

Durán, Regina; Scoponi, Liliana; Cordisco, Marina; Pesce, Gabriela; De Batista, Marianela

DECISIÓN MULTICRITERIAL CONSIDERANDO COSTOS AMBIENTALES PARA EVALUAR SISTEMAS DE LABRANZA

XXXIV Congreso Argentino de Profesores
Universitarios de Costos

Octubre 2011

Durán, R., Scoponi, L., Cordisco, M., Pesce, G., De Batista, M. (2011). Decisión multicriterial considerando costos ambientales para evaluar sistemas de labranza. xxxiv Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos. Bahía Blanca. En RIDCA. Disponible en:

<http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4230>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Argentina
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ar/>



**XXXIV CONGRESO ARGENTINO DE PROFESORES
UNIVERSITARIOS DE COSTOS**

**DECISIÓN MULTICRITERIAL CONSIDERANDO COSTOS
AMBIENTALES PARA EVALUAR SISTEMAS DE LABRANZA**

Categoría propuesta: Aportes a la disciplina.

AUTORES¹:

Mg. Regina Durán (UNS) (socio activo)

Mg. Liliana Scoponi (UNS) (socio activo)

Lic. Adm. Marina Cordisco (UNS) (socio adherente)

Lic. Adm. Gabriela Pesce (UNS-CONICET) (socio adherente)

Lic. Adm. Marianela De Batista (UNS-CONICET) (socio adherente)

Bahía Blanca, Octubre de 2011

¹ Otros autores que integran el PGI 24/C021: Dr. Galantini, J. (CIC); Dra. Sánchez, M. (Dpto. Ciencias de la Administración-UNS); Mg. Chimeno, P. (Dpto. de Agronomía - UNS); Lic. Oliveras, G. (CIC-UPSO); Lic. Merino, L. (Dpto. de Agronomía - UNS); y Gzain, M. (alumno avanzado del Dpto. Ciencias de la Administración – UNS).

INDICE

RESUMEN.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
2.1. LA CONTABILIDAD MEDIOAMBIENTAL Y LOS COSTOS AMBIENTALES EN LA GESTIÓN EMPRESARIA.....	4
2.1.1. La contabilidad medioambiental	4
2.1.2. Costos ambientales.....	5
2.1.3. La información medioambiental a partir de indicadores para la toma de decisiones.....	6
2.2. MÉTODOS MULTICRITERIALES.....	7
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	8
3.1. LOS COSTOS AMBIENTALES EN LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE LABRANZA.....	9
3.2. APLICACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIALES DE DECISIÓN.....	9
3.2.1. Determinación de criterios, subcriterios e indicadores de sustentabilidad.....	10
3.2.2. Árbol de Jerarquías.....	13
3.2.3. Evaluación de criterios, subcriterios y alternativas.....	14
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	16
4.1. CASO INICIAL.....	16
4.2. ANÁLISIS A PARTIR DE OPINIÓN DE EXPERTOS.....	17
4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	17
5. CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS.....	19
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
7. ANEXO.....	23

RESUMEN

El objetivo del trabajo es evaluar las prácticas de labranza desde un punto de vista integral, comparando la siembra directa con la labranza convencional en función de diferentes criterios ambientales, económicos y sociales representativos de los atributos de la sustentabilidad. Para ello, se toma como unidad de estudio el establecimiento "Hogar Funke" (Tornquist –BA), que ha mantenido parte de un lote con dos manejos diferentes de labranza, desde el año 1986 a la actualidad.

De la modelización del problema mediante técnicas multi-criterio aplicando el método de toma de decisiones conocido como Proceso Jerárquico Analítico, surge que el sistema de siembra directa presenta una mayor prioridad relativa que la labranza convencional, sopesando las dimensiones económica, ecológica y social. Al complementar el análisis considerando las opiniones de expertos, los resultados no presentan diferencias significativas, demostrando en todos los casos al sistema de siembra directa como aquel que contribuye en mayor medida al objetivo de maximizar la sustentabilidad. Asimismo, esta similitud en las preferencias obtenidas manifiesta robustez en el modelo planteado para evaluar los sistemas de labranza.

La presente investigación persigue contribuir a hacer operativo el concepto de sustentabilidad en la administración socialmente responsable de la empresa rural, al perfeccionar su sistema de información como soporte del proceso decisorio. La internalización de costos ambientales y el empleo de indicadores se proponen como herramientas útiles a los fines del control de gestión, para minimizar los impactos ambientales negativos de la actividad agropecuaria y las consecuencias sociales que lleven apareadas.

Asimismo, se cree que los aportes de la presente investigación podrían apoyar la formulación de políticas públicas para el Desarrollo Sustentable del sector agropecuario, dado su relevante rol en la economía nacional, que contemplen particularmente las diferencias propias de regiones marginales subhúmedas y semiáridas.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe en la sociedad una preocupación creciente por lograr un equilibrio entre crecimiento económico y medio ambiente. La presión de la actividad antrópica sobre los recursos naturales, en virtud de su aprovechamiento irracional, ha generado externalidades negativas que amenazan la posibilidad de alcanzar un desarrollo sustentable.

De acuerdo con la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, el Desarrollo Sustentable es aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para resolver también las propias (WCED, 1987). De esta manera, pone énfasis en la equidad intra e intergeneracional. Se trata de un concepto complejo por su multidimensionalidad, ya que se apoya en tres pilares: ecológico, económico y socio-político-cultural.

Desde el punto de vista agropecuario, la sustentabilidad está relacionada con la capacidad productiva (agronómica y económica) del sistema, así como con la preservación de los recursos naturales involucrados (suelo, agua, biodiversidad, etc.). En este sentido, el suelo es el recurso más sensible en los sistemas de producción y su calidad es definida en términos de sus propiedades químicas, físicas y biológicas, siendo considerada la materia orgánica (MO) como el indicador más importante (Doran y Parkin, 1994).

La frecuencia e intensidad de las labranzas altera las propiedades del suelo, la distribución de la MO y de los nutrientes de la profundidad laboreada (Balesdent *et al.*, 2000; Franzlembers, 2002). Estos cambios, en el largo plazo, pueden reflejarse en la disponibilidad de nutrientes, en la productividad de cultivos y en definitiva en la sustentabilidad del sistema. El cambio de un sistema con labranzas (LC) a siembra directa (SD) produce una serie de modificaciones en el suelo que pueden ser caracterizadas por distintas etapas, llegando a estabilizarse luego de 20 años (Moraes Sa, 2003).

De acuerdo con el *Conservation Technology Information Center* de EE.UU., la SD es “el sistema de preparación del suelo y de vegetación para la siembra en el que el ‘disturbio’ realizado en el suelo para la colocación de las semillas es mínimo, ubicando éstas en una angosta cama de siembra o surco que depende del uso de herbicidas para el control de las malezas. El suelo se deja intacto desde la cosecha hasta una nueva siembra, excepto para inyectar fertilizantes.” La SD en sí misma, considerada como “no labranza”, no alcanza para hablar de agricultura productiva y sustentable. Para adquirir esa condición, requiere un marco de rotación de cultivos (incluyendo cultivos de cobertura, si fuera necesario), un manejo integrado de malezas, insectos y enfermedades, una nutrición balanceada con reposición de nutrientes y un uso racional y profesional de insumos externos (comprendiendo el manejo apropiado de agroquímicos y el tratamiento de los envases). Es decir, constituye más que una mera técnica de labranza, en virtud de que funciona como sistema.

Si bien existe información acerca del efecto de la MO sobre algunas propiedades químicas, físicas y biológicas, la expansión acelerada de la SD, que en pocos años ha llegado a superar el 50% de la superficie agrícola-ganadera del país, hace que no se conozcan detalladamente los efectos sobre el suelo y el ambiente. Esta carencia de información es más evidente, en relación a los cambios que se producen en el largo plazo, al impacto del mayor uso de agroquímicos y, en especial, a su sustentabilidad en la amplia variedad de condiciones edafoclimáticas de las regiones subhúmedas y semiáridas.

Aún cuando la SD se inició en Argentina en la década de 1970, existen pocos estudios comparativos que tengan antigüedad suficiente para evaluar sus efectos de largo plazo. Uno de ellos es el efectuado en el establecimiento “Hogar Funke” -Tornquist, Buenos Aires (BA)- desde el año 1986, el cual se ha elegido como unidad de análisis para el presente trabajo. Sobre la base de los resultados de dichas investigaciones agronómicas (Kleine y Puricelli, 2001; Galantini *et al.*, 2006, 2007), se ha considerado relevante complementar el análisis de los cambios ocurridos en la calidad del suelo, durante el período 1986-2005, con un enfoque económico. En este camino, las ciencias están avanzando, a través de diferentes metodologías, en la evaluación de estos impactos, buscando evitar una sobreestimación de la rentabilidad de diferentes alternativas productivas, que incentive la degradación del capital natural y excluya del modelo productivo otras más preservadoras del medio ambiente, pero en apariencia menos rentables (Flores & Sarandón, 2002).

Se considera que modificar los criterios de elección y la cuantificación de las alternativas de labranza en el ambiente bajo estudio, con una visión sistémica e interdisciplinaria, aumentaría la calidad de las decisiones gerenciales orientadas al desempeño sustentable de la empresa rural como agroecosistema, al minimizar el riesgo de adoptar aquellas que en el largo plazo resulten menos apropiadas para la conservación del capital natural.

Por lo tanto, el objetivo general del presente trabajo es evaluar las prácticas de labranza desde un punto de vista integral, comparando la siembra directa con la labranza convencional en función de diferentes criterios ambientales, económicos y sociales representativos de los atributos de la sustentabilidad.

Se persigue efectuar una contribución tendiente a hacer operativo el concepto de sustentabilidad en la administración socialmente responsable de la empresa rural, como consecuencia de perfeccionar su sistema de información integral para soporte del proceso decisorio. Asimismo, se considera que podría apoyar la formulación de políticas públicas para el Desarrollo Sustentable del sector agropecuario, dado su relevante rol en la economía nacional, especialmente en regiones semiáridas y subhúmedas.

El trabajo se presenta siguiendo la siguiente estructura: en la sección 2 se describe el marco teórico referencial, tanto del campo de la contabilidad ambiental y los costos ambientales, como de las metodologías multicriteriales de decisión. En la sección 3 se exponen las cuestiones metodológicas de la investigación, para continuar en la sección 4, con la discusión de resultados. El trabajo finaliza con las conclusiones arribadas, las referencias bibliográficas y los anexos.

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. LA CONTABILIDAD MEDIOAMBIENTAL Y LOS COSTOS AMBIENTALES EN LA GESTIÓN EMPRESARIA

2.1.1. La contabilidad medioambiental

La contabilidad medioambiental surge como respuesta a la demanda de gran parte de la sociedad, ante la necesidad de que las empresas incorporen en su gestión el objetivo de protección de su entorno. Ya sea mediante la elaboración de políticas medioambientales o la internalización de aquellos costos ambientales que tradicionalmente se habían cargado a la sociedad. Está claro que la actividad económica realizada en una empresa, ocasiona interacción con el medio natural y en algunas situaciones produce impactos ambientales negativos que obligan a tomar acciones para prevenir los daños o resarcir a los afectados. Agregar dichos flujos a la información interna, ha llevado a la incorporación de la variable ambiental en la gestión empresarial, con el fin de satisfacer la necesidad de

cuantificar, registrar e informar acerca de los daños causados y las acciones preventivas o correctivas necesarias para evitarlos (medidas de protección medioambiental).

Mora (2009) cita los trabajos realizados por Lanen (1994), Schaltegger *et al.*, (1996), Bartolomeo *et al.* (1999), Karvonen (2000), Jasch (2001) y Burritt *et al.* (2002) para determinar que la contabilidad medioambiental puede ser interpretada en tres áreas:

1. *Contabilidad medioambiental externa*: Está relacionada con la generación de reportes para usuarios externos. Se refiere al cumplimiento de los compromisos asumidos respecto a la sociedad en general, a la cual debe informarse sobre el comportamiento social de la entidad. La información brindada por la contabilidad externa debe cumplir con las expectativas que tienen los agentes sobre ella.
2. *Contabilidad medioambiental gerencial o contabilidad de gestión medioambiental*: Implica la generación de informes y análisis de las operaciones de la organización para uso interno, la cual es utilizada para la toma de decisiones. La información elaborada debe ser de utilidad para la gestión empresarial con el fin de conseguir que la actividad de la compañía no sea perjudicial para su entorno social y natural.
3. *Otra contabilidad medioambiental*: Está netamente relacionada con el cumplimiento de regulaciones ambientales, creación de impuestos, entre otros.

Particularmente, Gil (2003) establece que el proceso decisorio (de inversores y de organizadores de la producción, tanto como de consumidores) se encuentra cada vez más imbricado (en el sentido que forma parte) y más condicionado (en el sentido que fija pautas o condiciones bajo las que se decide) por la cuestión medioambiental. Con lo cual, resulta de interés la instalación de modelos de contabilidad de gestión que posibiliten captar, cuantificar y revelar específicamente el amplio contenido de las implicancias medioambientales de la gestión empresarial, para que su adecuada información permita mejorar la calidad de los procesos decisivos y ampliar las bases de la interpretación de la realidad. Para la Fundación Forum Ambiental (1999) dichos modelos debieran servir a la generación, análisis y utilización de información financiera y no financiera destinada a integrar las políticas económicas y ambientales de la empresa y construir una empresa sostenible.

Se puede observar que los sistemas contables y de información actuales aún no proporcionan la información precisa para apoyar una correcta gestión medioambiental. La cual además, requiere de una combinación de datos de diversa naturaleza, incluyendo datos financieros, científicos y técnicos para conseguir una visión más completa de los impactos y conformidades alcanzadas (Llena Macarulla, 1999). De esta manera, la contabilidad de gestión medioambiental puede ofrecer mecanismos para controlar e informar sobre cuestiones útiles para que la dirección gestione los objetivos estratégicos establecidos respecto al medio ambiente y la sustentabilidad.

2.1.2. Costos ambientales

Existen múltiples definiciones de los costos ambientales y una vasta discusión respecto a qué incluye este concepto. Es por ello que resulta útil analizar algunas definiciones de organismos y autores destacados.

Los costos ambientales son aquellos derivados de la interacción de la empresa con el medio ambiente (Bonilla Priego, 2000). Alternativamente, se define a los costos ambientales como la medida y la valoración del esfuerzo por la aplicación racional de los factores medioambientales de cara a la obtención de un producto, un trabajo o un servicio (Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas, 1996). Asimismo, son considerados como los costos de las actividades llevadas a cabo voluntariamente, como así también las requeridas por contrato o por leyes y regulaciones ambientales;

para prevenir, disminuir o remediar el daño causado al medio ambiente, relacionado tanto con la conservación de recursos renovables como no renovables (Fronti de García, García Fronti, Scaminaci y Wainstein, 1998). El Foro Consultivo de la Contabilidad define los costos ambientales como los costos de las medidas emprendidas por una empresa, o por otros en su representación, para prevenir, reducir o reparar el deterioro ambiental como resultado de las actividades que realiza la empresa, o para contribuir con la conservación de los recursos renovables y no renovables. Además, exceptúa de forma explícita las pérdidas de carácter ambiental al afirmar que los costos incurridos como resultado de multas o sanciones por no cumplir la legislación ambiental, indemnizaciones a terceras partes como resultados de pérdidas o daños causados por contaminación pasada, se excluyen de esta definición. Sin embargo, existe discrepancia respecto a la inclusión o no de estas pérdidas dentro de los costos ambientales. *The Canadian Institute of Chartered Accountants (CICA)* y *The Institute of Chartered Accountants of England and Wales (ICAEW)* consideran que el costo ambiental que soporta la empresa está integrado, no sólo por el costo de las medidas ambientales, sino también por las pérdidas generadas, por ejemplo, por activos cuyo costo es irrecuperable debido a cuestiones ambientales, importes pagados a otros por daños ambientales, multas o sanciones por incumplimiento de la legislación ambiental, etc.

Rodríguez Jáuregui y Yardín (1999) plantean una opinión crítica acerca de cierto grado de confusión e imprecisión técnica en el concepto de costos ambientales. Sostienen que la preservación del medio ambiente aparece, en el mejor de los casos, como un objetivo subordinado, siendo la obtención de lucro el objetivo principal. Por lo tanto, las “conductas socialmente indeseables sólo podrían ser modificadas a partir de una legislación fuertemente sancionadora y/o de grandes campañas de opinión que pongan a la empresa en riesgo de perder importantes sectores de mercado por su desprestigio social” (Rodríguez Jáuregui y Yardín, 1999: 6). Dichos autores plantean que ningún costo externo debe ser registrado por la empresa, ni ser incorporado al costo del producto. Sin embargo, no todos los costos ambientales son externos. Muchos efectos ambientales producen consecuencias sobre el mismo agente generador del daño. Por ejemplo, una empresa que al producir genere efectos ambientales que disminuyan la capacidad productiva futura. Sin duda, este se trata de un tipo de costo ambiental interno. En estos casos, “la relación entre la normal operatoria empresaria y el equilibrio ambiental es muy estricta” (Rodríguez Jáuregui y Yardín, 1999). Asimismo, en otras situaciones se produce una internalización evidente de un costo originalmente externo, por su naturaleza. Tal es el caso, por ejemplo, de multas o sanciones por contaminar o descuidar los recursos naturales.

2.1.3. La información medioambiental a partir de indicadores para la toma de decisiones

Diversas disciplinas están intentando aportar soluciones a la problemática de hacer operativo el concepto de sustentabilidad, con el propósito de incorporar este nuevo paradigma en los procesos de toma de decisiones de diferentes actores.

Desde la Economía, son interesantes los aportes de la Economía Ambiental (EA). Sus principios permiten dar sustento al cálculo de costos ambientales para su aplicación en el análisis marginal, enriqueciendo de este modo la información gerencial para la gestión. De acuerdo a lo planteado por Lomas, Martín, Louis, Montoya, Montes, Álvarez (2005), la EA pretende definir las bases teóricas que posibiliten la optimización del uso del ambiente y de sus recursos en el marco de los instrumentos de mercado.

No obstante, la EA presenta críticas relacionadas con la no consideración en sus planteos y método del funcionamiento integral de los ecosistemas. Se argumenta que no

asegura la sustentabilidad, en virtud de que no adopta una interpretación sistémica y holística de dicha problemática.

Por otra parte, la Economía Ecológica (EE) concibe que la economía es un subsistema dentro de la eco esfera, y postula que la humanidad y su economía deben someterse a los límites impuestos por las restricciones biofísicas que surgen de los ecosistemas, fuente de los bienes y servicios que los alimentan (Goodland y Daly, 1996, citado en Lomas *et al.*, 2005). Considera a los servicios ambientales como los flujos de energía, materia e información de los sistemas ecológicos que aprovecha el ser humano. Los métodos que utiliza se basan en las leyes de la termodinámica, las leyes energéticas de Lotka (1925) y la Teoría General de Sistemas.

La valoración tiene en cuenta el concepto de recurso natural con un carácter más sistémico. Algunos autores no sólo se niegan a la utilización de los métodos de valoración monetarios, sino que plantean el concepto de inconmensurabilidad de valores (Kapp, 1970, citado en Lomas *et al.*, 2005), es decir, la imposibilidad de encontrar una unidad común de medida para la comparación. Es bajo este último enfoque, donde aparecen otros métodos, tales como aquellos basados en indicadores y métodos multicriteriales.

Por lo tanto, los enfoques y métodos de la EA y de la EE pueden ser considerados como marcos conceptuales útiles para las técnicas de la contabilidad de gestión, a los fines de brindar información más integral para la toma de decisiones en aspectos inherentes a la responsabilidad social para el Desarrollo Sustentable. Actualmente se está avanzando en este desafío, en especial a través del empleo de indicadores estratégicos no financieros.

Pahlen Acuña & Fronti de García (2004:261) citan a Quiroga (2001) para definir a un indicador como una variable que, en función del valor que asuma en determinado momento, despliega significados que no son aparentes inmediatamente, y que los usuarios decodificarán mas allá de lo que muestran directamente, porque existe un constructor cultural y de significado social que se asocia al mismo. Particularmente al referirse a los indicadores sociales de desempeño empresarial, establecen que deben reflejar las cuestiones claves del ámbito social, medioambiental y económico de la empresa en concreto. El desarrollo progresivo de indicadores debería permitir a la organización comprender mejor las relaciones empresa-entorno, analizando, de manera más precisa, las interacciones que afectan al conjunto de variables medioambientales, sociales y económicas.

2.2. MÉTODOS MULTICRITERIALES

Sobre la base del concepto de inconmensurabilidad de valores ya mencionado que sostiene la EE, aparecen los métodos de Análisis Multicriterio (AMC). Este tipo de análisis, parte de la idea de que en un determinado problema real, de naturaleza compleja, no existe una solución óptima para todos los criterios considerados, sino que existen soluciones satisfactorias o de compromiso entre los diferentes valores e intereses. Estos métodos están teniendo una consideración creciente dentro de los análisis de toma de decisiones. Siguiendo a Falcón y Burbano (2004), el AMC busca integrar las diferentes dimensiones de una realidad en un solo marco de análisis para dar una visión integral y de esta forma lograr una mejor aproximación de la realidad.

Prato (1999) examina los sistemas multicriteriales para la toma de decisiones, remarcando entre sus beneficios, el hecho de no requerir la asignación de valores monetarios a los servicios ecológicos utilizando una pluralidad de escalas de medición (físicas, monetarias, cualitativas, etc.). Así como también la consideración de múltiples atributos al momento del análisis. Esto último es de gran importancia frente a la multidimensionalidad que presenta el concepto de sustentabilidad. Además, permiten la

comparación de proyectos basados en las preferencias de los grupos de interés, siendo de gran utilidad para la toma de decisiones colaborativas. Asimismo, hacen posible la evaluación de los diferentes atributos por separado, facilitando la toma de decisiones. Por otro lado, se evita el análisis clásico basado en la optimización. Estos métodos multicriteriales han sido utilizados para análisis de recursos hídricos, gestión ambiental, seguridad alimenticia, gestión de bosques, gestión ambiental de granjas, entre otros diversos ámbitos de aplicación.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, el AMC brinda un marco de gran fortaleza para comparar el desempeño de la labranza convencional con la siembra directa. Prato (1999), destaca que los métodos multicriteriales permiten evaluar aspectos económicos, sociales y ambientales de las alternativas consideradas, en la búsqueda de conocer si éstas son sustentables o no.

El AMC requiere definir criterios evaluadores o atributos que van a ser considerados al momento del análisis del problema. Diferentes investigaciones (Gómez-Limón y Riesgo, 2006, 2009; Qiu, Zhu, Cheng, 2007; Ravera, Tarrasón, Pastor, Grasa, 2009; Evia y Sarandón, 2002) consideran criterios económicos, ambientales o ecológicos y sociales dentro del AMC. Una vez definidos los criterios a considerar, es necesario establecer subcriterios dentro de cada dimensión y los indicadores correspondientes. En este sentido, el mayor consenso surge en la consideración de indicadores económicos, y en menor medida, en los ambientales y sociales. Evia y Sarandón (2002) plantean que, en general, no se cuenta con indicadores unánimemente reconocidos y aceptados para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas.

Dentro de los multicriteriales, el método de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) se basa en la realización de comparaciones según una estructura jerárquica de acuerdo a la importancia de los criterios. Este método requiere calificar cada criterio con una puntuación correspondiente e indicar si cada indicador conlleva un objetivo de maximización o de minimización (Falcón y Burbano, 2004).

Al momento de considerar los subcriterios, muchos de ellos responden a los atributos de la sustentabilidad definidos por Smyth y Dumansky (1995) (citado en Evia y Sarandón, 2002): mantener o incrementar la producción/servicios (productividad); reducir el riesgo productivo (Seguridad/Estabilidad); proteger la calidad y el potencial de los recursos naturales y prevenir la degradación del suelo y el agua (Protección); ser económicamente viable (Viabilidad); ser socialmente aceptable (Aceptabilidad).

Por otra parte, tal como lo indican Evia y Sarandón (2002), los indicadores contribuyen a hacer operativo el concepto de desarrollo sustentable dado que en ellos intervienen valores mensurables.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Se tomó como caso de estudio el establecimiento “Hogar Funke” (Tornquist –BA), que ha mantenido parte de un lote con dos manejos diferentes: SD y LC, desde el año 1986. Detalles de sitio, manejo, y otras explicaciones metodológicas se detallan en Kleine y Puricelli (2001) y Galantini *et al.* (2006). En ambos casos, se planteó un esquema de rotación de cultivos siguiendo una misma secuencia.

3.1. LOS COSTOS AMBIENTALES EN LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE LABRANZA

Dentro del marco del presente trabajo, se considera que los costos ambientales son aquellas pérdidas de calidad ambiental o costos en prevención, reducción o restauración

del medio ambiente, originados por la actividad de la empresa. Se incluyen dentro de este concepto, las multas, indemnizaciones y sanciones, dado que se tratan de costos explícitos creados en pos de la regulación y cuidado del medio ambiente. Son una manera de explicitar los costos de degradación ambiental, que habitualmente son invisibles o implícitos. En el presente caso de estudio, donde el sistema de labranza de una empresa agropecuaria afecta la calidad de uno de los principales recursos productivos, el suelo, los costos ambientales evaluados son indudablemente internos. Por lo tanto, deben ser considerados como costos de la empresa dado que, para mantener la calidad ambiental se debe invertir y afrontar erogaciones para la restauración; o bien, si la calidad ambiental se ve disminuida, también el patrimonio de la empresa a través del menor valor de uno de sus activos vitales: la tierra.

En busca de aplicar los conceptos presentados en el marco teórico del trabajo y focalizando esta sección en el presente proyecto de investigación, que estudia los impactos ambientales derivados de los distintos sistemas de labranza (SD, LC), se pueden identificar:

- *Costos ambientales internos*; como la pérdida de nutrientes, la erosión de suelo, la pérdida de capacidad de almacenamiento de agua, la pérdida de productividad del sistema por parámetros ambientales, como la calidad física del suelo. Estos son efectos internos o dentro del establecimiento, y el principal recurso afectado se trata de un bien privado: el suelo.
- *Costos ambientales externos*; como el riesgo de contaminación por el uso de agroquímicos; el efecto invernadero provocado por el dióxido de carbono emitido a causa de las maquinarias utilizadas en las labores; el riesgo de contaminación por la erosión del suelo; entre otros. Estos son efectos externos o fuera del establecimiento, en donde el daño ambiental influye especialmente sobre bienes públicos, como pueden ser los cursos de agua, el aire, o la temperatura (calentamiento global).

En la primera instancia de esta investigación, se han valorado económicamente algunos de los efectos ambientales internos, tales como la reposición de nutrientes y los efectos de la erosión del suelo. Desde el punto de vista agronómico, se realizaron mediciones de indicadores vinculados a la calidad física y química del suelo, dentro de los efectos internos; y del riesgo de contaminación por el uso de agroquímicos, desde el punto de vista externo.

3.2. APLICACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIALES DE DECISIÓN

La evaluación de alternativas de sistemas de labranza involucra la ponderación de múltiples factores vinculados con aspectos económicos, ecológicos, y sociales. Habitualmente se evalúan las alternativas considerando diversas fuentes de información tales como los resultados monetarios, la eficiencia en el uso del agua, la degradación del suelo, la gestión ambiental, entre otros. Si bien estos análisis se realizan utilizando técnicas sólidas y de uso muy difundido, los estudios abarcan los diferentes aspectos o factores en forma individual. Esta situación motiva el interés por determinar cómo evaluar las alternativas siembra directa y labranza convencional integrando múltiples criterios: criterios que representan aspectos financieros, ecológicos y sociales. De esta forma, es posible encuadrar la evaluación de alternativas de sistemas de labranza como un problema de toma de decisiones multi-criterio.

Por lo tanto, el objetivo de este apartado es definir cómo representar este problema de acuerdo a las técnicas de análisis multi-criterio. Para este propósito, se ha optado aplicar el método de toma de decisiones Proceso Jerárquico Analítico (conocido como AHP, por sus siglas en inglés de *Analytic Hierarchy Process*). La elección de AHP está fundamentada en los siguientes puntos: AHP permite modelar un problema de decisión

multi-criterio; el establecimiento de prioridades para los criterios y alternativas puede realizarse a través de comparaciones por pares, así como también utilizando datos crudos (Forman, 2001:140); existe software de apoyo para el modelado y solución de un problema utilizando AHP. En este trabajo se utilizó Expert Choice 11, 1, 3805.

El AHP (Saaty, 1997) constituye un método cuantitativo multi-criterio para la toma de decisiones. El método permite estructurar un problema en un modelo jerárquico que contiene tres niveles principales: a) el nodo raíz de la jerarquía representa el objetivo global; b) los niveles siguientes constituyen los criterios a evaluar para priorizar a las alternativas (pueden estructurarse en subcriterios); y c) los nodos del último nivel representan a cada una de las alternativas.

Una vez construido el modelo jerárquico, el decisor realiza evaluaciones subjetivas con respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios, e indica la preferencia de cada alternativa con respecto a cada uno de los criterios. Se utilizan matrices de comparación para realizar comparaciones de a pares entre los subcriterios con respecto al criterio del nivel inmediatamente superior, y se deben comparar de a pares las alternativas con respecto a cada subcriterio. Dados n criterios y m alternativas, deben realizarse n matrices de orden $m*m$ y una de orden $n*n$, lo cual hace que AHP sea un método no escalable. Finalmente, se sintetizan los juicios emitidos para obtener la preferencia de cada alternativa con respecto a los subcriterios y al objetivo global. La síntesis se refiere al proceso que permite combinar todas las prioridades incorporadas en el modelo para producir un resultado final. Los decisores emiten juicios en términos de preferencia, de importancia o de probabilidad y se utiliza una escala numérica propuesta por Saaty (ver Tabla 1).

Tabla 1. Escala numérica utilizada para efectuar comparaciones

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igualmente preferida.	Dos elementos contribuyen en igual medida al objetivo
3	Moderadamente preferida.	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro
5	Fuertemente preferida.	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un elemento sobre el otro
7	Preferencia muy fuerte o demostrada.	Un elemento es mucho más favorecido que el otro; su predominancia se demostró en la práctica.
9	Extremadamente preferida.	Preferencia clara y absoluta de un criterio sobre otro.
2, 4, 6, 8		Intermedia entre valores anteriores.

Fuente: Saaty (1997).

El establecimiento de prioridades a través del mecanismo básico de comparaciones por pares puede derivar de juicios, así como también de datos crudos (Forman, 2001:140). En caso de existir datos crudos ellos pueden ser utilizados para ponderar elementos de una jerarquía de decisiones. Bajo el supuesto de que la función de preferencias del decisor tiene un comportamiento lineal con respecto a los datos crudos, se comienza el análisis utilizándolos para efectuar la comparación de a pares de las alternativas. Luego se realiza un análisis con prioridades derivadas de juicios de expertos e involucrados en el problema de elección de sistemas de labranza.

3.2.1. Determinación de criterios, subcriterios e indicadores de sustentabilidad

El trabajo apunta a incluir un número considerable de indicadores, fundamentados en diferentes investigaciones realizadas por distintos autores, que permitan efectuar una

comparación profunda entre la labranza convencional y la siembra directa, bajo el método AHP (Proceso Analítico Jerárquico) dentro del AMC. Para ello, se contemplan como criterios las tres dimensiones que corresponden a la sustentabilidad: económica, ecológica y social. El uso de este tipo de métodos permite evaluar en qué medida tanto la siembra directa como la labranza convencional cumplen con los atributos de la sustentabilidad, cuáles son sus puntos críticos y cómo evoluciona a lo largo del tiempo.

A continuación, se analizan los diferentes subcriterios e indicadores dentro de cada criterio considerado.

La **Dimensión Económica** es, en la mayoría de los casos, la que primero se considera al momento de analizar diferentes alternativas. Dentro de este criterio, se incluyen como subcriterios tres atributos de la sustentabilidad, tales como rendimiento físico (productividad), estabilidad y viabilidad (denominado resultados monetarios).

Partiendo del subcriterio resultados monetarios, al considerar los diferentes indicadores que pueden representarlo, diversas investigaciones (De Prada, Lee, Angeli, Cisneros, Cantero, 2008; Casoldi y Bechini, 2010) incluyen al Margen Bruto Global (MBG), sin embargo, otros autores (Gómez Limón y Riesgo, 2006, 2009) si bien le asignan la misma denominación, al momento de calcularlo, lo definen como contribución marginal (CM), que surge de los ingresos por ventas menos los costos variables. Tanto el MBG como la CM tienen como objetivo evaluar la viabilidad económica de cada sistema de labranza, buscando satisfacer de mejor manera las necesidades económicas del productor. En este trabajo, se contempla la CM (aplicando el Análisis Costo-Volumen-Utilidad, bajo el modelo de Costeo Variable) como indicador, incluyendo diversas variantes con el objetivo de enriquecer el análisis: CM antes de costos ambientales (CA), CM después de CA, CM después de CA con limitaciones en la masa financiera. Para poder calcular estas variantes, primero se incluye el cálculo de los CA por reposición de nutrientes.

Al momento de considerar como atributo la productividad o rendimiento físico, existe un gran consenso en incluir a la productividad (en términos físicos) propiamente dicha como indicador (Ravera et al., 2009; Evia y Sarandón, 2002). Su uso, surge de la concepción de que un sistema será sustentable si logra mantener o incrementar la productividad, siempre que ello no implique degradación de los recursos naturales.

Finalmente, se debe considerar dentro del subcriterio estabilidad, el riesgo asociado con la pérdida de producción presente en cada sistema de labranza (De Prada et al., 2008; Ravera et al., 2009; Evia y Sarandón, 2002). Existen diferentes maneras de medir el riesgo, la adoptada en el trabajo se apoya en el coeficiente de variación (relación entre los desvíos y el valor medio), tanto de la productividad como de los costos ambientales.

Dentro de la **Dimensión Ecológica**, se deben considerar siguiendo el Manual de Buenas Prácticas Agrícolas e Indicadores de Gestión (MBPA) emitido por Aapresid (Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa)², por un lado, las propiedades físicas y por otro las propiedades químicas del suelo como subcriterios. Asimismo, se incluye un tercer subcriterio ambiental que abarca diversos indicadores.

Las propiedades físicas, hacen referencia a la textura o composición elemental del suelo, y a la estructura o forma de organización de las partículas en agregados. Dentro de este concepto se incluyen, siguiendo el MBPA, indicadores como la densidad aparente

² El MBPA, hace referencia a un conjunto de Buenas Prácticas que deben implementarse para formar parte del programa de Agricultura Certificada (AC) de los sistemas de Siembra Directa. La AC además de la implementación de dichas prácticas, supone el registro de la gestión agronómica y la medición de indicadores químicos y físicos del suelo, para la posterior auditoría y certificación del proceso productivo.

(muestra la relación masa seca-volumen) y la profundidad del horizonte A (para medir la erosión). Estos indicadores también son considerados por otros autores (Galantini, Iglesias, Maneiro, Kleine, 2007).

En cuanto a las propiedades químicas, el uso de indicadores relacionados con la salud o calidad del suelo, tiene como finalidad identificar limitantes que pudieran afectar el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos y la dotación de nutrientes para las plantas. Se consideran aquí, indicadores (siguiendo el MBPA) como el *pH* del suelo (para medir la acidez o alcalinidad del mismo) y la gestión del fósforo dado que es uno de los nutrientes que afectan en mayor medida la producción de los cultivos; este último, se operativiza a través de la relación fósforo orgánico/ inorgánico y el fósforo extraíble (Suñer, Galantini, Varela, Rosell, 2007). Además, siguiendo dentro de las propiedades químicas, se incluyen: la relación materia orgánica particulada (MOP)/ materia orgánica total (debido a que la MOP tiene activa participación en los ciclos de los nutrientes) y la relación carbono/nitrógeno (Galantini, Iglesias, Maneiro, Kleine, 2007). Esta última relación, apunta a medir la calidad del suelo, poniendo en evidencia el grado de transformación del material orgánico y la magnitud del aporte de nitrógeno durante su descomposición. En esta línea, diversos autores consideran al momento de realizar diferentes análisis, balances de nitrógeno (Gómez Limón y Riesgo, 2006, 2009; Casoldi y Bechini, 2010; Meyer-Aurich, 2005) y de fósforo (Casoldi y Bechini, 2010).

Finalmente, dentro del subcriterio ambiental, se considera un indicador relativo a la eficiencia en el uso del agua que apunta determinar qué sistema aprovecha mejor el recurso hídrico, siendo considerado por diversas investigaciones (Gómez Limón y Riesgo, 2006, 2009; Qiu *et al.*, 2007). Asimismo, se contempla la relación materia orgánica/textura y el balance de carbono (Galantini, 2007). Este último se incluye para poder conocer el cambio en el nivel de carbono, y de esa forma determinar la dinámica y el origen del aporte de carbono para cada sistema (MBPA). Por último, se tiene en cuenta un indicador que mide el riesgo de contaminación por plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas), sobre el cual influyen diferentes factores, partiendo de la base del indicador R de Viglizzo, adaptándolo al caso de estudio. Este tipo de riesgo es abordado por diferentes investigadores (Gómez Limón y Riesgo, 2006, 2009; Qiu *et al.*, 2007).

La **Dimensión Social** es quizás, la dimensión donde existe menor consenso al momento de contemplar indicadores para poder comparar los sistemas de labranza. Muchos de los indicadores aquí considerados apuntan a dar respuesta al atributo de aceptabilidad dentro del desarrollo sustentable. Se incluyen en el caso de estudio, cuatro subcriterios: Empleo, Gestión Ambiental, Autogestión y Gestión del Conocimiento.

Dentro del bloque Empleo, se contemplan las horas hombre de mano de obra empleadas como indicador, considerado en numerosas investigaciones (Gómez Limón y Riesgo, 2006, 2009; Evia y Sarandón, 2002). Se plantea que habrá una mayor aceptabilidad social si el sistema genera una mayor utilización de la fuerza laboral. En general, dichas investigaciones limitan toda la dimensión social a este solo indicador.

Al considerar el segundo subcriterio, Gestión Ambiental, se utiliza como indicador el consumo de combustible (Casoldi y Bechini, 2010; Gómez Limón y Riesgo, 2006, 2009; Meyer-Aurich, 2005) para determinar qué sistema logra el menor consumo, y la posibilidad de certificar, siguiendo el MBPA y la Agricultura certificada.

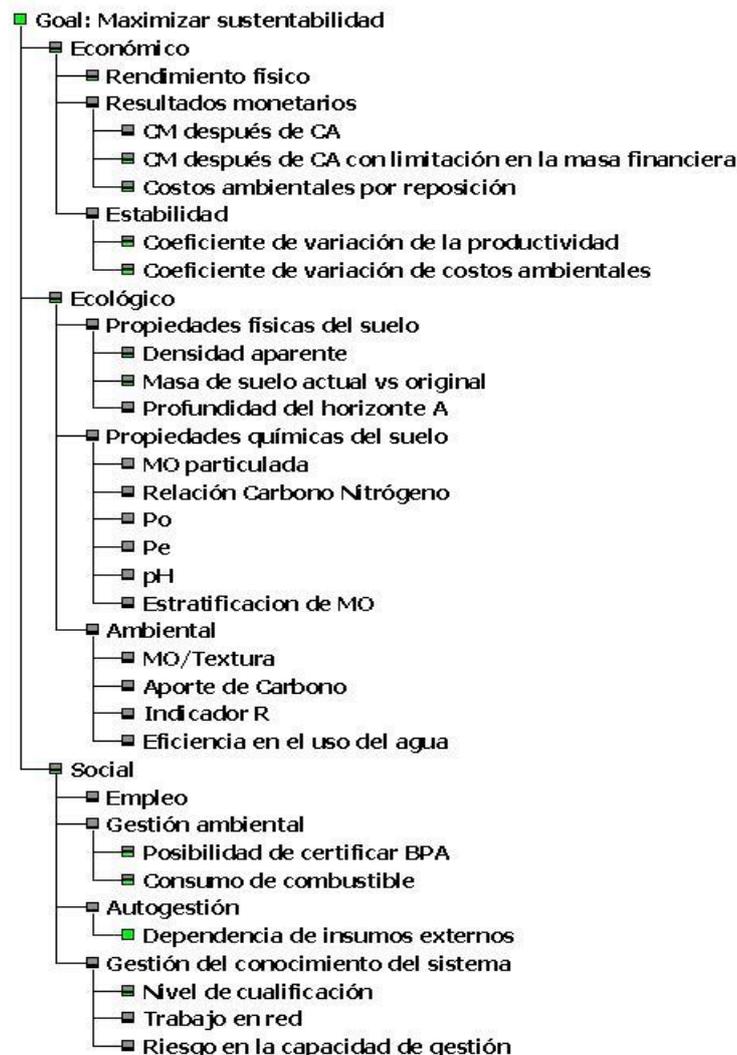
El tercer subcriterio, responde al atributo de Autogestión dentro del Desarrollo Sustentable, considerando la dependencia de insumos externos al momento de gestionar el sistema de labranza (Ravera *et al.*, 2009), dado que mientras mayor dependencia de insumos exista, menor será el grado de autogestión asociado para el productor.

Por último, dentro del cuarto subcriterio relativo a la Gestión del Conocimiento, se incluyen dos indicadores. En primera instancia, partiendo del indicador Índice de dificultad del sistema productivo (De Prada *et al.*, 2008), se llega al índice denominado nivel de cualificación, que se enfoca en el nivel de formación el sistema que requiere a su ejecutor, a partir de diversas prácticas que conlleva, lo cual repercute positivamente en la sociedad y en la eficiencia del sistema. Luego, se tiene en cuenta como último indicador el trabajo en red (Ravera *et al.*, 2009), partiendo de la base de la necesidad de establecer relaciones beneficiosas con el entorno de cada sistema, asociadas al desarrollo de capital social.

3.2.2. Árbol de Jerarquías

El árbol de jerarquías es la representación gráfica del problema y pone de manifiesto la relación existente entre el objetivo o meta global, los criterios y subcriterios considerados en la evaluación del caso, y las alternativas de que se dispone para resolver el problema. En nuestro caso se define el objetivo “Maximizar la sustentabilidad” y se consideran los criterios “Económico”, “Ecológico” y “Social”. Los subcriterios e indicadores antes descriptos se detallan en la Figura 1.

Figura 1: Árbol de Jerarquías



Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Evaluación de criterios, subcriterios y alternativas

Se utiliza la Escala de Saaty para realizar la comparación de a pares entre subcriterios y criterios. En principio se ha otorgado la misma preferencia a cada criterio, para luego realizar un análisis con preferencias derivadas de la opinión de expertos. Para evaluar las alternativas se emplearon los datos crudos. Para cada alternativa, se calcularon los indicadores representados por los criterios (Tabla 2), se normalizaron sus valores y se utilizó el modo directo de trabajo del software Expert Choice para ingresar datos crudos, en vez de comparaciones de a pares.

Tabla 2: Cálculo de indicadores representativos de cada subcriterio y criterio

Criterios	Subcriterios	Indicadores	Valores Referenciales/ Función objetivo a:	Unidad de medida	Valor
Económico	Rendimiento Físico	Productividad	Maximizar	Mg. Ha ⁻¹	SD: 2,55 LC: 2,15
	Resultados monetarios	Contribución marginal (CM) después de CA	Maximizar	\$ Ha ⁻¹	SD: 279,03 LC: 116,70
		CM después de CA con limitación en la masa financiera	Maximizar	\$	SD: 0,36 LC: 0,12
		Costos ambientales por reposición nutrientes (CA)	Minimizar	\$ Ha ⁻¹	SD: 452,29 LC: 362,97
	Estabilidad	Coefficiente de variación de la productividad	Minimizar	%	SD: 41 LC: 56
		Coefficiente de variación de Costos ambientales (CA)	Minimizar	%	SD: 80 LC: 107
	Ecológico	Suelo-Propiedades Físicas	Densidad aparente	1,2 – 1,4 /1,5 Mg/M3	Mg/M3
Dif.de erosión por sistemas de labranza (Masa de suelo actual versus original)			Minimizar	Mg. Ha ⁻¹	SD: 0 LC: 11,7
Profundidad del Horizonte "A"			Maximizar	Cm	SD: 22 LC: 22
Suelo – Propiedades Químicas		MO particulada (MOP) /MO total (MOT)	Maximizar	%	SD: 9,2 LC: 7,7
		Relación carbono-nitrógeno (materia orgánica total)	10 – 12 (fuera de ese intervalo no es bueno)	%	SD: 12,9 LC: 13,4
		Po (fósforo orgánico)/ Pi (fósforo inorgánico)	Maximizar	Calificación Numérica	SD: 0,675 LC: 0,624
		Pe (fósforo extraíble)	> 10. Cuanto más alto mejor	Ppm	SD: 25,00 LC: 18,10
		Estratificación de MO: MOT (0-5)/MOT(0-20)	Maximizar	Calificación Numérica	SD: 1,63 LC: 1,12
pH		Entre 6 y 7, fuera del rango puede haber problemas.	Calificación Numérica	SD: 6,5 LC: 6,7	

	Ambiental (varios)	Materia Orgánica / Textura	Maximizar	%	SD: 5,13 LC: 4,65
		Aporte Carbono Kg/Ha. / COT Kg. Ha	Maximizar	%	SD: 4,62 LC: 4,22
		Riesgo de contaminación por plaguicidas (indicador 7 Viglizzo modificado)	Minimizar	Calificación Numérica	SD: 20,50 LC: 11,00
		Eficiencia en el uso del agua	Maximizar	kg. grano mm. H ₂ O ⁻¹	SD: 6,05 LC: 4,96
Social	Empleo	Horas hombre mano de obra	Maximizar	Hs. Ha ⁻¹	SD: 1,94 LC: 2,67
	Gestión ambiental	Posibilidad de certificar BPA	1 (Que exista)	Existe (1) No existe (0)	SD: 1 LC: 0
		Consumo de combustible	Minimizar	Cantidad de combustible promedio por año (lt. Ha ⁻¹ año ⁻¹)	SD: 16,37 LC: 24,69
	Autogestión	Dependencia de insumos externos (paquete tecnológico)	Minimizar	Relación costo promedio Ha ⁻¹ en agroquímicos/rendimiento (tn Ha ⁻¹) (\$ tn ⁻¹ Ha ⁻¹)	SD: 154,45 LC: 149,21
	Gestión del conocimiento del sistema	Nivel de cualificación	Maximizar	Atributos: a) Dependencia de Nutrición estratégica (Fuerte=1; Débil=0) b) Dependencia de Manejo integrado de plagas (Fuerte=1; Débil=0) c) Dependencia de Manejo eficiente y responsable de agroquímicos (Fuerte=1; Débil=0)	SD: 3 LC: 0
		Trabajo en red	Maximizar	Atributos: a) Dependencia de asesoramiento externo (Fuerte=1; Débil=0) b) Vinculación con organismos de transferencia tecnológica (Fuerte=1; Débil=0)	SD: 2 LC: 0
		Riesgo en la capacidad de gestión	Minimizar	Alto (1) Bajo (0)	SD: 1 LC: 0

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se recurrió a un relevamiento de opiniones de expertos de distintos sectores: académico (profesores, investigadores), público (miembros del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria –INTA-) y privado (productores y asesores técnicos). Todos los encuestados pertenecen o tienen vínculos laborales con la zona de interés: el sudoeste bonaerense.

Para el relevamiento se preparó un cuestionario cerrado con escalas cualitativas de ponderación. Para cada criterio o subcriterio presentado, el encuestado debía seleccionar

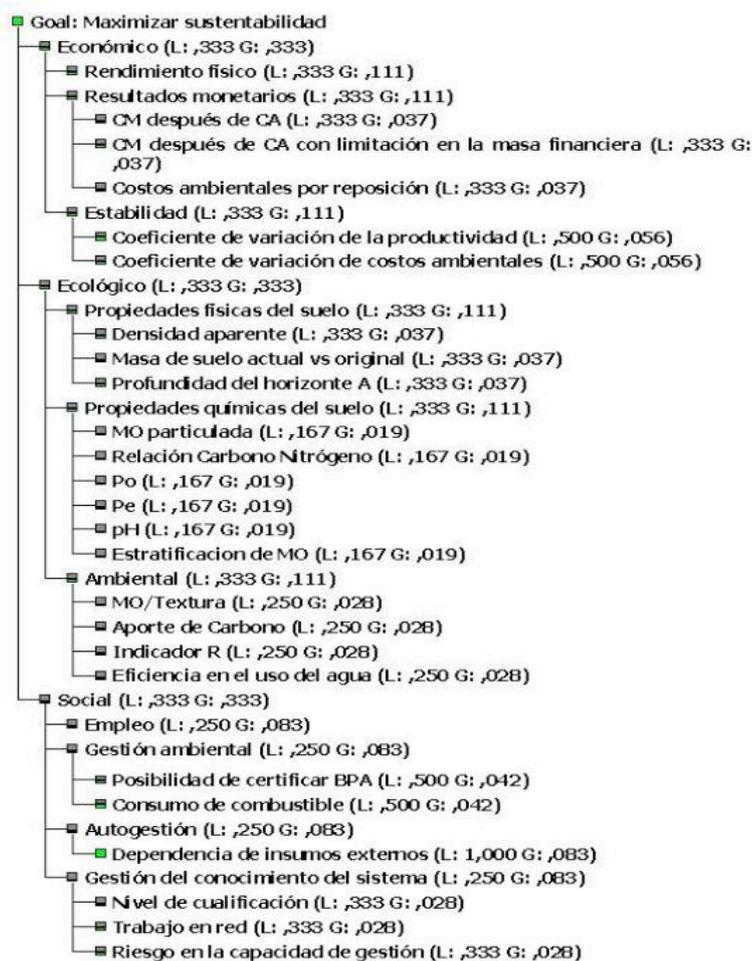
una de las opciones de la siguiente escala: sin importancia (SI), poco importante (PI), importante (I), muy importante (MI), extremadamente importante (EI). Las encuestas fueron tabuladas considerando las siguientes puntuaciones: 0 puntos para SI; 25 puntos para PI; 50 puntos para I; 75 puntos para MI; y 100 puntos para EI. Se realizó un promedio de las respuestas obtenidas de los miembros de cada sector. Luego, las opiniones sectoriales se agregaron mediante un promedio simple, para repetir el análisis, en este caso con ponderaciones que reflejan los intereses de todos sectores involucrados en decisiones relacionadas con los sistemas de labranza. En el Anexo, se presentan los resultados de las ponderaciones sectoriales y promedios para este análisis.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. CASO INICIAL

En la Figura 2 pueden apreciarse las prioridades locales y globales de los criterios y subcriterios. Como se mencionó, en una primera instancia a todos los criterios se les ha asignado la misma preferencia. Los subcriterios asociados tienen igual importancia o peso relativo (33% para los subcriterios del primer nivel asociados con el criterio económico), dicha importancia relativa se denomina también prioridad local. Cuando hablamos de prioridad global nos referimos a la importancia de cada subcriterio con respecto a la meta (11%). La Figura 3 muestra los resultados de la síntesis, que indican que la SD contribuye en mayor medida al cumplimiento del objetivo de maximizar la sustentabilidad, con un puntaje de 0.586; mientras que la LC sólo lo hace en 0.414.

Figura 2: Vista del Árbol de Jerarquías incluyendo las prioridades locales y globales



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3: Resultados de la síntesis con objetivo de maximizar la sustentabilidad

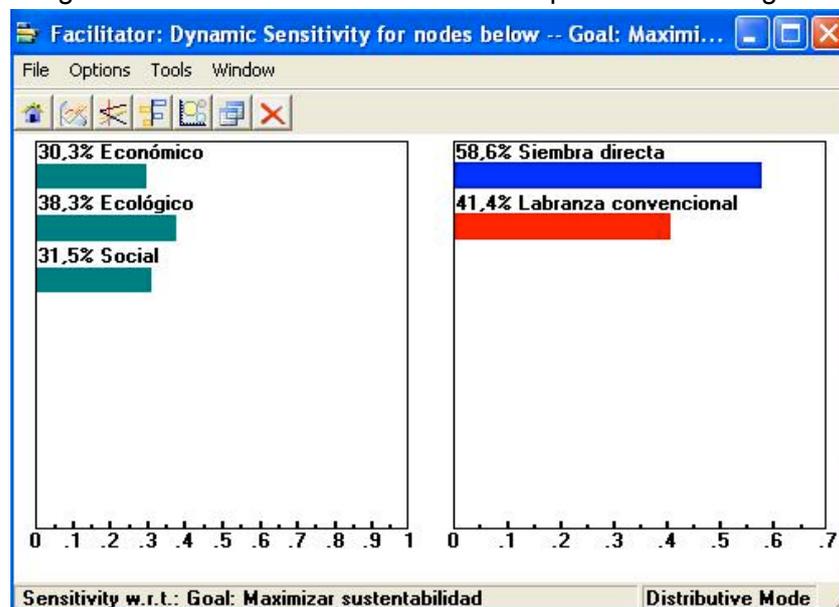


Fuente: Elaboración propia.

4.2. ANÁLISIS A PARTIR DE OPINIÓN DE EXPERTOS

A partir de los resultados del procesamiento de las opiniones de expertos, se establecieron las nuevas ponderaciones para los criterios y subcriterios, surgiendo una asignación de 30.3% para la dimensión económica, 38.3% para la ecológica y 31.5% para la social. Aún cuando el peso relativo de la dimensión ecológica es mayor al caso inicial, los resultados obtenidos son los mismos: 0.586 para SD y 0.414 para LC (Figura 4). Esto estaría indicando una compensación entre las preferencias asignadas en la síntesis.

Figura 4: Resultados de la síntesis con preferencias surgidas



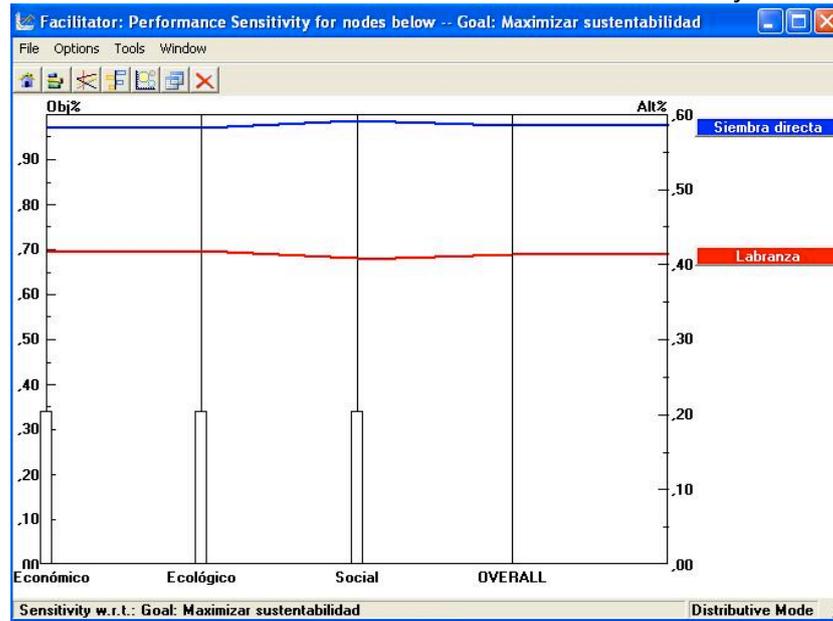
Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los resultados para la dimensión económica no presentan variaciones que sí se dan para las dimensiones ecológica y social. Para el primero de estos criterios, la brecha entre el resultado para SD respecto a LC se reduce en relación al caso inicial, mientras que la diferencia es mayor en el criterio social. No obstante dichas variaciones no son significativas desde el punto de vista matemático, ya que se presentan en el tercer y segundo punto decimal. Por lo tanto, los resultados obtenidos indican una robustez del modelo evaluado para la selección de las prácticas de labranza, que se agrega al hecho de haber considerado datos crudos objetivos para valorar los indicadores representativos de los criterios y subcriterios.

4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Este análisis permite observar cuán sensibles son las alternativas a los cambios en las prioridades de los criterios. La Figura 5 demuestra información sobre cómo se comporta cada alternativa con respecto a cada criterio. En todos los casos la SD presenta un mejor desempeño que la LC.

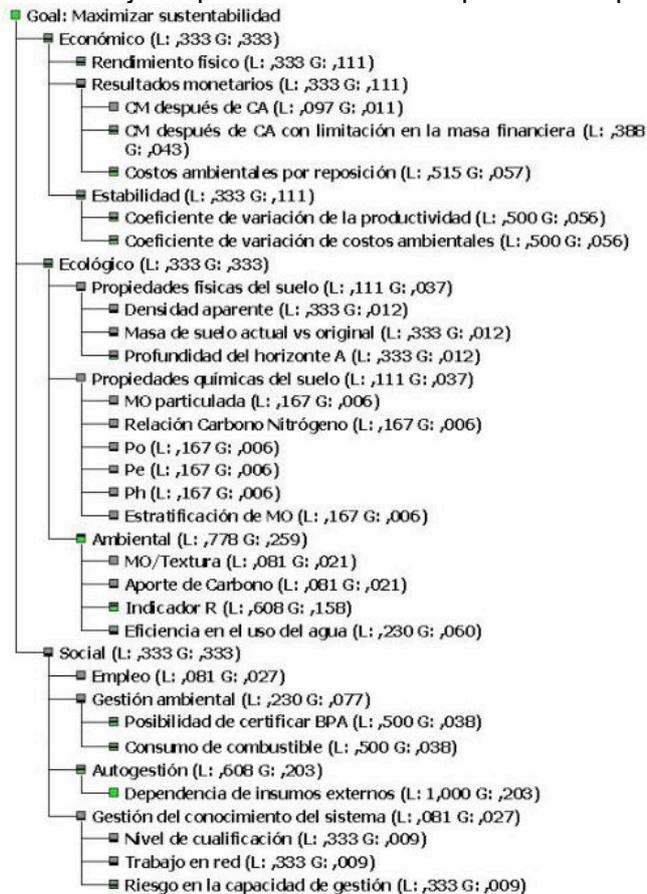
Figura 5: Sensibilidad de cada alternativa en relación a los criterios y la alternativa global



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6 ilustra la jerarquía para el caso en que se le asigne una prioridad mayor a los subcriterios/indicadores: Costos ambientales por reposición, Indicador R (riesgo de contaminación por plaguicidas), Autogestión y Gestión ambiental.

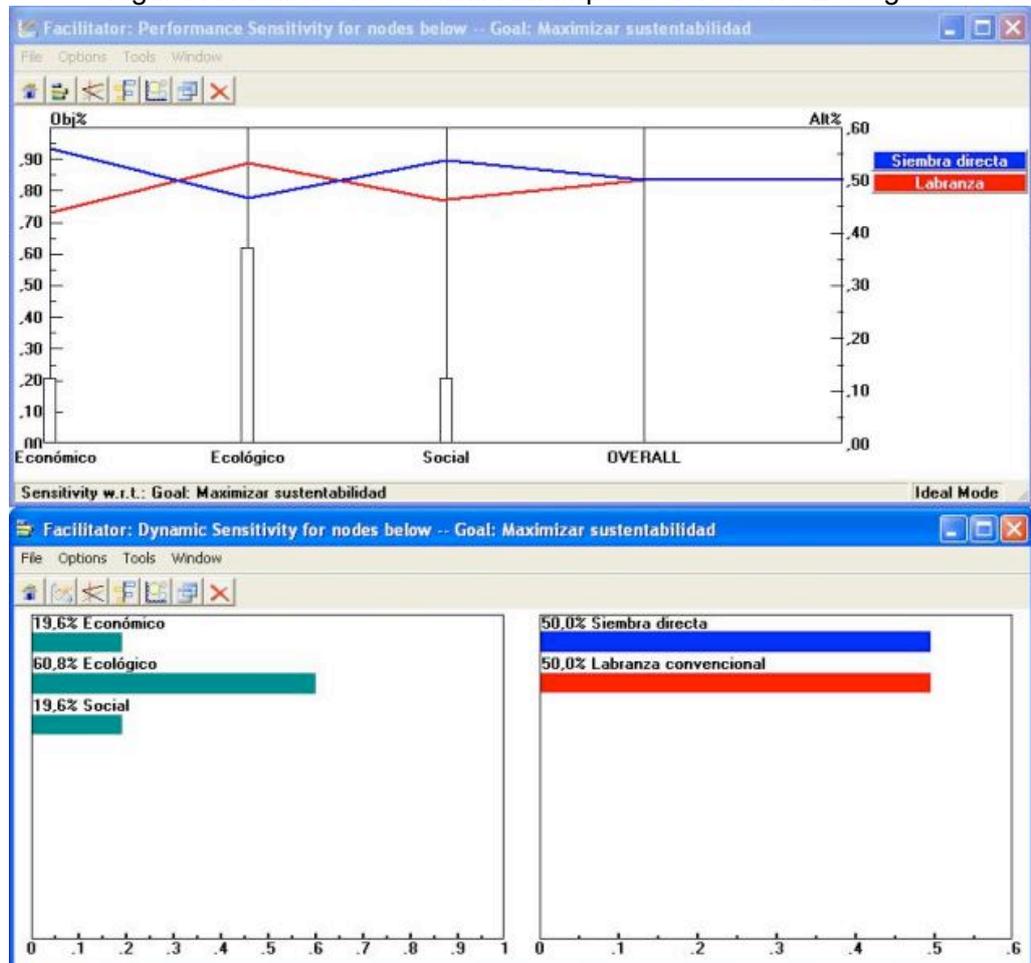
Figura 6: Vista del árbol de jerarquías con diferentes prioridades para algunos criterios



Fuente: Elaboración propia.

Para este caso la síntesis arroja un resultado de 0.523 (SD) y 0.477 (LC). Es decir que aún en el caso que se demuestre que fueran aspectos críticos del sistema de forma que ello justifique esas mayores prioridades subjetivas asignadas, igualmente SD resulta en principio más favorable. La dimensión ecológica es la que estaría afectando el resultado sintético en mayor medida, pudiendo cambiar las prioridades de la síntesis final. Los sistemas de labranza tienen la misma relevancia si se asigna un 60.8% de importancia al criterio Ecológico (Figura 7).

Figura 7: Análisis de sensibilidad. Impacto del criterio Ecológico



Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS

El objetivo del trabajo ha sido evaluar las prácticas de labranza desde un punto de vista integral, comparando la siembra directa con la labranza convencional en función de diferentes criterios ambientales, económicos y sociales representativos de los atributos de la sustentabilidad.

De la modelización del problema mediante técnicas multi-criterio aplicando el método de toma de decisiones conocido como Proceso Jerárquico Analítico (AHP) surge que la SD presenta una mayor prioridad relativa (0.586) que la LC (0.414), sopesando todos los criterios y subcriterios económicos, ecológicos y sociales. Si bien la brecha de preferencia se reduce cuando se asigna una prioridad más alta a algunos de los subcriterios/indicadores, tales como Costos ambientales por reposición, Indicador R, Autogestión y Gestión ambiental; el sistema de SD para el caso de estudio, manifiesta

igualmente mejor desempeño. No obstante, se advierte una alta sensibilidad del criterio ecológico, que puede afectar en mayor medida los resultados del método.

Sin embargo, al profundizar el análisis considerando las opiniones de expertos, los resultados no presentan diferencias significativas, demostrando en todos los casos al sistema de SD como aquel que contribuye en mayor medida al objetivo de maximizar la sustentabilidad. Asimismo, esta similitud en las preferencias obtenidas manifiesta robustez en el modelo planteado para evaluar los sistemas de labranza.

Para concluir, la presente investigación ha perseguido brindar una contribución para hacer operativo el concepto de sustentabilidad en la administración socialmente responsable de la empresa rural, al perfeccionar su sistema de información como soporte del proceso decisorio. La internalización de costos ambientales y el empleo de indicadores se proponen como herramientas útiles para dicho sistema, a los fines del control de gestión. Resultan técnicas administrativas que pueden instrumentar el marco conceptual de la Economía para tratar la problemática ambiental en la gestión del negocio agropecuario con responsabilidad social. Posibilitan articular las necesidades de corto y de largo plazo, en la medida que sean consideradas por la contabilidad de gestión. Las tecnologías administrativas no deben estar dissociadas de los cuerpos teóricos de la Economía Ambiental y la Economía Ecológica, por lo que se abre un camino en la investigación para encontrar adaptaciones factibles de ser aplicadas en particular en la empresa agropecuaria, donde el suelo es el principal factor productivo. Contar con información integral que permita conocer y entender el por qué de los impactos ambientales negativos, para luego tratar de minimizarlos o evitarlos, constituye la clave para resolver los problemas ecológicos que se deriven de la actividad agropecuaria y las consecuencias sociales que lleven apareadas.

Asimismo, se cree que los aportes de la presente investigación podrían apoyar la formulación de políticas públicas para el Desarrollo Sustentable del sector agropecuario, dado su relevante rol en la economía nacional, que contemplen particularmente las diferencias propias de regiones marginales subhúmedas y semiáridas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas (AECA) (1996). "La Contabilidad de Gestión Medioambiental". Contabilidad de Gestión, Documento N° 13. Madrid, España.
- Balesdent, J.; Chenu, C., Balabane, M. (2000). "Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage." *Soil Till, Res.* 53: 215-230.
- Bonilla Priego, M. (2000). "Algunos problemas en la determinación del coste medioambiental en la empresa". *Revista Técnica Contable*. Año LII, N° 615.
- Campbell, C.A.; Biederbeck, V.O.; Mcconkey, B.G.; Curtin, D.; Zentner, R.P. (1999). "Soil quality – Effect of tillage and fallow frequency. Soil organic matter quality as influenced by tillage and fallow frequency in a silt loam in southwestern Saskatchewan". *Soil Biol. Biochem.* 31: 1-7
- Casoldi, N. y Bechini, L. (2010). "Integrated sustainability assessment of cropping systems with agro-ecological and economic indicators in Northern Italy". *European Journal of Agronomy* 32, 59-72.
- Dauzacker, N. (2007). Impacto ambiental: Reconocimiento y Gestión contable. Rosario. Tesis Doctoral presentada en la Facultad de Ciencias Económicas y Estadística de la Universidad Nacional de Rosario.
- De Prada J., Lee Tsoung-Chao, Angeli A. R., Cisneros J. M., Cantero A., (2008). "Análisis multicriterio de la conservación de suelo: Aplicación a una cuenca representativa del centro Argentino". *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* Vol. 9: 45-59.
- Doran, J.W. y T.B. Parkin. (1994). Defining and assessing soil quality, en *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment* (Eds. Doran J.W. et al.). Soil Science Society of America, ASA, Madison WI, USA, Special Publication Vol. 35: 3-21.
- Evia G.; Sarandón S.J. (2002). Aplicación del método multicriterio para valorar la sustentabilidad de diferentes alternativas productivas en los humedales de la Laguna Merín, Uruguay. En: Sarandón S.J. (editor), *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable* (pp. 432-446). Ediciones Científicas Americanas (E.C.A)- La Plata, Buenos Aires.
- Falcón F. y Burbano R. (2004). "Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales". *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. Vol. 1: 11-20.
- Flores, C.C. & Sarandón, S.J. (2002). "¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina", *Rev. Fac. de Agronomía*, La Plata, 105 (1): 52-67.
- Forman, E., Selly, M.(2001) *Decision by Objectives - How to convince others that you are right*. World Scientific Publishing, River Edge, New Jersey.
- Franzluebbers, A.J., (2002) "Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality". *Soil and Tillage Research*. Vol. 66: 95-106.
- Fronti de García, L.; García Fronti, I. y Nastasi, A. (2001). El medio ambiente, su influencia en los informes contables. VII Congreso del Instituto Internacional de Costos y II Congreso de la Asociación Española de Contabilidad Directiva. Universidad de León, España.
- Fronti de García, L; García Fronti, I; Scaminaci S.; Wainstein, M. y otros. (1998). Impacto ambiental: sus posibilidades de captación y control a través de la información contable. Proyecto de investigación. UBAC y T FCE. Instituto de Investigaciones Contables "Profesor Juan Alberto Arévalo". Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Galantini J, Rosell R. (2006). "Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampayan soils". *Soil & Tillage*, 87:72-79.

- Galantini J.A., Iglesias J., Maneiro C., Kleine, C. (2007). "Efectos de largo plazo sobre la materia orgánica del suelo", *Rev. Técnica Especial en SD*, AAPRESID, octubre 2007, p.11-15.
- Galantini J.A., J.O. Iglesias, C. Maneiro, y C. Kleine. (2007). "Efectos de largo plazo sobre la materia orgánica del suelo". *Revista Técnica Especial en Siembra Directa* Vol. octubre 2007: 11-15.
- Galantini, J.A., Suñer, L. G., Iglesias, J. O. (2007): "Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense; Efectos de largo plazo sobre las formas del fósforo en el suelo". *RIA*, 36 (1): 63-81. Abril de 2007. INTA, Argentina.
- Gil, J. M. (2003). "La contabilidad de gestión en los paradigmas de administración medioambiental". *Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestión*.
- Gómez-Limón, J. y Riesgo, L. (2009). "Alternative approaches to the construction of a composite indicator of agricultural sustainability: An application to irrigated agriculture in the Duero basin in Spain". *Journal of Environmental Management* 90: 3345-3362.
- Goodland, R. y Daly, H. (1996). Environmental sustainability: universal and non-negotiable. *Ecological Applications* 6: 1002-1017.
- Jasch, C. (2002). *Environmental Management Accounting. Procedures and Principles*. Alemania.
- Karlen, D.L.; Cambardella, C.A. (1996). "Conservation strategies for improving soil quality and organic matter storage". *Adv. Soil Sci*.
- Kleine, C. y A. Puricelli (2001). "Comparación de los rendimientos y algunos parámetros químicos luego de varios años bajo LC y SD en el sudoeste de Buenos Aires". *Informaciones Agronómicas INPOFOS* Vol. 12: 15-19.
- Llena Macarulla, F. (1999). *La contabilidad en la interacción empresa-medio ambiente: Su contribución a la gestión medio ambiental*. Zaragoza España: Tesis doctoral presentada en la Facultad de Ciencias Económicas y empresariales. Universidad de Zaragoza.
- Lomas P., Martín B., Louis C., Montoya D., Montes C., Álvarez S. (2005). "Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas". Publicaciones de la Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez, Madrid, España.
- Lotka, A. J. (1925). *Elements of physical biology*. Williams and Wilkins, Baltimore. Reimpreso por Dover Publications, Inc., New York.
- Meyer-Aurich, A. (2005). Economic and environmental analysis of sustainable farming practices- a Bavarian case study. *Agricultural Systems* 86.
- Mora, B. (2009). *La gestión ambiental y la contabilidad medioambiental, una contribución al desarrollo sostenible*. XLIV Asamblea del Consejo Latinoamericano de Escuelas de Administración. Guayaquil Ecuador.
- Moraes Sa, J.C. (2003). Rastrojos: Alimento del suelo, X Congreso Nacional de AAPRESID, Rosario (SF), p.135-138.
- Pahlen Acuña, R. y Fronti de García, L. (2004). *Contabilidad social y ambiental*. Ediciones Macchi. Buenos Aires, Argentina.
- Prato T. (1999). Multiple attribute decision analysis for ecosystem. *Management. Ecological Economics* 30: 207-222.
- Qiu Hua-Jiao, Zhu Wan-Bin, Cheng Xu (2007). "Analysis and design of agricultural sustainability indicators system". *Science Direct, Agricultural Sciences In China*, 6(4) 475-486.
- Ravera, F.; Tarrasón, D.; Pastor, P. A.; Grasa, R. (2009). "Procesos y métodos de evaluación integrada participativa de degradación de ecosistemas semiáridos. Un caso de estudio en un área protegida en el trópico seco nicaragüense". *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. Vol 13. 79-99.
- Rey Mejías, C. (2002). "Indicadores de Sostenibilidad Medioambiental". *Observatorio Medioambiental*, Vol. 5: 79-99.

- Rivera, P., & Foladori, G. (2006). "Reflexiones sobre la Contabilidad Ambiental en Mexico". *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 21 177-217.
- Rodríguez Jáuregui, H. y Yardín, A. (1999). ¿De qué hablamos cuando hablamos de costos medioambientales? XXII Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos. Concordia, Argentina.
- Saaty, T. L. (1997). Toma de Decisiones Para Líderes: El proceso jerárquico analítico la toma de decisiones en un mundo complejo. RWS Publications.
- Suñer L., Galantini J., Varela P., Rosell R., (2007). "Estratificación de las formas de fósforo en SD y su relación con la disponibilidad para los cultivos". *Revista Técnica Especial en Siembra Directa*, p. 28-31.
- Vélez Bunzl, A. C., Suarez Zuluaga, A., Restrepo Taborda, L., Vélez Moncada, J. A., & Perea Mesa, Y. (2007). Contabilidad Ambiental. Medellín Colombia: Semillero de Investigación I.

7. ANEXO: Relevamiento de opiniones de distintos sectores

Dimensiones o criterios del análisis	Sector académico	Sector privado	Sector público	Promedio
Dimensión económica	0.325581	0.296296	0.285714	0.302531
Dimensión ecológica	0.348837	0.370370	0.428571	0.382593
Dimensión social	0.325581	0.333333	0.285714	0.314876
Sub-criterios dentro de dimensión económica	Sector académico	Sector privado	Sector público	Promedio
Rendimiento Físico	0.315789	0.260870	0.250000	0.275553
Resultados monetarios	0.342105	0.304348	0.250000	0.298818
Estabilidad	0.342105	0.434783	0.500000	0.425629
Sub-criterios dentro de dimensión ecológica	Sector académico	Sector privado	Sector público	Promedio
Suelo - Propiedades Físicas	0.307692	0.379310	0.222222	0.303075
Suelo – Propiedades Químicas	0.333333	0.275862	0.333333	0.314176
Medio ambiente (aire, agua, etc.)	0.358974	0.344828	0.444444	0.382749
Sub-criterios dentro de dimensión social	Sector académico	Sector privado	Sector público	Promedio
Empleo	0.224490	0.235294	0.090909	0.183564
Gestión ambiental	0.265306	0.294118	0.272727	0.277384
Autogestión (independencia)	0.224490	0.235294	0.272727	0.244170
Gestión del conocimiento del sistema	0.285714	0.235294	0.363636	0.294882
Dentro de sub-criterio medio ambiente (ecológico)	Sector académico	Sector privado	Sector público	Promedio
Materia Orgánica sobre textura (*)	0.226415	0.236842	0.250000	0.237752
Aporte Carbono (**)	0.226415	0.236842	0.250000	0.237752
Riesgo de contaminación por plaguicidas (***)	0.283019	0.236842	0.250000	0.256620
Eficiencia en el uso del agua (****)	0.264151	0.289474	0.250000	0.267875
Dentro de sub-criterio gestión ambiental (social)	Sector académico	Sector privado	Sector público	Promedio
Posibilidad de certificar BPA	0.454545	0.411765	0.500000	0.455437
Consumo de combustible	0.545455	0.588235	0.500000	0.544563
Dentro de sub-criterio gestión de conocimiento del sist (social)	Sector académico	Sector privado	Sector público	Promedio
Nivel de cualificación del personal	0.315789	0.304348	0.375000	0.331712
Trabajo en red	0.342105	0.347826	0.250000	0.313310
Riesgo en la capacidad de gestión (*****)	0.342105	0.347826	0.375000	0.354977

Fuente: Elaboración propia.