



## SUSTENTABILIDAD DE UN SISTEMA MIXTO MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DEL MANEJO DE SUELO, CULTIVOS, ANIMALES Y RESIDUOS

Sustainability of a mixed system by integrating the management of soil, crops, animals and waste

Héctor Luis Leguía<sup>1,2</sup>; Liliana Pietrarelli<sup>1,3</sup> y Alejandro Re<sup>4</sup>.

### RESUMEN

Las transformaciones productivas y tecnológicas en las últimas décadas en Argentina, promovieron la especialización e intensificación productiva que enfatizó factores relacionados a la productividad, pero relegó la integración entre componentes. En sistemas de mayor biodiversidad como los mixtos, puede encontrarse un manejo inclusivo de componentes y procesos, que opera el sistema como un todo. Para verificarlo, se estudió un sistema mixto de la zona central de Córdoba, analizando mecanismos que regulan la productividad, aportes de restos orgánicos, actividad de agentes biológicos favorables o adversos y subsidios entregados. El análisis revela que una cadena trófica extensa y diversa unida a un manejo conservacionista de suelo, favorece el control natural de plagas, un importante papel biológico en la fertilidad integral del suelo y favorables balances de materia orgánica y nutrientes. La sustentabilidad del sistema deriva de un manejo integrador que permite la estabilidad de la capacidad productiva, ahorro de insumos que mejoran la eficiencia energética y reducción de impactos ambientales negativos.

**Palabras clave:** Sistemas Biodiversos, Sinergias Ecológicas, Aportes de Materia Orgánica, Eficiencia Energética en Agroecosistemas.

### ABSTRACT

The productive and technological transformations that took place in the last decades in Argentina, promoted the specialization and intensification of production which emphasized factors related to productivity, but relegated the integration between components. In systems of greater biodiversity, as the mixed ones, you can find an inclusive management components and processes, which operates the system as a whole. To verify this, we studied a mixed system of the central area of Córdoba, was evaluated as follow: the mechanisms for addressing productivity, the contributions of organic waste, regulating favorable or adverse biological agents and given subsidies. The analysis showed that a wide and diverse trophic chain together with to a conservative management of soils, favors a natural pests control, an important biological role in the integral fertility of the soil and favorable balance of organic matter and nutrients. The sustainability of the system derives from a integrated management that allows a stable productive capacity, saving inputs which improve energy efficiency and the reduction of negative impacts.

**Keywords:** Biodiverse Systems, Ecological Synergies, Inputs of Organic Matter, Energy Efficiency.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba

<sup>2</sup> E-mail: heleguia@agro.unc.edu.ar

<sup>3</sup> E-mail: lipietra@agro.unc.edu.ar

<sup>4</sup> Instituto Sagrado Corazón. Oliva. Córdoba. E-mail: alejandrore06@gmail.com

Recibido em:  
06/02/2017

Aceito para publicação em:  
25/05/2018

Correspondência para:  
heleguia@agro.unc.edu.ar

## Introducción

Las transformaciones productivas de los últimos 25 años, en Argentina, no tienen precedentes en toda la historia agropecuaria del país tanto por la celeridad como por la magnitud de los cambios (GIBERTI, 2010). Entre ellos, la composición de actividades productivas, el manejo de suelos, innovaciones mecánicas, químicas, informáticas y biotecnológicas y cambios en las problemáticas ambientales y socio-económicas relacionadas a cada situación (ROMAGNOLI, 2003; PENGUE, 2004). El modelo vigente promovió la especialización e intensificación productiva, mediante el uso creciente de capital, bienes e insumos y una lógica económica cortoplacista. El enfoque reduccionista subyacente priorizó componentes y factores relacionados a la productividad menoscabando los beneficios de la diversidad y la integración entre componentes, lo que podría alimentar un círculo vicioso de mayor simplificación, fragilidad y dependencia.

Un fuerte proceso de agriculturización y sojización fue promovido y afianzado por sucesivos paquetes tecnológicos (RABINOVICH y TORRES, 2004; PIETRARELLI, 2009). Desde el 2000 y en sólo 5 años, la forma más simplificada de agricultura extensiva: soja transgénica en siembra directa con uso de glifosato, triplicó su valor territorial y pasó a representar de un 30 a un 85% de la superficie agrícola nacional (BISANG y SZTULWARK, 2006). La simplificación aumentó la fragilidad ante adversidades climáticas, económicas y biológicas, disminuyó los mecanismos homeostáticos de auto-regulación de poblaciones y redujo la participación biológica en la circulación de materia, agua y energía y en la fertilidad edáfica. Además del desplazamiento y disminución de establecimientos ganaderos, el modelo provocó, en los sistemas remanentes de cría y tambo, una creciente incorporación sojera pero con escasa integración a la actividad ganadera, deteriorando los mecanismos originales de conservación (HOSMAN y PREDÁ, 2007). En las etapas ganaderas de recría y terminación se generalizó una fuerte intensificación mediante el engorde a corral o “feedlot” que instala una dicotomía productiva, donde las áreas de producción vegetal exportan la mayor parte de su biomasa y las superficies ganaderas se transforman en un foco de contaminación del medio físico y generan condiciones sanitarias deficientes (HERRERO y GIL, 2008).

Paradójicamente, en pleno desarrollo del concepto de sustentabilidad, la retracción de la actividad ganadera y la expansión sojera, generaron agroecosistemas cada vez más simples, frágiles y dependientes de intervenciones e insumos destinados a suplir su funcionamiento ecológico (FLORES y SARANDÓN, 2005). A mayor escala, se debe sumar el deterioro de servicios ambientales, simplificación de intercambios inter sistémicos y aumento de externalidades negativas sobre el entorno natural y productivo (MANCHADO, 2010; GIL et al., 2009).

A fines de los 90, un estudio realizado en la zona central de Córdoba sobre la biodiversidad de los agroecosistemas, reveló que los sistemas mixtos, con 40 a 50 % de superficie ganadera, tenían mayor riqueza, diversidad y equidad de especies (ALESSANDRIA et al., 2002). Actualmente, pese a su escasa expresión territorial, contienen condiciones que pueden asegurar su sustentabilidad ambiental, siempre que sus componentes estén suficientemente integrados por el manejo tecnológico. Además, representan una racionalidad orientada a la conservación del medio natural (ALMEIDA et al., 2001) y económicamente viables, en el contexto imperante. Dado que estos sistemas tienen una estructura compleja, sus resultados no dependen tanto de componentes individuales, sino más bien de las interacciones entre ellos (VENEGAS y SIAU, 1994).

El objetivo del trabajo, fue identificar y analizar los mecanismos internos de un sistema mixto que aportan a la fertilidad integral del suelo, a la regulación biótica y a su eficiencia energética y contribuyen a la conservación y estabilidad de su capacidad productiva.

## Metodología

El trabajo presentado corresponde a un estudio de caso de acuerdo a la metodología descrita por Yacuzzi (2005), que permitió abordar y profundizar numerosas relaciones causa-efecto de procesos ecológico-técnicos que, en interacción con otros, regulan los resultados del sistema. El establecimiento se ubica en la llanura pampeana de la región central de Córdoba, Argentina, Lat.(S) 32° 02' y Long.(W)

63° 40' entre la zona semiárida y subhúmeda, con un promedio de 780 mm/año. Los suelos haplustoles típicos y énticos son profundos, franco-limosos y pertenecen a las series Oncativo y Oliva (INTA-SMAGYRR, 1987). Ensayos conducidos por INTA (2013) sobre cultivares de alfalfa en la zona, permiten deducir un contenido actual de 1.8 % de materia orgánica. La actividad predominante es agrícola con fuerte predominio de soja, mayor a 60% de la superficie, seguido de proporciones bajas de maíz (20%) y mucho menores de sorgo y maní. El trigo, suele ocupar 10 a 20 % del territorio, asociándose a sojas de segunda. Tendencia verificada en una muestra de 40 sistemas de la región central de Córdoba (DE LA CASA y LEGUÍA, 2012).

El relevamiento general del sistema se realizó mediante una encuesta específica y recopilación de datos prediales productivos y tecnológicos contenidos en registros, fichas técnicas, balances e inventarios. Se hicieron mediciones a campo de productividad y biomasa de residuos y análisis de suelo complementarios.

A partir de la identificación de la estructura trófica del sistema, se seleccionaron componentes que se integraron en modelos de flujo de energía y ciclo de materia, de acuerdo con Ottmann et al., (2009), incluyendo entradas, salidas, procesos productivos, depósitos y productos. Los valores utilizados en estos modelos fueron calculados por un programa que permitió conectar y relacionar la productividad de los distintos componentes tróficos y especialmente, estimar los aportes de restos o residuos al sistema edáfico.

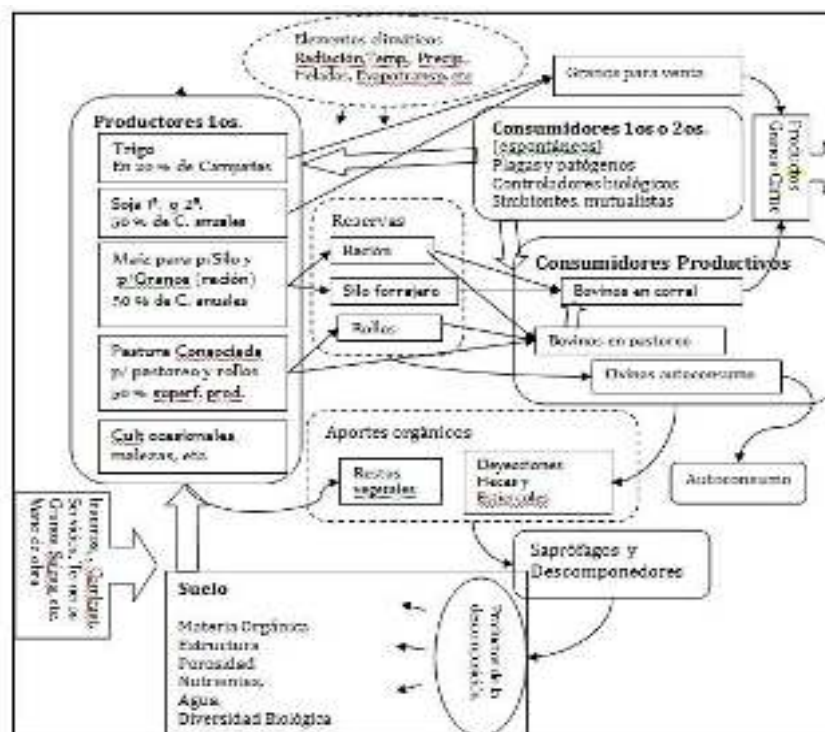
Estos aportes se cuantificaron mediante índices de cosecha de los cultivos anuales y coeficientes de pérdidas en la elaboración de reservas y en el manejo pastoril. El retorno por deyecciones animales, se calculó mediante valores de consumo registrados y la digestibilidad de los distintos alimentos señalados por Boetto y Gomez Demmel (2012). El análisis energético se realizó valorando los subsidios en servicios, labores e insumos entregados en cada rubro agrícola y pecuario y los valores de productos en Megajoules (MJ) de acuerdo a la metodología de Pimentel et al. (1991). Los valores de eficiencia energética resultan del cociente entre los valores de productos y los subsidios entregados.

## DESARROLLO

El sistema productivo consta de 295 has y es manejado por 2 productores emparentados por lazos familiares. La gestión es netamente familiar y la operación incluye además, una persona contratada en forma permanente y contratados ocasionales. Dentro de la tipología definida por Basco (1993) el sistema se definiría como de un familiar-capitalizado, con una superficie suficiente, capital adecuado pero con limitaciones, mano de obra familiar y contratada y una racionalidad económica orientada a obtener un beneficio económico, pero combinada, con un fuerte propósito de conservación de los recursos. En el sistema se contratan los servicios de ensilado, enrollado y las tareas agrícolas de pulverización y cosecha.

### Estructura trófica del sistema

La estructura trófica del sistema representada en la Figura 1 está compuesta por productores primarios que corresponden a 3 cultivos anuales, una pastura de 4 especies forrajeras consociadas y malezas.



**Figura 1.** Estructura trófica del sistema: Productores primarios, consumidores productivos, saprófagos y descomponedores, enmarcados en un contexto climático y edáfico.

Los consumidores productivos son bovinos en engorde y ovinos para autoconsumo. Otro grupo de consumidores primarios o secundarios espontáneos (plagas, patógenos, controladores) pueden regular, positiva o negativamente, la productividad vegetal y animal del sistema. Esta red genera un conjunto de restos que alimenta la población de saprófagos y descomponedores, cuya actividad define gran parte de las características del medio edáfico, lo que retroalimenta toda la estructura trófica.

### Uso del suelo: cultivo y pasturas

La superficie de la unidad productiva se divide en 8 lotes de aproximadamente  $36 \pm 4$  has. Un 50% de la superficie total se ocupa con pastura y un 50% con cultivos anuales. Se implementa una rotación mixta de 4 años de pastura, seguidos por 4 años de cultivos anuales que a su vez rotan entre sí, en una secuencia de Soja-Maíz-(trigo)-Soja (trigo)-Maíz. El cultivo de trigo, puede o no participar de la secuencia, normalmente, sólo se incluye en 20 a 25% de las campañas. Todos los años se implanta  $\frac{1}{4}$  de la superficie con pastura, mientras que una cantidad similar se interrumpe, dando paso a un ciclo agrícola.

Las parcelas con soja y trigo se destinan a granos para venta, en cambio, los dos lotes de maíz se destinan a reservas. Uno de ellos a la elaboración de silo forrajero y el otro a la producción de grano de maíz para elaborar raciones (Figura 1). La implantación de la pastura se hace luego del maíz para silo, lo que según el productor, evita un efecto alelopático de la soja sobre las alfalfas. La pastura es de composición polifítica (alfalfa, trébol blanco, cebadilla y festuca). Estas especies tienen diferencias en sus ciclos, canopias y sistemas radiculares, optimizando el uso del espacio aéreo y edáfico y establecen una apreciable biodiversidad.

En una cadena de pastoreo, se deben proporcionar las superficies de los distintos cultivos forrajeros para lograr una productividad constante (VIGLIZZO, 1981). En el caso de la polifítica esto ocurre a nivel de cada metro cuadrado, y ya no se trata de regular superficies, sino de regular las proporciones de semillas. La pastura polifítica debido a su mayor diversidad contrarresta la invasión de malezas y permite la sustitución de las alfalfas que se pierden, con las otras especies acompañantes;

tiene mayor productividad y estabilidad que una pastura monofítica y reduce la posibilidad de empaste al diversificar la dieta de los animales y aportar fibras que diluyen la concentración de saponinas.

El sistema de producción bovina es engorde de novillos Holando-Argentino. Los animales se compran con unos 180 kg y se terminan con 530 a 550 kg, y se destinan a la exportación. El período de engorde es de 18 meses y está dividido en dos fases: una pastoril de 15 meses, en base a pastura, ración y rollos y, luego de los 400 kg, una breve terminación a corral, basada en silo forrajero y ración, durante 3 meses.

La productividad final del sistema es de unos 224.600 kg de carne en pié/año, cifra coincidente con el balance anual de peso vivo entre animales comprados (113.436 kg) y vendidos (338.040 kg.) El engorde a corral agrega unos 90.000 kg a los 134.600 kg incorporados en la etapa de pastoreo, por año. El ritmo de engorde promedio es de 0.64 kg/día por cabeza y una productividad animal próxima a 1000 kg/ha.año. La utilización de esta raza capitaliza la cercanía a una cuenca lechera, donde el ternero Holando, es abundante y barato.

La pastura se aprovecha con un pastoreo rotativo intensivo. Cada lote se subdivide con boyero eléctrico, en 36 parcelas diarias de 1 ha, para abastecer 4 rodeos de 150 a 190 animales, según su peso. El período de descanso promedio de la pastura es de unos 45 días, variando de casi 2 meses en la estación fría y seca, a poco más de 30 días, en el periodo cálido y húmedo. En total, se logran 8 usos (pastoreos o cortes) por año, que permiten el control cultural de plagas, la elaboración de reservas, minimizar el pisoteo cuando hay lluvias y regular las variaciones de productividad. La provisión de agua, rollo y ración se realiza en un callejón central que atraviesa las pasturas. Los rollos complementan la dieta de los animales en pastoreo y proporcionan fibra, que el animal busca para balancear su dieta, reduciendo empaste y casos de enterotoxemia que se originan en un rumen desequilibrado en fibra. En la totalidad del sistema, se consumen 1,4 rollos/día de 600 kg. (500 rollos/año). La ración se elabora en el predio con una mezcla de grano de maíz partido (800.000 kg/año) y distintas sales (18.040 kg/año) y se suministra diariamente en los callejones centrales de los lotes y en el corral de estabulación, La dosis de ración se calcula para el 1% del peso vivo. El promedio es de 2,48 kg de ración/animal.día.

Las sales aportan Ca, Mg, Zn, Cu, N, P y S, y además de su valor nutritivo, mejoran la digestibilidad del alimento y la resistencia de piel, mucosas y faneras, previniendo enfermedades clostridiales (pietín) y paperas bucales. Las deyecciones, devuelven parte de estos macro, meso y micro nutrientes, enriqueciendo la fertilidad química de los lotes.

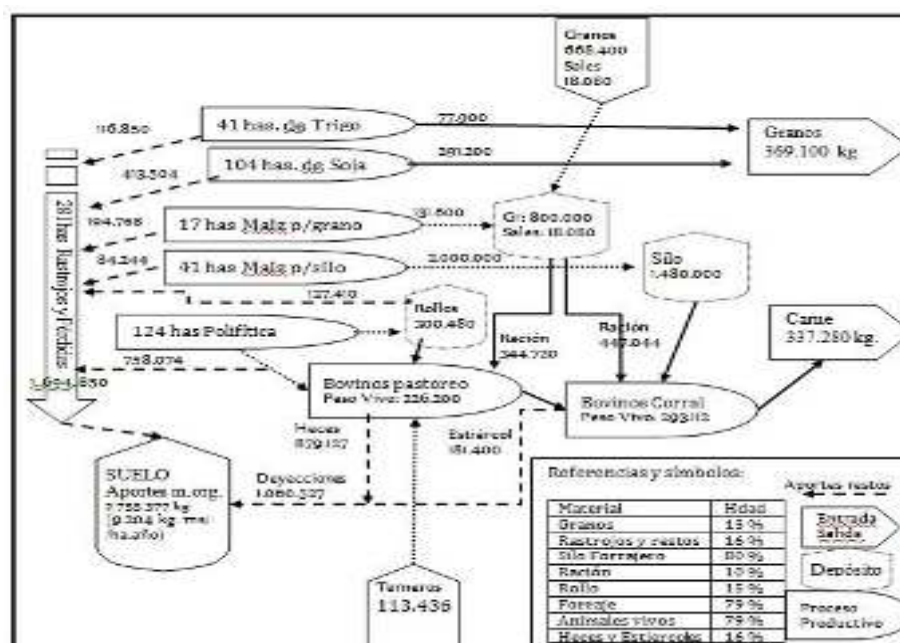
### El engorde a corral: El reciclado de los estiércoles

Los animales de 400 kg, ingresan al corral de estabulación durante 90 a 100 días y hacen un consumo voluntario de silo forrajero y de ración. El silo de maíz es de tipo puente, con paredes fijas, piso de cemento y sin cubierta. Se proporciona mediante un consumo frontal, desde ambos extremos, mediante estructuras metálicas construidas por los productores, que se desplazan por el empuje de los animales. El corral de encierre (1,5 has para 220-230 cabezas) tiene dimensiones concebidas con el propósito de que los animales no compitan en su acceso al silo y a los comederos. El uso del corral de encierre se interrumpe dos meses al año para extraer el estiércol con una pala frontal y elaborar el nuevo silo.

### La cadena de productividad: mecanismos de regulación

En la Figura 2 se representan las entradas, circulación y salida de materia en el sistema estudiado. Los granos de maíz comprados (668.400 kg/año) equivalen a 41 has de maíz y dependen de los granos producidos y la demanda ganadera. Las sales (18.040 kg/año) son proporcionales a estos granos totales. La compra de animales (113.436 kg/año) es también gradual en el año y permite acomodar la carga a la productividad potencial de pasturas y reservas. Las salidas son granos de trigo y de soja (369.100 kg/año) y animales terminados (337.280 kg/año).





**Figura 2.** Circulación de materia en el sistema, considerando superficies censadas: Las flechas enteras indican la cadena productiva (kg). Las flechas punteadas los aportes de restos de cada componente (kg). Se simbolizan procesos productivos, depósitos y flujos de entrada y salida de materiales.

El depósito de granos de maíz, se obtiene con la cosecha de un lote, se complementa con compras y abastece el depósito de raciones preparadas, que es de reposición periódica, cada 10 días. Los rollos también son elaborados en forma continua y responden a necesidades del rodeo, al manejo de la pastura y al control cultural de plagas. El depósito más importante es el silo forrajero, que se elabora con 2.000.000 de kg de material picado, 36 a 40 has de maíz, para abastecer durante 10 meses al corral de encierre. Si la productividad del lote de maíz para silo no alcanza, se toma algo del otro lote con maíz y se aumenta la compra de granos (Figura 2).

### Reducción de plagas y minimización de insumos:

Existen en el sistema varias condiciones que reducen la incidencia de plagas. La biodiversidad espacial y temporal de especies inhibe la difusión, expansión o reincidencia de plagas y favorece a controladores biológicos (ALESSANDRIA et al., 2002). La condición del suelo provee recursos y nutrición balanceada a las especies vegetales, las hace más resistentes y constituye una barrera biológica para patógenos edáficos, favoreciendo además a organismos simbióticos (BALIÑA y ZORITA, 2006). La reducción de plagas y la fertilidad del suelo, hacen innecesarios muchos agroquímicos. Situación que retroalimenta y optimiza los mecanismos de control. Un caso emblemático en el sistema es el gusano blanco (*Diloboderussp.*), plaga importante de los cultivos agrícolas. El umbral de daño es de 4 y 6 orugas/m<sup>2</sup> para trigo y maíz, y se desaconseja sembrar soja con 20 orugas/m<sup>2</sup>. En la pastura se contaron unas 100 galerías por m<sup>2</sup> pero actúa como insecto benéfico para la porosidad, aireación y distribución de la materia en el perfil del suelo, y no afectan ninguna planta durante la etapa agrícola.

No se usan inoculantes en soja, enraizadores en maíz, ni cura-semillas en sojas y trigo. La compra de semillas es mínima. En Soja y Trigo el productor adquiere un 5 a 10% de la cantidad sembrada, y sólo para probar variedades promisorias que luego reproduce. En Maíz, compra el 100% de la semilla. No se usan fertilizantes, en ninguno de los lotes del sistema, durante toda la rotación mixta. Los herbicidas, en los lotes agrícolas son similares a los empleados en la zona, con la salvedad que no se usan herbicidas de efecto residual.

No se aplican plaguicidas sobre la pastura. El control es cultural, con cortes y pastoreos. En sojas, los insecticidas empleados se reducen en un porcentaje variable, que el productor atribuye a un monitoreo continuo y dejar el control químico como la última alternativa

## La eficiencia energética ganadera y agrícola

Los registros técnico-productivos se transformaron en registros energéticos (Megajoules), discriminando insumos, labores y productos. Con estos datos se calcularon los valores de eficiencia energética (Tabla 1) como el cociente entre la energía obtenida como producto y los subsidios totales, insumos y labores, entregados (IERMANÓ, 2015, PEREYRA DOS SANTOS et al., 2007).

**Tabla 1.** Componentes del cálculo de eficiencia energética, para distintos rubros del establecimiento. Valores en Megajoules/año, para las superficies especificadas.

Actividad o Rubro	Superf.	E. Insumos (a)	E. Labores (b)	E. Total (a+b)	E. Producto (c)	Eficiencia c/(a + b)
<b>Cultivos. Agrícolas</b>	104 has					
<b>Trigo</b>	41 has	83.427,00	52.192,00	135.619,00	1.253.555,00	<b>8,90</b>
<b>Soja</b>	104 has	539.849,00	46.872,00	586.721,00	4.874.688,00	<b>7,00</b>
<b>Anuales p/reservas</b>	57 has					
<b>Maíz (131.600 kg)</b>	17 has	62.706,00	17.865,00	78.796,00	1.946.104,00	<b>24.69</b>
<b>Sales (2.974 kg)</b>		14.870,00	644,00	15.510,00		
<b>Ración (mezcla)</b>				94.306,00	1.988.476,00	<b>21.09</b>
<b>Maíz p/Silo</b>	40 has	136.961,00	94.344,00	231.305,00	16.650.000	<b>72,00</b>
<b>Pastura</b>	124 has					
<b>Rollos (12.5 % biomasa)</b>		60.906,32	361.603,84	422.510,16	5.456.000	<b>16,42</b>
<b>Forraje (87.5 % biom.)</b>		60.906,32	8.699,84	9.606,16	646.722.000	<b>2.827,00</b>
<b>Prod. forraje y reserva</b>	124 has					<b>421,53</b>
<b>Ganadería</b>	178 has					
<b>Pastoreo</b>	175 has	1.706.922,0 (terneros de 180kg)		811.461,28	2.282.280,00	<b>2,81</b>
<b>Corral</b>	2 has	3.309.040,0 (anim. de 400 kg)		524.937,22	1.191.259,40	<b>2,27</b>
<b>Produc. total de Carne</b>	178 has	1.706.922,00 (terneros)		1.336.398,00	3.473.534,00	<b>2,60</b>

**Notas:**-La ración se calculó para el maíz de 17 has (un 28 % de la cantidad anual elaborada).

- En ganadería los cálculos se efectuaron sobre productividad neta, por lo tanto, los equivalentes energéticos de animales ingresados sirven sólo como referencia.

Dado que la polifítica es usada con doble propósito, rollos y forraje, además de los valores para cada subproducto, se calculó la eficiencia conjunta de los 2 subproductos. En ganadería, se agregó la eficiencia de producción anual total de carne, integrando el engorde a campo y el engorde a corral. Analizando los valores, se puede apreciar que la intensificación ganadera (uso de reservas) significa una disminución de la eficiencia, tal como lo reporta Llanos et al. (2013) analizando sistemas ganaderos de Uruguay.

## Sinergias

Las sinergias son interacciones favorables entre procesos mancomunados en su efecto sobre una condición final (productividad y estabilidad) del sistema. En la mayoría de ellas, intervienen la condición de suelo, la diversidad espacial y temporal vegetal y la actividad ganadera y son altamente afectados no sólo por las prácticas tecnológicas aplicadas (labranza cero, rotación, control cultural de plagas, etc.), sino también por las prácticas evitadas (no laborea, no fertiliza, no inocula, no usa plaguicidas en pastura, no usa cura semillas, etc.). Las interacciones más relevantes son:

1- La plasticidad de la polifítica permite una elevada estabilidad productiva ante la variabilidad climática, ya que las 4 especies integrantes encuentran rangos meteorológicos favorables en distintos momentos del año y compensan las menos favorecidas. Se reduce además, la competencia intra específica. Esto, en los policultivos, puede permitir incrementos de 20 a 60 % de los rendimientos individuales, según se puede deducir de los casos comentados por Liebman (1997). La productividad de la polifítica se comparó con promedios de rendimientos de alfalfas puras de localidades vecinas, constatando que la polifítica las superaba en 25 %. En los cultivos anuales, hay una ligera disminución

de riesgos productivos y económicos por la presencia de 2 cultivos distintos en 4 sitios diferentes. Como estos lotes se intercalan entre lotes pastoriles de distinta edad, se logra un “mosaico” bastante diverso (BOUDRY J. y BOUDRY-BUREL, 1982), que puede amortiguar adversidades climáticas y biológicas;

2- El aporte continuo y diverso de restos en la pastura, favorece la biodiversidad edáfica y promueve una actividad biológica permanente de la cadena de descomponedores. Por lo tanto, una sostenida liberación de nutrientes, generación de sustancias estimulantes y actividad de la fauna edáfica. En cuanto a los aportes, Creus et al. (1998), afirman que en la rotación mixta, 3 años de pastura contra 7 de agricultura son suficientes para equilibrar el balance de materia orgánica;

3- La pastura eleva muchos nutrientes desde horizontes profundos hacia los superficiales y reduce su exportación durante 4 años. En este sistema, la fase agrícola exporta alrededor de 320.000 kg ms/año y la ganadera 53.000 kg de ms. como carne. Aplicando los coeficientes de extracción de nutrientes en granos y carne usados por Manchado (2010), constatamos que en la fase ganadera, la exportación resulta 3 a 17 veces menor. Adicionalmente, las dos leguminosas (trébol y alfalfa) capturan 100 a 200 kg de N/ha (MORÓN, 2001) mientras que, la soja no alcanza a generar un balance positivo (CIAMPITTI et al., 2007).

El aporte de N es más duradero y estable porque el suelo se maneja con siembra directa (SAWCHIK, 2001) permitiendo una acumulación gradual durante todo el ciclo pastoril.

Las gramíneas contribuyen a la fertilidad con la generación de bio-poros. Según un estudio comparativo de Fuentes Ponce et al. (2012), la densidad y diámetro de las raíces de trigo, genera mayor cantidad de bioporos funcionales que el maíz. Esto puede extrapolarse, por similitud, a cebadillas y festuca presentes en la polifítica, además del trigo agrícola;

4- La diversidad y calidad alimentaria (4 forrajeras, rollos, silo, grano y sales) permite lograr una elevada productividad animal y favorece el estado de los animales (empaste, paperas, pietín y enterotoxemia). Además de los efectos productivos y sanitarios, posibilita alternativas alimentarias flexibles para superar condiciones adversas o inusuales;

5- La fertilidad química y biológica del suelo, ofrece una nutrición balanceada a los vegetales, permitiendo que maximicen sus mecanismos de adaptación y defensa (PRIMAVESI, 1982). La exclusión de fertilizantes sintéticos y plaguicidas evita alteraciones en la síntesis de proteínas (trofobiosis) que pueden atraer el ataque de plagas (CHABOUSSOU, 1987). Ambos factores reducen la incidencia o daño de organismos-plaga. A lo que debemos sumar, el control de la biodiversidad edáfica sobre organismos patógenos (NICHOLLS, 2008);

6- El mosaico de lotes con distinta ocupación vegetal favorece la presencia y supervivencia de controladores biológicos. Esto es elevado en el caso de las polifíticas que generan refugio y recursos para parasitoides y predadores (ALTIERI y NICHOLLS, 2013);

7- La alelopatía provocada por la soja sobre las plántulas de alfalfa, se contrarresta empleando como antecesor al maíz para silo. No se encontraron referencias bibliográficas sobre este fenómeno, pero puede deberse, quizás no a la soja, sino a malezas presentes como *artemisa annua* que sí tiene compuestos alelopáticos;

8- En el caso de la polifítica, hay una depresión de malezas, por interferencia, ocupación de nichos, y por la biodiversidad temporal (rotación) de pastura y cultivos anuales. Un estudio de Astigarraga et al. (2014) reconoce que las malezas problemáticas para cultivos agrícolas se reducen en más de 54 % por el efecto de la rotación con pasturas;

9- El aporte de las deyecciones, estimula la biodiversidad edáfica, en la fase pastoril y en la transferencia de estiércoles desde el corral de encierre a los lotes agrícolas. El estiércol tienen efectos favorables sobre las condiciones físicas, hídricas y químicas del suelo, y su descomposición es más rápida que los residuos vegetales, especialmente si actúan organismos coprófagos (coleópteros y lombrices), que distribuyen los restos en el perfil y contribuyen, a la porosidad del suelo. (LÓPEZ-MTZ et al., 2001, ZERBINO, 2011);



10- Existe un efecto positivo de la condición físico-química del suelo sobre organismos simbióticos (noduladores y simbióticos de vida libre) por presencia de S, P y materia orgánica, (ZHANG y SMITH, 2002) que permiten el ahorro de inoculantes y también un importante estímulo sobre la macrofauna. La cantidad, diversidad y actividad de estos organismos tiene diferencias significativas con la agricultura cuando se instalan periodos de pastura iguales o superiores al periodo agrícola (ZERBINO, 2012), especialmente lombrices y coleópteros que son horadores de suelo y contribuyen a la porosidad.

## Energía

Los valores de eficiencia energética muestran grandes diferencias cuando se compara la producción animal y la agrícola. Estas diferencias se acentúan cuando se hace referencia a la biomasa total de un componente vegetal (forraje, rollos o silo), o cuando se toma sólo una porción de esa biomasa (granos) y más aún, cuando la productividad es la de un animal que consume esa biomasa vegetal (GODIO, 2001). La productividad neta animal es de 0.005 % del 100 % de energía solar incidente, 44 veces menor a la producción vegetal que captura un 0.22 %. En ese sentido, Viglizzo (1981) compara un sistema ganadero con pérdidas hipotéticas habituales que produce 100 kg carne /ha.año y un sistema mejorado, en todos los niveles posibles, que podría llegar a 1.400 kg./ha.año. En el sistema analizado, la producción de carne es de 1000 kg/ha año, valor cercano al ideal señalado por Viglizzo. Esto se explica por una captación elevada a partir de una polifítica que optimiza el uso de los recursos climáticos y edáficos; un consumo eficiente debido a un pastoreo rotativo bien manejado y mayor eficiencia metabólica debido a la calidad y diversidad de la dieta que se ajusta al desarrollo del animal.

Las eficiencias de distintos rubros del sistema, se representan en la Tabla 1. Los rubros ganaderos tienen eficiencias inferiores a 5, mientras que los agrícolas alcanzan valores entre 8 a 25 .Aquellos que utilizan toda la biomasa, como es el maíz para silo forrajero presentan un valor de 72 y la producción de rollos y forraje para pastoreo de 421,5. El alimento producido por hectárea tiene un costo energético creciente en el orden siguiente pastura, rollos, silo, ración. Por lo que, la participación de los distintos alimentos define parcialmente, la eficiencia del sistema ganadero implementado.

La eficiencia energética es un parámetro muy limitado para efectuar comparaciones entre distintos niveles tróficos (sistemas agrícolas versus ganaderos). Los valores de eficiencia, son directamente proporcionales a los factores que regulan la productividad (fertilidad del suelo, tolerancia o menor incidencia de plagas, adecuación climática, eficiencia de engorde, etc.), pero tienen una relación inversa con los subsidios entregados. Las condiciones que reducen insumos y labores tienen un efecto favorable en la eficiencia.

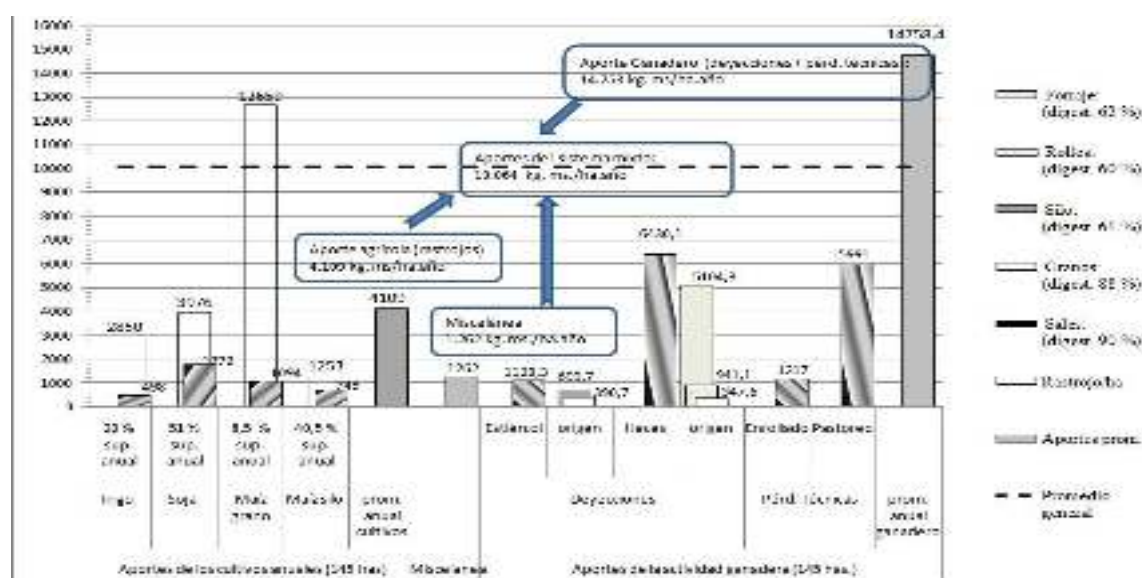
Comparando los valores determinados en el sistema mixto, con otros sistemas agrícolas de la región (Tabla 2) observamos que los rubros agrícolas del sistema mixto superan los valores de eficiencia de los sistemas agrícolas puros. Para la totalidad del sistema mixto analizado se alcanza una eficiencia energética de 8.5, superior en casi 36 %, a la de sistemas agrícolas (PIETRARELLI et al., 2015).

**Tabla 2.** Comparación de eficiencias energéticas entre promedios de 5 campos agrícolas de la región central y el sistema mixto analizado. Fuente propia.

Rubros	Rangos en varios campos agrícolas	Promedios agrícolas (a)	Sist. Mixto analizado (b)	Diferencia (b-a) absoluta y porcentual
Trigo	Sin datos	s/d	8.9	
Soja	3.7 a 7.7	5.5	7.0	+ 1.5 (27.0 %)
Maíz	11.4 a 12.5	11.95	24.7	+ 12.76 (106.1 %)
<b>Sistema total</b>	4.5 a 8.0	6.25	8.5	+ 2.25 (35.9 %)

## Aportes de materia orgánica

Los aportes de materia orgánica, son fundamentales en la fertilidad integral del suelo. Se han encontrado fundadas evidencias de la relación lineal entre los aportes de materia orgánica y el contenido de C orgánico en el suelo (MORÓN, 2001), más allá de las diferencias que pueden introducir distintas opciones de manejo, dadas por época y frecuencia del aporte, tipo de labranza, composición del rastrojo y otras. Los aportes de rastrojos dependen de la productividad de los cultivos, y se calcularon mediante índices de cosecha y relaciones rastrojo/grano tomados de distintas fuentes (ANDRIULO y CORDONE, 1998; GEAR, 2006; CREUS et al., 1998) y la propia experiencia del equipo, en la zona central de Córdoba (ALESSANDRIA et al., 2013). La Productividad de rastrojos de los cultivos anuales, se muestra en el gráfico de la Figura 3. Como cada cultivo participa con superficies diferentes, determinan en conjunto, un promedio ponderado de 4.109 kg ms/ha.año de rastrojos. El cultivo de mayor cantidad de rastrojos es el maíz p/grano (12.659 kg ms), pero tiene baja expresión territorial. Con la soja (3.976 kg ms), ocurre lo contrario. El trigo (2.850 kg ms) tiene muy baja frecuencia y el maíz para silo no deja prácticamente nada (1.253 kg ms). Según el porcentaje de superficie ocupada en el predio, aportan respectivamente: 1094, 1772, 498 y 745 kg ms/ha año.



**Figura 3.** Aportes de materia orgánica en kg.ms/há año. A la izquierda las barras incoloras señalan el aporte de rastrojos de cada cultivo y en las columnas apareadas el aporte ponderado según superficie. Miscelánea señala materia seca residual de pastura y malezas. En los aportes ganaderos de Estiércol y Heces se agregaron barras superpuestas indicando el origen alimentario de estas deyecciones. Los aportes agrícolas, ganaderos y miscelánea, determinan el promedio del sistema mixto (en línea punteada).

El sistema ganadero también contribuye con residuos vegetales, que corresponden a pérdidas técnicas inevitables en los procesos de enrollado, pastoreo rotativo y en el proceso de ensilado. En el enrollado, se dan pérdidas elevadas, 32% de la biomasa disponible, debido a las operaciones de corte, hilerado, secado y confección de rollos, incluyendo 2 % de pérdidas en almacenaje (BRAGACHINI et al., 2008; BRAGACHINI et al., 2016). En el pastoreo rotativo, las pérdidas vegetales se deben a pisoteo, roturas, caídas y estercolado, y suman un 30% de la biomasa disponible. Dado que las proporciones de forraje afectadas por pastoreo y enrollado son diferentes, los totales resultan 5991 y 1217 kg ms/ha año.

Otra pérdida técnica, corresponde a la elaboración de silo, debido a procesos fermentativos aeróbicos y anaeróbicos, que se estimaron en un 34 % de la biomasa recolectada, gracias a un autoconsumo frontal bastante eficiente. Estas pérdidas no constituyen aportes directos al suelo, pero reducen el valor de consumo y digestibilidad del silo, en el corral de encierre.

Una tercer fuente de aportes son las deyecciones animales que se indican con dos términos diferentes: heces totales (6430,1 kg ms) que comprenden las deyecciones sólidas y líquidas ocurridas durante el pastoreo, resultantes del consumo y digestibilidad de la pastura (5104,3), de los rollos (941,1) y de granos y sales de la ración (347,6 + 7,1), y estiércoles (1.120,3) que incluye las deyecciones sólidas acumuladas en el corral de engorde, que dependen del consumo y digestibilidad de silo (699,7) y de granos y sales de la ración (390,7 y 7,9). Las barras apiladas de la Figura 4 muestran la responsabilidad porcentual de cada alimento. Se han discriminado granos y sales por tener diferente digestibilidad (BOETTO y GOMEZ DEMMEL, 2012; MC DONALD et al., 2006) y se han incluido cantidades mínimas de desperdicios (2 a 3 %) en el uso de reservas.

Finalmente, debe incluirse un aporte vegetal adicional (miscelánea) que proviene de la biomasa residual de la pastura al secarla y del control de malezas en los barbechos anuales. El valor medido fue 1.262 kg ms/ha año, influido por una campaña húmeda y el manejo del productor que prefiere retardar el control, dado que no tiene malezas resistentes.

Analizando porcentualmente los aportes de materia seca en el sistema, los rastrojos anuales sólo aportan un 20 % del total (+3 de miscelánea). La ganadería en cambio, efectúa los mayores aportes, tanto a través de deyecciones: un 38 % (heces: 32 y estiércoles: 6) como por restos vegetales: un 39 % (pastoreo: 30, rollos: 6 y miscelánea: 3).

Los aportes totales (10.064 kg ms/ha año) resultan 2.5 veces mayores que un sistema de monocultivo de soja y 1.5 veces mayor a un agrícola diversificado. Estos aportes se reflejan en los contenidos de materia orgánica del suelo. En este establecimiento, análisis de los últimos años indican 1.9 a 2.8 % de carbono orgánico, con mayor frecuencia de valores entre 2.4 y 2.7 %. El nivel de el Fósforo siempre da niveles altos y muy altos (23 a 55) y el N de Nitratos sólo algo superiores a 62 (promedio de 15 análisis, en distintos lotes).

### Consideraciones finales

El sistema mixto analizado posee un número importante de interacciones positivas entre los componentes productivos y la base de recursos que los sustentan y contiene una amplia variedad de mecanismos físico-biológicos que le permiten neutralizar o mitigar situaciones climáticas o biológicas adversas y sostener los resultados productivos. Su diversidad espacial y temporal, sumado a un manejo conservacionista del suelo, favorecen un buen control espontáneo y cultural de poblaciones plaga que se evidencia en la minimización de controles químicos, lo que retroalimenta los efectos positivos sobre poblaciones favorables de simbiosis, fauna edáfica y controladores. La ganadería cumple un papel significativo en los aportes orgánicos y conservación de nutrientes sumándose a la función vegetal en el mantenimiento de la fertilidad integral del suelo que no necesita subsidiarse y se traslada a la productividad y reducción de insumos, elevando las eficiencias energéticas. La minimización de contaminantes completa un perfil de alta sustentabilidad ambiental.

### Agradecimientos

A la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), que financió el proyecto. A los docentes, extensionistas e investigadores consultados en: Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC): A. de la Casa de Climatología; C. Vieira y J. C. Coraglio de Forrajes; M. de León y R. Peuser, de Nutrición; D. Cáceres de Sistemas Agropecuarios; R. Madoeri de Química; C. González Palau y F. Carranza; de Producción Animal y J. Arguello de Fisiología vegetal. En Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Córdoba: O. Melo y C. Boetto, del Área de Producción Bovina. En INTA (Estación Experimental Manfredi): F. Sanchez, P. Cattani, y M. Bragachini. Un agradecimiento especial a Pablo Mazzini, de la Agencia de Extensión Rural INTA de Río III, por su colaboración y apoyo al trabajo.

## Bibliografía

- ALESSANDRIA, E. et al. Diversidad agrícola: incidencia de plagas en sistemas de producción extensivos en Córdoba. Argentina. **Biodiversidad sustento y culturas**, v. 32, p. 9-12, 2002.
- ALESSANDRIA, E. et al. Aportes de la agroecología en sistemas extensivos de la región semiárida central de Córdoba. En: ULLE, J. (Ed.) **Bases tecnológicas de sistemas de producción agroecológicos. Nodos Agrícola Ganadero, Horticultura orgánica y Cultivos perennes**. Buenos Aires: INTA, 2013. p. 139-152.
- ALMEIDA, S. G. et al. **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira: subsídios à formulação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. 122 p.
- ANDRIULO, A.; CORDONE, G. Impacto de las labranzas y rotaciones sobre la materia orgánica de suelos de la Región Pampeana Húmeda. En: PANIGATTI, J.L.; MARELLI, H.; BUSCHIAZZO, D.; GIL, R. (Eds.). **Siembra directa**. Buenos Aires. INTA, 1998. p. 65-96.
- ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. **Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas**. 2 ed. Lima: SOCLA, 2013. 80 p.
- ASTIGARRAGA, N. M. et al. Proyecto LIFE RegenFarming. Alternativas de agricultura regenerativa para suelos agro ganaderos. **Navarra agraria**, n. 202, p. 29-35, 2014.
- BALIÑA, R. M.; DIAZ ZORITA, M. Aporte de la fertilización fosfatada a la fijación biológica de N en soja. En: XX CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO Y 1ª. REUNIÓN DE SUELOS DE LA REGIÓN ANDINA, 2006, Salta-Jujuy. **Libro de resúmenes Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo**, 2006. p. 192.
- BASCO, M. **Hacia una estrategia de desarrollo rural para la Argentina**. Buenos Aires: IICA, Biblioteca Venezuela, 1993. 112 p.
- BISANG, R.; SZTULWARK, S. Tramas productivas de alta tecnología y ocupación. El caso de la soja transgénica en la Argentina. En: **Especialización productiva, tramas y negociación colectiva**, Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, Trabajo, ocupación y empleo. Buenos Aires, Serie Estudios, n.4, 2006. p. 115-152.
- BOETTO, C.; GOMEZ DEMMEL, A. **Balance de nutrientes para bovinos: 10 pasos**. Córdoba: Universidad Católica de Córdoba. Educc, 2012. 106 p.
- BOUDRY J.; BOUDRY-BUREL F. La mesure de la diversité spatiale. Relations avec la diversité spécifique. Utilisations dans les évaluations d'impact. **Ecologia applicata**. v. 3, n. 2, p. 177-190, 1982.
- BRAGACHINI, M. et al. Manual Técnico N° 6. EEA Manfredi, **Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional**. Manfredi, Córdoba: INTA, 2008. 328 p.
- BRAGACHINI M. et al. Hélices versus Segadoras en Forrajes Conservados: Tecnologías para producir carne, leche y bioenergía en origen. En JORNADA NACIONAL DE FORRAJES CONSERVADOS, 2016, Manfredi. Libro de Resúmenes. Manfredi: INTA, 2016. p. 32-42.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas enfermas por el uso de agroquímicos: la teoría de la trofobiosis**. Porto Alegre, Brasil: L & PM, 1987. 253 p.
- CIAMPITTI, I.; GARCÍA, F. O. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. **Informaciones Agronómicas**. n. 33, p.13-16, 2007.
- CREUS, C. J. et al. Descomposición de residuos de cosecha de maíz y dinámica del nitrógeno en el suelo. **Ciencia del suelo**, v. 16, p. 51-57, 1998.
- DE LA CASA, A. C.; LEGUÍA, H. L. Análisis del uso del suelo en la región central de Córdoba, Argentina, con datos de NDVI spot-vegetation In: XIV REUNIÓN ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGÍA (RADA), 2012, Malargue. Mendoza. Libro de Resúmenes. Malargue: Uni Río, Universidad Nacional de Río Cuarto, 2012. p 161-162.
- FLORES, C.; SARANDÓN, S. J. La energía en los agroecosistemas. En: SARANDÓN, S. J; FLORES, C. (Coord). **Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables**, 1a ed. La Plata: UNLP, 2014. Cap.7. p. 190-210.
- FUENTES PONCE, M. et al. Rotación de cultivos: desarrollo radicular y calidad física del suelo en diferentes manejos. In: XIX CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO. XXIII CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 2012, Mar del Plata. Argentina. Libro de Resúmenes. Mar del Plata: Asociación Argentina de la Ciencia del suelo, 2012. p. 1-6.
- GEAR, J. R. E. **El cultivo del maíz en la Argentina**. In: Maíz y Nutrición, Informe sobre los usos y propiedades del maíz para la alimentación humana y animal. Recopilación ILSI, 2006. Disponible en: [www.maizar.org.ar/pdf/Revista%20maizar%202.pdf](http://www.maizar.org.ar/pdf/Revista%20maizar%202.pdf). Acceso: abril, 2016.
- GIBERTI, H. Situación Agropecuaria. Entrevista al Ing. Horacio Giberti. Revista Tesis 11, n°116, 2010. Disponible en: <http://www.tesis11.org.ar/suplemento-situacion-agropecuaria-entrevista-al-ing-horacio-giberti/>. Acceso: marzo, 2016.
- GIL, S. B. et al. Intensificación agropecuaria evaluada por indicadores de sustentabilidad ambiental. **Archivos de zootecnia**, v. 58, n. 223. p. 413-423, 2009.
- GODIO, L. Flujo energético y de nutrientes en los sistemas de producción animal. Sitio Argentino de Producción Animal, 2001. 10 p. Curso Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I. Facultad de Agronomía y

- Veterinaria, Universidad nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, 2001. Disponible en: [www.produccion-com.ar/.../09-flujo\\_energetico\\_%20y\\_de\\_nutrientes.pdf](http://www.produccion-com.ar/.../09-flujo_energetico_%20y_de_nutrientes.pdf). Acceso en abril, 2016.
- HERRERO, M.; GIL, S. B. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. **Ecología Austral**, vol 18, n. 3, p 274-289, 2008.
- HOCSMAN, L. D.; PREDA G, Agriculturización y bovinización, la renovada territorialización capitalista en Córdoba. Argentina. Buenos Aires. IV Jornadas interdisciplinarias de estudios agrarios y agroindustriales. 2007.
- IERNANÓ, M. J. Sistemas mixtos familiares de agricultura y ganadería pastoril de la región pampeana. 2015. 307 p. Tesis Doctoral- Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata, 2015. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46343>. Acceso: septiembre de 2015.
- INTA- SMAGYRN. **Análisis de la evolución, situación actual y problemática del sector agropecuario del Centro Regional Córdoba**. Córdoba: intarcor, 1987. 106 p.
- INTA. Ensayos Territoriales de la red de Evaluación de Cultivares de Alfalfa. **Revista Avances**, año 23, n° 23. p.12-15, 2013. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/avances-en-alfalfa-ano-23-n%C2%B0-23>. Acceso: octubre de 2016.
- LIEBMAN, M. Sistemas de policultivos. En: ALTIERI, M.A. (ed.) **Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable**. La Habana: CLADES, 1997. p. 133-141.
- LLANOS, E. et al. Eficiencia energética en sistemas lecheros del Uruguay. **Agrociencia Uruguay**, v. 17, n. 2, p. 99-109, 2013.
- LÓPEZ-MTZ, J. D. et al. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. **Terra**, v. 19, n. 4, p. 293-299, 2001.
- MANCHADO, J. C. La sustentabilidad en la agricultura pampeana: Valoración económica del balance de nutrientes para las principales actividades agropecuarias extensivas en la Región Centro Sur de la Provincia de Buenos Aires. En: XLI REUNIÓN ANUAL DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ECONOMÍA AGRARIA. 2010, Potrero de los Funes, San Luis. Libro de Resúmenes AAEA, 2010. p. 6 -8.
- MC DONALD, P. et al. **Nutrición Animal**. 4a.ed Zaragoza, España: Acribia, SA, 1988. 238 p.
- MORÓN, A. El rol de los rastrojos en la fertilidad del suelo. En: Diaz Rosello, R. (Coord.): **Siembra Directa en el cono sur**. Montevideo: Ediciones PROCISUR, 2001. p. 387-405.
- NICHOLLS, C. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. **Agroecología**, v. 1, p. 37-48, 2008.
- OTTMANN, G. et al. La sustentabilidad del modelo del desarrollo rural en la provincia de Santa Fe: determinación de indicadores para sistemas productivos de diferentes eco-regiones. En: Díaz, C.; Spiaggi, E. (Comps), **Desarrollo Rural, Soberanía y seguridad Alimentaria**. Rosario: Universidad Nacional de Rosario Editora, 2011. p. 55-98.
- PENGUE, W. Producción agroexportadora e (in)seguridad alimentaria: El caso de la soja en Argentina. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 1, p. 30-40, 2004.
- PEREIRA DOS SANTOS, H. et al Efeito de práticas culturais na conversão em no balance energéticos. **Bragantia** v. 66, n.2, p. 299-306, 2007.
- PIETRARELLI, L. et al. Efecto de las transformaciones tecnológico-productivas de sistemas agrícolas en la región central de Córdoba, en su agrodiversidad y eficiencia energética. En: **V Congreso Latinoamericano de Agroecología (SOCLA)**, 2015. La Plata. Memoria del congreso. UNLP. Disponible en: <http://memoriasocla.agro.unlp.edu.ar/pdf/A4-151.pdf>. Acceso: febrero de 2016.
- PIETRARELLI, L. **Transformación Tecnológica-Productiva de Sistemas Agropecuarios de la Región Central de la Provincia de Córdoba entre 1997 y 2004**. 2009. 133 p. Tesis de maestría en Gestión Ambiental Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, 2009.
- PIMENTEL, D. et al. Energy efficiencies of farming wheat, corn, and potatoes organically. En: **Organic Farming Current Technology, its Role in Sustainable Agriculture**, Madison: ASA, USA, 1991. Special publication n° 46, p. 151-161.
- PRIMAVESI, ANA. **Manejo ecológico del suelo**. Buenos Aires: Ed. Hemisferio Sur, 1982. 499 p.
- RABINOVICH, J.; TORRES F. **Caracterización de los Síndromes de Sostenibilidad del Desarrollo. El caso de Argentina**. Santiago de Chile: CEPAL Serie seminarios y conferencias 38, 2004. 97 p.
- ROMAGNOLI, J. J. Nuevos desafíos de la Siembra Directa. Revista técnica de Apresid Rotaciones en Siembra Directa II, 2003. p. 5-7.
- SAWCHIK, J. Dinámica del nitrógeno en la rotación cultivo-pastura bajo laboreo convencional y siembra directa. En: Diaz Rosello, R. (Coord.): **Siembra Directa en el cono sur**. Montevideo: Ediciones PROCISUR, 2001. p. 323-345.
- VENEGAS, R.; SIAU, G. Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. **Agroecología y Desarrollo (CLADES)**, n.7, 1994. p. 15-28.
- VIGLIZZO, E. Dinámica de los sistemas pastoriles de producción lechera. Buenos Aires: Ed. Hemisferio Sur, 1981. 125 p.
- YACUZZI, E. El estudio de caso como metodología de investigación: Teoría, mecanismos causales, validación. **Serie Documentos de Trabajo. Universidad del CEMA**. p. 1-37, 2005.

ZERBINO, M. S. La macrofauna del suelo y su relación con la heterogeneidad florística. En: Altesor, A., Ayala, W.; Paruelo, J.M. (Eds.) **Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales**. Montevideo: INIA (Serie FPTA; 24), 2011. p. 97-111.

ZERBINO, M. S. Efecto de rotaciones cultivo-pasturas en siembra directa, con pastoreo, sobre comunidades de *Oligochaeta*. **Agrociencia Uruguay**, v. 16, n.1, p. 15-23, 2012.

ZHANG, F.; SMITH, D. L. Interorganismal signaling in suboptimunenviroments: the legume-Rhizobia simbiosis. **Advances in Agrónomy**, v.76, p. 125-161, 2002.

---