metros de profundidad. El suelo representativo es un Argiudol vértico que corresponde a la Serie Roldán, cuya capacidad de uso es I-2.

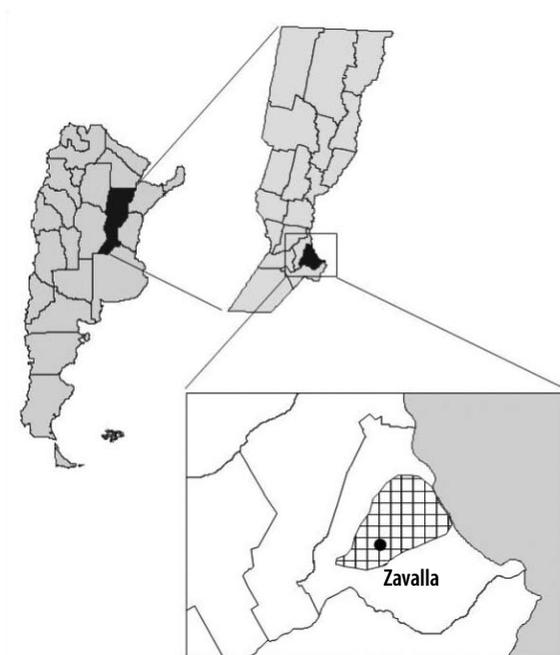


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del Arroyo Ludueña, provincia de Santa Fe, Argentina.

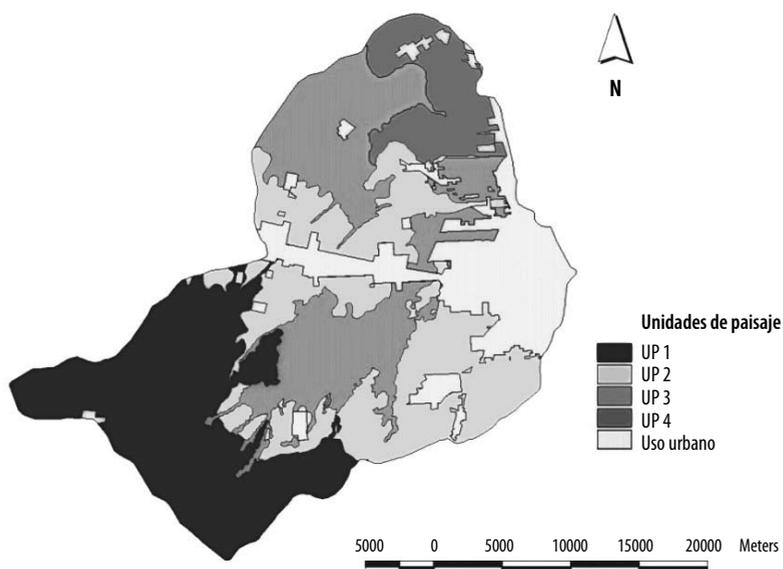


Figura 2. Unidades de paisaje de la cuenca del arroyo Ludueña (Santa Fe, Argentina).

Se relevaron las prácticas tecnológicas agrícolas en cada UP a través de encuestas a 52 productores abarcando una superficie de 11.264 ha. El tamaño de la muestra se definió por un diseño aleatorio y la adjudicación óptima de Neymann (Vivanco, 1995). El error máximo admisible "e" y permisible "k", fue 10 y 1, respectivamente.

Se analizaron dos modelos agrícolas de uso de la tierra (MAUT) contrastantes, monocultivo de soja (*Glycine max L Merr*) y rotación trigo/soja-maíz (*Triticum aestivum L./ Glycine max L. Merr-Zea mays L*), ambos en siembra directa. El análisis en cada UP consistió en la comparación de los balances de energía, de nutrientes de suelo, de carbono edáfico y de la eficiencia en el uso del agua.

Para el cálculo de los indicadores relacionados al ingreso y egreso de energía y los balances energéticos de los cultivos que integran ambos modelos de uso de la tierra, se utilizaron los parámetros energéticos sugeridos por Pereira dos Santos *et al.* (2000) y aplicados en la cuenca por Bonel *et al.* (2005). Los ingresos y egresos de energía se calcularon a partir de los datos de Energía directa (ingreso de gasoil), Energía indirecta (semillas + fertilizantes + pesticidas) y Energía egresada (biomasa cosechada). El balance energético (BE) se obtuvo de la relación: Egreso de energía - Ingreso de energía (directa+indirecta). Los valores de BE se expresan en megajoule/hectárea ($Mj.ha^{-1}$).

El balance de los nutrientes de suelo en ambos MAUT se basó en la relación ingreso/egreso (exportación) de tres macronutrientes: nitrógeno, fósforo y azufre (N, P y S). La exportación se obtuvo de tablas de referencia por cultivo (IPNI, 2011) y se consideraron las dosis y fuentes fertilizantes surgidas del relevamiento en las UP. En el caso soja se asumió que la fijación biológica de nitrógeno abastece el 55 % del requerimiento y que la exportación es 0,15 de su requerimiento (Racca, 2003).

Para el cálculo del balance de carbono edáfico se aplicó el modelo de simulación AMG (Andriulo *et al.*, 1999a, b). Se simuló la evolución a diez años de cada MAUT en el estrato 0-20 cm manteniendo el manejo actual (producción física, tipos y dosis de fertilizantes y el sistema de labranza siembra directa) con el propósito de estimar los cambios anuales medio de stock de carbono. De igual manera se consideraron los aportes medio de rastrojos y de raíces. Se planteó una línea base de 2,8 % de materia orgánica sin erosión hídrica.

En las UP se obtuvo un balance de agua simplificado cuyos componentes surgieron de la aplicación de un modelo de simulación hidrológica, de parámetros distribuidos y de operación continua en áreas de llanura (SHALL3), ajustado en la cuenca por Zimmermann *et al.* (2001) y estimado por Montico *et al.* (2006). Esta información se utilizó para ajustar en cada UP los valores de consumo hídrico (Evapotranspiración real, ETR) de los cultivos de los MAUT a partir de los sugeridos por Andrade & Sadras (2000). La eficiencia del uso del agua fue calculada de acuerdo a la relación kg granos obtenidos/mm agua consumida. Las medias de BE, BN, BC y EUA se compararon por Tuckey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cuenca posee 69.156 ha y la superficie agrícola es de 57.890 ha. El 69,6 % del área en agricultura está utilizada con soja de primera siembra, el 22,0 % con trigo/soja y el 8,4 % con maíz. En la Tabla 1 se indica la proporción de los tres usos por cada ciclo o año agrícola. La UP1 posee la mayor superficie con soja de primera siembra, trigo/soja y maíz, y la UP4 la menor, no obstante su ventaja ambiental respecto de las UP2 y UP3, posiblemente su mejor aptitud para pasturas de buena calidad forrajera contribuya a ello.

En el MAUT basado en soja continua (Tabla 2), el BE no mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las UP1 y UP4, la UP3 tuvo un déficit de 26,2 % respecto a la mejor situación (UP1): La menor producción física ha sido la causa dado que la tecnología de manejo no es muy diferente entre unidades de paisaje indicando ingresos energéticos similares. Los BE obtenidos son semejantes a los calculados por Bonel *et al.* (2005) y Montico (2009) en la misma cuenca.

La EUA fue mayor en las UP1 y UP4, diferenciándose significativamente ($p < 0,05$) de las UP2 y UP3. Resultó más eficiente el uso del agua en los mejores escenarios agronómicos, siendo los valores cercanos a los informados por otros autores en ambientes cercanos (Andriani, 2002; Vilche *et al.*, 2009).

El balance de nutrientes es negativo para N, P y S. No obstante la condición ventajosa de las bacterias simbiotas en soja, el déficit de nitrógeno es el mayor de los tres macronutrientes, luego el fósforo y el azufre es el de menor carencia. UP2 y UP3 son las peores respecto a N y P, siendo UP3 la de mayor pérdida de S, sin diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las otras tres UP. Tal como aseguran Cordone & Martínez (2004) cuando analizaron ambientes semejantes a los aquí estudiados, el alto consumo de N por parte de soja y la muy baja reposición por fertilización, además del escaso aporte de los rastrojos y raíces, conducen a la importante disminución de estos nutrientes en el suelo.

Respecto al BC edáfico, resultó negativo y diferente ($p < 0,05$) en todas las situaciones, observándose la mayor pérdida en la UP3, y no obstante la mejor aptitud de la UP1, esta mostró un decrecimiento anual importante de carbono. Álvarez (2005) confirmó esta condición en su estudio de suelos de la Pampa Ondulada sometidos a diferentes manejos.

En la Tabla 3 el MAUT trigo/soja-maíz, se observan valores de BE elevados, la participación del maíz en la secuencia de cultivos incrementa los egresos debido a la importante producción física por hectárea. La UP1 es la mayor no encontrándose diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las UP2 y P3. La diferencia entre los extremos es de 13,2 %. Aquí los BE fueron semejantes a los calculados por Bonel *et al.* (2007) en estudios realizado en la misma región.

En relación al uso del agua, las UP1 y UP4 fueron significativamente ($p < 0,05$) más eficientes que las UP2 y UP3. Las gramíneas que integran la secuencia de cultivos en la rotación seguramente aportan su mejor capacidad en la conversión de agua a grano

respecto a la leguminosa. Esta condición mejora sus oportunidades productivas en ambientes agrónomicamente más favorables, pues los componentes del balance hídrico no poseen limitantes severas.

Los tres macronutrientes, N, P y S, poseen saldo positivo en el BN aunque no muy elevado, no hallándose diferencias significativas ($p < 0,05$) para las UP1 y UP4. Entre las UP2 y UP3 tampoco hubo diferencias significativas, a excepción del P en donde la UP3 difiere significativamente de las otras unidades de paisaje. Esto estaría basado en la influencia de la calidad ambiental sobre la posibilidad de ofertar suficientemente estos nutrientes, situación comentada por Montico & Di Leo (2002) en un estudio realizado en una cuenca cercana a la del arroyo Ludueña.

UP	Trigo/Soja	Maíz	Soja Primera
1	9,9	3,0	37,9
2	3,7	1,7	10,6
3	7,4	2,7	17,3
4	1,0	1,0	3,8

Tabla 1. Proporción porcentual de la ocupación del sector agrícola por año agrícola en las unidades de paisaje (UP) de la cuenca del arroyo Ludueña (Santa Fe, Argentina).

Rotación	UP	BE Mj.ha ⁻¹ . Año ⁻¹	EUA kg.mm ⁻¹ . Año ⁻¹	BN			BC kg.ha ⁻¹ . Año ⁻¹
				N	P	S	
Monocultivo Soja	1	46.830a	7,92a	-39a	-12a	-5a	-256a
	2	40.135b	6,45b	-49b	-14b	-6a	-470c
	3	34.566c	5,59b	-53b	-15b	-9b	-557d
	4	44.239a	7,36a	-42a	-11a	-5a	-340b

Tabla 2. Valores de los balances de energía, nutrientes, carbono y eficiencia del uso del agua del monocultivo de soja por año agrícola en las unidades de paisaje (UP) de la cuenca del arroyo Ludueña (Santa Fe, Argentina).

Nota: valores seguidos de letras distintas en sentido vertical diferencian medias para $p < 0,05$.

Rotación	UP	BE	EUA	BN			BC	
		Mj.ha ⁻¹ . Año ⁻¹	kg.mm ⁻¹ . Año ⁻¹	kg.ha ⁻¹ . Año ⁻¹			kg.ha ⁻¹ . Año ⁻¹	
				N	P	S		
Trigo /	1	103.567a	13,26a	10a	3a	7a	502a	
Soja-Maíz	2	91.993c	10,06b	4b	2a	2b	377b	
	3	89.453c	9,07b	4b	1b	2b	289c	
	4	99.223b	12,54a	8a	3a	7a	489a	

Tabla 3. Valores de los balances de energía, nutrientes, carbono y eficiencia del uso del agua de la rotación trigo/soja-maíz por año agrícola en las unidades de paisaje (UP) de la cuenca del arroyo Ludueña (Santa Fe, Argentina).

Nota: valores seguidos de letras distintas en sentido vertical diferencian medias para $p < 0,05$.

El balance de carbono de suelo fue positivo en todas las UP, siendo mayor el de las UP1 y UP4 sin diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ellas. La UP3 fue la que menos incrementó el stock de carbono (-213 kg respecto a la UP1). Los importantes aportes de residuos (rastros y raíces) no son suficientes para vulnerar la inercia ambiental de las unidades de paisaje de menor aptitud.

En las Figuras 3, 4, 5 y 6, se muestran de manera conjunta los resultados de los parámetros (BE, EUA, BN y BC) medidos y utilizados para comparar los dos MAUT en las cuatro UP de la cuenca.

Las unidades paisajísticas con rotación trigo/soja-maíz tuvieron un balance energético más favorable (56.737 Mj.ha⁻¹, 51.858 Mj.ha⁻¹, 54.887 Mj.ha⁻¹ y 54.984 Mj.ha⁻¹, para UP1, UP2, UP3 y UP4, respectivamente) que con monocultivo de soja, lo que supone un mejor aprovechamiento de la superficie productiva y por unidad de tiempo, principalmente de los insumos naturales, agua y radiación solar. Estas diferencias coinciden con lo oportunamente informado por Vilche *et al.* (2006) en iguales modelos productivos de la región.

Mayor producción física en granos por unidad de agua consumida, es un beneficio que un sistema de producción puede exhibir como ventaja frente a otros, fundamentalmente a través de la optimización de esta eficiencia por métodos tecnológicos y estrategias de manejo. En este sentido, la rotación, aumenta la cobertura del suelo por un período mayor al monocultivo de soja con cultivos de buena conversión agua ingresada: grano obtenido. En las UP se aumenta la EUA por el cambio de modelo de uso entre valores superiores a 3 y menores a 6, siendo comparables a los obtenidos por otros autores (Della Maggiora *et al.*, 2002; Micucci *et al.*, 2002). De la UP1 a la UP4, se presentan EUA de 5,34; 3,61; 3,48 y 5,18 kg grano.mm⁻¹, respectivamente. Evidentemente en las UP de menor calidad ambiental el incremental es menor.

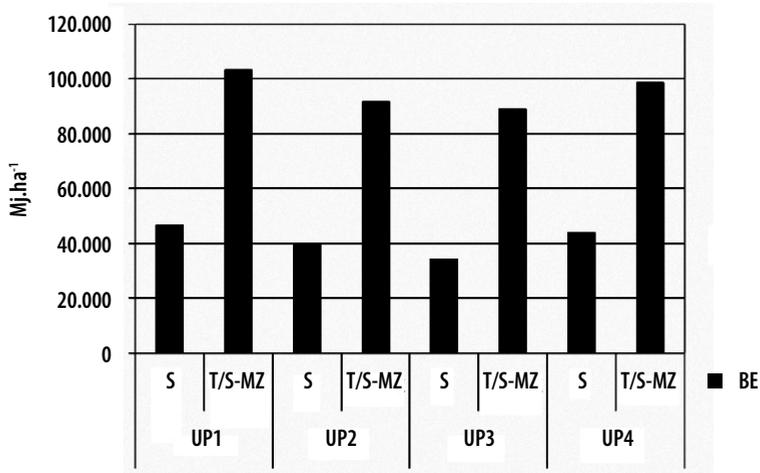


Figura 3. Valores del balance de energía del monocultivo de soja y de la rotación trigo/soja-maíz por año agrícola en las unidades de paisaje (UP) de la cuenca del arroyo Ludueña (Santa Fe, Argentina).

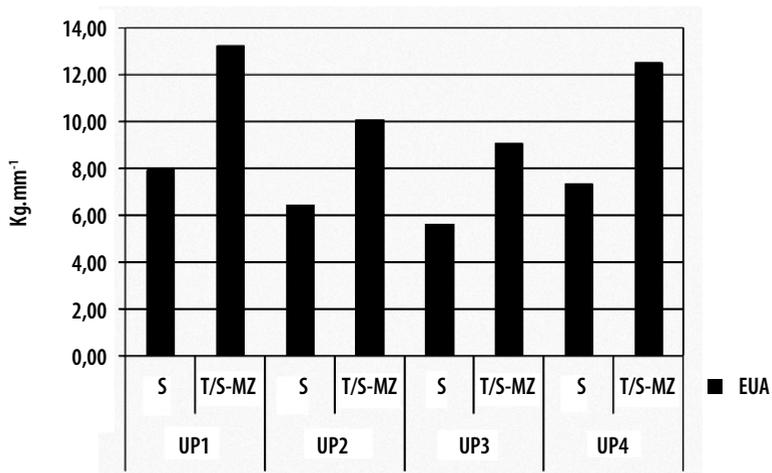


Figura 4. Valores de la eficiencia del uso de agua del monocultivo de soja y de la rotación trigo/soja-maíz por ciclo agrícola en las unidades de paisaje (UP) de la cuenca del arroyo Ludueña (Santa Fe, Argentina).

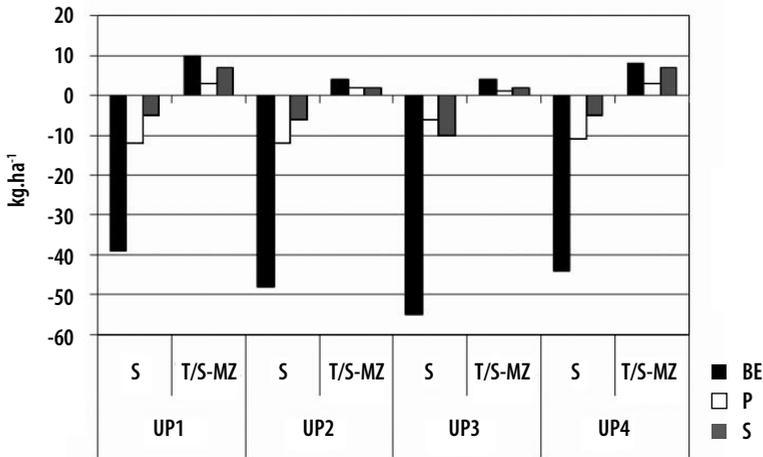


Figura 5. Valores del balance de nutrientes (N, P y S) del monocultivo de soja y de la rotación trigo/soja-maíz por año agrícola en las unidades de paisaje (UP) de la cuenca del arroyo Ludueña (Santa Fe, Argentina).

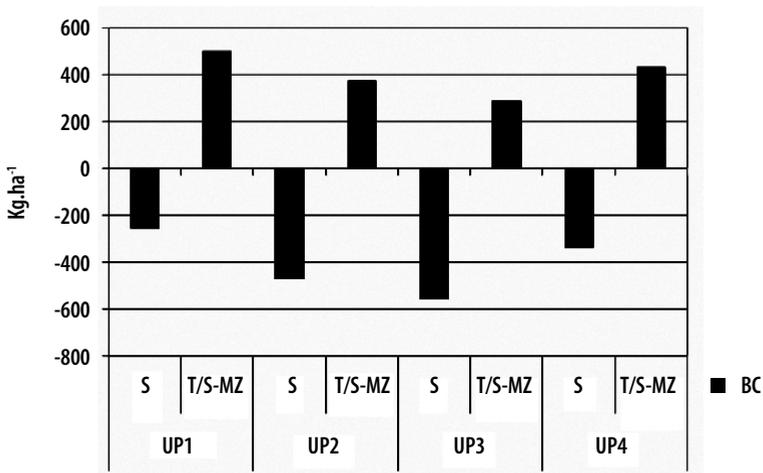


Figura 6. Valores del balance de carbono del monocultivo de soja y de la rotación trigo/soja-maíz por año agrícola en las unidades de paisaje (UP) de la cuenca del arroyo Ludueña (Santa Fe, Argentina).

Con relación al BN, la inclusión de las dos gramíneas (trigo y maíz) alternadas con soja y que definen el nuevo modelo de uso de la tierra sustituyendo al monocultivo de soja, junto a la gestión de manejo (fertilización), revierte el saldo negativo de los tres macronutrientes. El nitrógeno es el que manifiesta los mayores cambios (UP1 a UP4: +49, +52, +59 y +52 kg.ha⁻¹), siendo similares las diferencias para P y S (UP1 a UP4: +15/+12, +11/+8, +7/+12 y +14/+12 kg.ha⁻¹, respectivamente). Tal como sostienen Díaz-Zorita *et al.* (2002), en todo escenario productivo balancear las rotaciones produce beneficios en la fertilidad de los suelos y la diferencia con el monocultivo es tan relevante como necesaria.

El tenor de materia orgánica de los suelos es el principal indicador de su calidad y por lo tanto de su adecuada funcionalidad. Expresada también como cantidad de carbono orgánico edáfico es una propiedad que posee una íntima relación con prácticas agronómicas como las labranzas y las rotaciones. Esta última mostró en las UP evaluadas cuando se reemplazó el monocultivo de soja por la rotación aumentos cercanos a los 1.000 kg.ha⁻¹ (de la UP1 a la UP4: +758 kg.ha⁻¹, +847 kg.ha⁻¹, +846 kg.ha⁻¹ y +774 kg.ha⁻¹, respectivamente), transformado los saldos negativos en positivos para todas las situaciones. Cambios similares fueron comunicados por Andriulo *et al.* (1999 a y b) en estudios realizados en la Pampa Ondulada Argentina.

Los parámetros seleccionados para analizar comparativamente los dos MAUT contrastantes evidenciaron que el heterogéneo soporte natural de la cuenca, representados por las unidades de paisaje, condiciona la expresión productiva agrícola. Los resultados aquí obtenidos poseen coincidencias con los indicados por Cordone & Martinez (2008) en un estudio realizado en modelos productivos del centro sur de la provincia de Santa Fe (Argentina) comprendiendo distintos períodos interanuales. También revisten similitud con los informados por Ferrari (2010) cuando analizó la sustentabilidad de los sistemas agrícolas en Pergamino (Buenos Aires).

Resulta imprescindible incorporar más elementos de análisis para optimizar la evaluación de la sustentabilidad de los diferentes modelos de uso de la tierra vinculados a distintos escenarios ambientales. La evaluación debe agregar mayor complejidad sumando otros componentes naturales, los económicos, los sociales y los culturales. Ante la amenaza de continuidad y también de profundización del planteo eminentemente sojero para la región pampeana (y extra-pampeana), basado en una ya demostrada peligrosa simplificación de los agroecosistemas, deben contraponerse alternativas que prevengan la degradación, brinden seguridad y eficiencia sistémica, asegurando estabilidad de la empresa rural y mejorando la calidad de vida de la sociedad.

CONCLUSIONES

La cuenca del arroyo Ludueña posee características ambientales que posibilitan la identificación de diferentes unidades de paisajes. Los balances de energía, de nutrientes y de carbono y la eficiencia del uso del agua, resultaron parámetros útiles para comparar dos modelos contrastantes de uso de la tierra, monocultivo y rotación, y fueron condicionados por los atributos de las unidades de paisaje. La rotación que incluye gramíneas resultó altamente superior al monocultivo de soja en todos los parámetros analizados y aporta, aunque parcialmente, a la sustentabilidad regional.

Recibido | Received: 01 de julio de 2011

Aceptado | Accepted: 31 de octubre de 2011

REFERENCIAS

- Abelli, N., S. Montico & R. Tron.** 1988. Relevamiento de unidades morfoedáficas en el área de influencia de la Cooperativa Agrícola-Ganadera de Chabás. I Simposio internacional sobre el holoceno superior en América del Sur. Octubre 1988. Paraná, Argentina (Abstract). 258 pp.
- Andrade, F.E. & V.O. Sadras.** 2000. Efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Andrade, F. E. y Sadras, V.O., editores. Editorial Médica Panamericana SA. Bs As. Argentina.
- Andriani, J.** 2002. Estrés hídrico en soja. *Rev. IDIA XXI, Oleag: soja*. Año II, (3): 48-51.
- Andriulo, A., J. Guérif & B. Mary.** 1999a. Evolution of soil carbon with various cropping sequences on the Rolling Pampas. Determination of carbon origin using variations in natural ^{13}C abundance. *Agronomie*, 19:349-364.
- Andriulo, A., B. Mary & J. Guérif.** 1999b. Modelling soil carbon dynamics with various cropping sequences of the Rolling Pampas. *Agronomie*, 19:365-377.
- Bonel, B., S. Montico, N. Di Leo, J. Denoia & M. S. Vilche.** 2005. Análisis energético de las unidades de tierra en una cuenca rural. *FAVE, Secc. Cienc. Agrar.*, 4 (1-2):37-47.
- Bonel, B., S. Montico, J. Denoia & N. Dileo.** 2007. Gestión de la energía ingresada por el hombre en diferentes rotaciones agrícolas y en regiones contrastantes. *RCA, Rev. cient. agropec.* 11(1):33-43.
- Cáceres, L.M.** 1980. Caracterización climática de la provincia de Santa Fe. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Provincia de Santa Fe, Argentina. 35 pp.
- Cordone G. & F. Martínez.** 2004. El monocultivo de soja y el déficit de nitrógeno. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* Nº 24, 1-4.
- Cordone, G. & F. Martínez.** 2008. Nuevos indicadores para caracterizar modelos productivos predominantes en el Centro Sur de Santa Fe. *Actas Congreso AADER*. Tucumán, Argentina.
- Costanza, R. & H. E. Daly.** 1992. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 6: 37-46. En: Harte (1995) *Ecology, sustainability and*