

EL CULTIVO DE CORIANDRO (*Coriandrum sativum* L.). UNA ESTRATEGIA PARA AUMENTAR LA SUSTENTABILIDAD DE LOS AGROECOSISTEMAS

PEDRO E. GUNDEL¹

RESUMEN

La agricultura intensiva ha provocado la aparición de síntomas de degradación, generando replanteos de producción hacia estrategias más sustentables. En este trabajo se analiza el efecto de la introducción del cultivo de coriandro sobre la sustentabilidad de la empresa agropecuaria. Esta especie representa una alternativa de producción como cultivo invernal, potencialmente reemplazante del trigo. El objetivo de producción son los granos y los aceites esenciales contenidos en ellos. Dentro de las ventajas en la adopción de este cultivo se encuentran: la estabilidad del rendimiento en granos y la alta producción de aceites esenciales en áreas marginales o degradadas, el control de plagas con un uso de insumos químicos mínimos y el aumento de la biodiversidad en el agroecosistema. Sin embargo, el margen bruto del coriandro es generalmente menor que el del trigo. La generación de conocimientos sobre nuevas alternativas de producción, contribuirá a evitar o mitigar los efectos de degradación de los recursos naturales manifestados en la actualidad.

Palabras clave. Sustentabilidad, coriandro, aceites esenciales, margen bruto.

CORIANDER CROP (*Coriandrum sativum* L.). A STRATEGY TO INCREASE SUSTAINABILITY IN AGROECOSYSTEMS

SUMMARY

Intensive agriculture has promoted the degradation of natural resources, leading the adoption of productive strategies which increase farm sustainability. In this work the effect of the introduction of coriander in crop rotation on farm sustainability is studied. This species represents a new production alternative as a winter and potentially wheat crop replacement. The production of this crop, which concentrates on grains and essential oils, offers the following advantages: stability in grain and oil yield in marginal or degraded areas, pest control with low chemical input and the maintenance of high levels of biodiversity in agroecosystems. However, coriander economical gross margin is generally lower than wheat's. The development of knowledge about new strategies of production, will contribute to avoid or mitigate the effects of degradation observed in on natural resources.

Key words. Sustainability, coriander, essential oils, gross margin.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los conceptos de **sustentabilidad** en el uso de los recursos naturales se centra principalmente en el estudio de la producción agrícola, porque es la actividad humana que realiza el uso mas extensivo e intensivo de la tierra (Ghersa *et al.*, 2000). Por esta razón la agricultura depende en gran medida de la conservación de la calidad de los recursos naturales.

Las definiciones de sustentabilidad varían según el enfoque bajo el cual han sido gestadas. Sin embargo, todas ellas tienen ciertos puntos en común:

- La agricultura sustentable tiene que ser más productiva y eficiente en el uso de los recursos.
- Los procesos dentro de un agroecosistema sustentable deberían estar controlados por factores internos, antes que por subsidios externos.

¹Estudiante tesista de la carrera de Ingeniería Agronómica y ayudante de la Cátedra de ecología. IFEVA. Departamento de Recursos Naturales y Ambiente. Facultad de Agronomía (UBA). Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, Argentina.

- El ciclo de los nutrientes y del agua dentro del establecimiento productivo debería tender a ser lo más cerrado posible.
- El nivel de producción debe ser estable en el tiempo y mantenerse en niveles de rentabilidad aceptables.

La inclusión de estos principios de sustentabilidad en los planteos de producción agropecuaria significa resignar en algunos casos beneficios en el corto plazo por otros en el largo plazo. Por otra parte, uno de los inconvenientes para adoptar modelos de producción sustentables se basa en que los beneficios que prometen los sistemas sustentables, así como los problemas que plantea la agricultura continua, no son de fácil visualización por parte de los productores. La dificultad para valorar los beneficios en términos económicos (Costanza *et al.*, 1997), así como la falta de conocimientos sobre las tecnologías de producción (en sistemas sustentables), pueden ser las causas más importantes que impiden el cambio tecnológico hacia planteos más sustentables.

Para caracterizar mejor la situación en la cual se desarrollan los planteos de producción agrícola, se ha planteado la existencia de dos tipos de empresas conviviendo en una explotación agrícola: una económica y otra biológica. En la primera, a través de la renta positiva se produce la acumulación de capital, confiriéndole estabilidad y la posibilidad de tomar riesgos. En la segunda, el capital se mide en términos de acumulación o mantenimiento de nutrientes, materia orgánica o biodiversidad, que también le confieren estabilidad ante disturbios (Soriano *et al.*, 1999). Por razones de inmediatez o de disponibilidad de capital, es la rentabilidad económica la que guía las decisiones de los productores, aunque la mejor opción es tratar de que ambas rentas sean positivas o por lo menos aspirar a ello. Una consecuencia evidente de la preponderancia de la empresa económica sobre la empresa biológica es la degradación del recurso suelo. El efecto del uso intensivo de los suelos ha sido la conducción de los mismos a una disminución de sus características originales abióticas y bióticas. Se registra desde hace dos décadas un incremento en la intensidad de laboreo del suelo, en el uso de insumos para mantener los niveles de producción (fertilizantes) y para disminuir el impacto de enfermedades crecientes: plagas y malezas (fungicidas, insecticidas y herbicidas) (Ghersa y Martínez-Ghersa, 1991). Esto evidencia que la agricultura necesita ser subsidiada energéticamente para mantener márgenes de rentabilidad competentes.

Para compatibilizar el impulso de una agricultura rentable con el mantenimiento de los recursos naturales es necesario el desarrollo de modelos de explotación alternativos a los actuales, y de conocimientos acerca de cómo evaluar la sustentabilidad (indicadores) (Ghersa *et al.*, 1999). El objetivo de este trabajo es analizar algunas de las cuestiones más importantes que apoyan la idea de que la incorporación del cultivo de coriandro a los planteos productivos tradicionales contribuirá al manejo sustentable de los sistemas de producción agrícola.

DISCUSIÓN

Características del coriandro

El **Coriandro** (*Coriandrum sativum* L.) pertenece a la familia botánica Apiaceae (antiguamente Umbeliferae) y es originaria del Mediterráneo. Es una hierba anual erecta, glabra, con tallos ramificados huecos alcanzando una altura de 30 a 70 cm de altura. Posee hojas pinadas, con los segmentos anchos, lobulados y finamente divididos. Las flores son de color rosa claro a blanco, dispuestas en umbelas compuestas. Frutos globosos de 4 a 15 mm de diámetro (dependiendo del genotipo), biseminado. Sus pericarpios contienen vesículas oleíferas en donde se acumulan los aceites esenciales. Sus raíces son largas y muy ramificadas (Diederichsen, 1996).

Los frutos y el aceite esencial obtenido de la producción de coriandro son utilizados en la medicina, en la fabricación de alimentos, de tabaco, de licores y de bebidas alcohólicas, y en la industria de la perfumería (Gil *et al.*, 1999). La sustitución de productos de síntesis por naturales (visión ecologista) y los cambios en la formulación de comidas, sugieren un mercado potencial para los aceites esenciales de origen vegetal como cultivos alternativos (Lawrence, 1993). La producción de aceite esencial de coriandro a escala mundial es de 725 toneladas por un valor de US\$ 3,6 x 10⁶ (Lawrence, 1993). En la Argentina la

superficie cultivada para la producción de granos (especia) es de 2840 ha y la mayor parte del área en cuestión se ubica en la Pampa Húmeda (Buenos Aires y sur de Santa Fe) (Luayza *et al.*, 1996). La producción es de alrededor 2500 Tn totales, de las cuales 1500 Tn se vende el mercado interno, y el resto es exportado principalmente a Brasil, Estados Unidos y Reino Unido (Arizio *et al.*, 1994).

Es considerado en general como un cultivo de bajos requerimientos nutricionales, aunque los mejores rendimientos se obtienen en suelos livianos y fértiles. No responde bien en suelos pesados con altos contenidos de arcillas. Los mejores resultados se obtienen cuando no existen restricciones hídricas. La cosecha de los frutos presenta algunos inconvenientes debido a la maduración despareja de los mismos. Los frutos maduros son altamente susceptibles a la caída al suelo, por lo que si son expuestos a situaciones como lluvia o vientos durante esta etapa las pérdidas pueden ser importantes (Luayza *et al.*, 1996).

Los componentes de interés final en la producción de coriandro son los granos y los aceites esenciales, denominados metabolitos secundarios. Estos compuestos desempeñan en la planta entre otras funciones: defensa ante la herbivoría, atracción de polinizadores, almacenaje temporario de nutrientes y fuente de carbono, resistencia a la sequía, y protección contra la radiación UV (Herms y Mattson, 1992). En este sentido el rendimiento en aceites esenciales y su composición, están fuertemente afectados por factores intrínsecos de la planta (genotipo, estado de desarrollo, órgano productor) y por factores extrínsecos a la misma (abióticos y bióticos) (Lawrence, 1993). Estos mismos factores regulan la producción de los metabolitos primarios, pero de manera diferente. Muchas veces los máximos rendimientos en granos no coinciden con las máximas concentraciones de aceites por unidad de biomasa cosechada (Lenardis *et al.*, 1995), produciéndose por lo tanto una situación de compromiso entre el crecimiento vegetativo y la asignación de recursos a la producción de metabolitos secundarios.

Existen evidencias de las relaciones entre la producción de los compuestos secundarios y el crecimiento de las plantas (Mathur *et al.*, 1988; Zabala, 1994). La teoría predice una relación no lineal entre la tasa neta de asimilación y la concentración de compuestos secundarios. En ambientes ricos en recursos se predice una relación inversa entre la biomasa y la concentración de compuestos secundarios, mientras que en ambientes moderadamente pobres, la proporción del carbono fijado destinado a la producción de compuestos secundarios es mayor, aumentando la concentración por unidad de tejido (Herms y Mattson, 1992).

El coriandro en los sistemas de producción y su relación con la sustentabilidad

Uno de los objetivos principales de la investigación actual en el ámbito agrícola es, a través de una mejor comprensión de la estructura y el funcionamiento de los sistemas, mejorar el diseño de los sistemas productivos aumentando 1) su estabilidad, 2) su productividad, y 3) su eficiencia energética. Una de las alternativas que contribuyen a mejorar la estabilidad y la eficiencia, es la diversificación de las actividades de la empresa (Viglizzo y Roberto, 1989).

Los cultivos más comunes en la región pampeana son: soja, maíz y girasol en verano, y trigo y cebada en invierno. Normalmente todos estos cultivos se consideran extensivos en el uso de insumos, respecto al uso de la tierra, y con una distribución particular en las subregiones pampeanas de acuerdo a sus características. En algunos casos, como en la parte occidental de la Pampa (subregión Pampa Interior), la agricultura forma parte de planteos mixtos junto con la ganadería (Hall *et al.*, 1992). Otros cultivos de menor importancia que también se realizan en la región pampeana son: sorgo, centeno, coriandro, colza y lino. Particularmente, en la subregión Pampa Interior el modelo de producción agrícola que más crecimiento ha mostrado en las últimas décadas es la secuencia de ciclos trigo / soja (Ghersa *et al.*, 1999). Las consecuencias inmediatas, además de los aumentos en la producción por unidad de superficie, son: 1) un aumento en la intensidad de laboreo y 2) un aumento en el uso de plaguicidas (Ghersa y Martínez-Ghersa, 1991). El modelo monocultura de trigo se halla mayormente circunscripto a la porción más septentrional de la Región Pampeana (la subregión Pampa Austral); pero con una menor intensidad de labores con respecto al anterior y muchas veces formando parte de planteos mixtos. Dentro de los modelos que incluyen al trigo, éstos dos son los más importantes, aunque cabe aclarar que existen una variedad amplia de situaciones distintas pero que tienen una relevancia relativa menor.

El complejo trigo/coriandro como alternativa de producción sustentable

Los cultivos de coriandro y de trigo se realizan en la misma época del año (cultivos invernales) y presentan características de manejo similares. De acuerdo con esto, se maneja como alternativa la posibilidad de usar uno u otro según los objetivos de producción. Existen evidencias de que ambos muestran un comportamiento diferencial ante suelos con distintos niveles de degradación (de la Fuente *et al.*, 2000), haciendo posible ubicarlos diferencialmente de acuerdo a sus comportamientos dentro de las posibilidades ambientales de los establecimientos productivos. La decisión de realizar uno u otro, dependerá del margen bruto de cada actividad, de los beneficios que pueda aportar al sistema productivo y de las condiciones circunstanciales de la empresa (económica y ecológica). Algunas de las características a considerarse a partir de la inclusión del cultivo de coriandro en los sistemas de producción tradicionales son:

Comportamiento en áreas marginales o degradadas

Áreas marginales y áreas degradadas, son sitios que naturalmente en el caso de las primeras y provocado en el caso de las segundas, poseen algún tipo de limitación para el crecimiento normal de las plantas cultivadas. Los tipos de limitaciones pueden ser: pérdidas de nutrientes, acidificación, salinización, sodificación, pérdidas de materia orgánica, pérdidas de estructura y falta de capacidad de retención de agua. Según Herms y Mattson (1992), en sitios con algún tipo de limitación moderada se registraría un aumento en la concentración de los compuestos secundarios por unidad de biomasa. Por otra parte, en estas situaciones el rendimiento en granos sería suficientemente estable ante limitaciones ambientales moderadas (dada la relativa heterogeneidad genética de estas poblaciones).

En un trabajo realizado en la Pampa Ondulada, se evaluó la respuesta de los cultivos de coriandro y de trigo en ambientes con distinto grado de degradación. Se comprobó que tanto la concentración como el rendimiento en aceites esenciales del coriandro fueron mayores en los ambientes moderadamente degradados, no viéndose afectado el rendimiento en granos (frutos). El trigo sin embargo, mostró una merma en el rendimiento por efecto de los sitios moderadamente degradados (de la Fuente *et al.*, 2000). Esta evidencia es la más contundente en la que se sustenta la idea de que el cultivo de coriandro es una buena alternativa ante situaciones de degradación. Aquellos cultivos cuyo objetivo de producción es la obtención de compuestos secundarios, representan una ventaja comparativa ante los cultivos tradicionales en sitios degradados.

Estabilidad en el rendimiento

Los cultivos tradicionales han sido fuertemente seleccionados para responder al agregado de insumos y obtener altos rendimientos. Se trata de poblaciones genotípicamente semejantes que aseguran con una alta probabilidad una respuesta exitosa ante la provisión de condiciones adecuadas. Sin embargo, la estabilidad del rendimiento de estos cultivos es menor que la de aquellos que no han recibido una alta presión de selección para su mejoramiento (Calderini *et al.*, 1999), existiendo para el caso del trigo una relación inversa entre el grado de degradación ambiental y el rendimiento (de la Fuente *et al.*, 2000). La provisión de las condiciones adecuadas para obtener altos rendimientos significa un aporte importante de insumos y energía al sistema de manera inevitable, convirtiéndolo en más productivo pero en menos eficiente en el corto plazo.

Por el contrario, los cultivos aromáticos como el coriandro no han sido sometidos tan exhaustivamente a selección, por lo que presentan mayor variabilidad genotípica. Esta característica le confiere mayor estabilidad ante un amplio rango de condiciones ambientales. Un caso particular donde se espera que se manifieste esta estabilidad es en los ambientes degradados o marginales. En rendimiento en biomasa y en

granos (frutos), el coriandro mostró alta estabilidad ante ambientes con niveles de degradación contratantes (de la Fuente *et al.*, 2000). La estabilidad de estos cultivos en un rango amplio de condiciones ambientales nuevamente aparece como una ventaja comparativa contra los cultivos tradicionales como el trigo. El aprovechamiento de esta ventaja amplía el margen de posibilidades de decisiones que un productor puede tomar.

Producción en seco

Las condiciones de producción bajo riego son exclusivas de lotes con buena aptitud, destinada a cultivos de alto potencial de rendimiento y por lo tanto, presentan los mayores márgenes brutos. Las condiciones de producción en seco son las más comunes en la región pampeana (Hall *et al.*, 1992). La biosíntesis de los compuestos secundarios, si bien está controlada genéticamente, es fuertemente modulada por las variables ambientales (Paré y Tumlinson, 1999). Existen evidencias en la literatura que indican que en muchos cultivos aromáticos las condiciones de sequía y/o disminuciones en las disponibilidades hídricas, causan considerables incrementos en el contenido y en el rendimiento de metabolitos secundarios como los aceites esenciales (Yaniv y Palevitch, 1980; Takabayashi *et al.*, 1994). Si el objetivo de producción son los aceites esenciales, es de esperar que en condiciones de seco esta característica aparezca como una ventaja, ya que son estos compuestos los que se quieren maximizar. Por otro lado, el comportamiento del cultivo de coriandro se espera que sea más estable o menos vulnerable ante eventuales condiciones de déficit hídrico dada su relativa heterogeneidad genética poblacional.

Respuesta a la disponibilidad nitrógeno

El cultivo de coriandro manifiesta una baja demanda relativa de nutrientes comparado con el trigo. A diferencia de este último, el coriandro no ha sido sometido a rigurosos procesos de mejoramiento genético para la obtención de altos potenciales de rendimiento. Aunque en otros países la fertilización nitrogenada del cultivo de coriandro es una práctica común, en la Argentina no lo es (Luayza *et al.*, 1996), y las razones probables sean:

- Nivel basal de nitrógeno suficiente para obtener rendimientos medios.
- Al ser un cultivo relativamente nuevo en la Argentina, es poco lo que se sabe sobre sus requerimientos y sus respuestas a este tipo de tecnología, sumado a que muchas veces los productores no tienen un acceso inmediato a esa información.
- Por una cuestión de costos, existe una alta probabilidad de que los beneficios que obtenemos por agregar una unidad más de insumo (fertilizante) sean menores que el gasto incurrido en la compra del mismo, debido a los bajos requerimientos del cultivo.
- La relativa estabilidad en cuanto los rendimientos medios en un amplio rango de condiciones ambientales.

Una de las consecuencias de la degradación de los suelos puede ser una oferta de nutrientes por debajo de los requerimientos mínimos del cultivo. Por este motivo, la utilización de fertilizantes nitrogenados con el fin de compensar los efectos negativos de la degradación, surge como una buena alternativa. Dentro de las respuestas encontradas a la fertilización nitrogenada, se observó aumentos en el número de frutos fijados y en el peso individual de los mismos ante aumentos en la disponibilidad de nitrógeno (de la Fuente *et al.*, 1995). Sin embargo, la mayor disponibilidad de nitrógeno produjo en un cultivar europeo una disminución en el porcentaje de aceites esenciales mientras que el rendimiento en granos mostraba una respuesta asintótica (Lenardis *et al.*, 1999). Por lo tanto, un incremento en la oferta de nitrógeno reduce la concentración de aceites esenciales, afectando en forma negativa el rendimiento en litros por hectáreas.

Una producción que es posible de ser realizada sin el aporte necesario de fertilizantes o con aportes

mínimos, es si duda una actividad de menor riesgo económico. Si bien éstas son sólo especulaciones hechas a partir de los pocos elementos con que se cuenta, será necesario conocer más la ecofisiología del cultivo, a fin de optimizar los rendimientos y la rentabilidad.

Rotación como parte de un manejo sustentable

En el nivel de lote, los sistemas de producción basados en la secuencia reiterada de cultivos y sus tecnologías (monocultivo y rotaciones anuales) tienen como consecuencia la selección de plagas y malezas que van adaptando sus ciclos de acuerdo al régimen de disturbio al que son sometidos, incrementando año tras año su impacto. En el nivel regional, la dinámica de las plagas puede ser muy distinta y más compleja. Las fuentes de inóculo que afectan un lote no necesariamente se gestan localmente, pudiendo provenir de lugares vecinos ubicados a distancias variables que dependerán del ambiente y de la plaga. De ésta manera surge la idea de que la alternancia local de cultivos (escala temporal) y la coexistencia regional de un mosaico de cultivos distintos (escala espacial) es uno de los componentes más importantes en el diseño de estrategias para el manejo integrado de adversidades.

Esto permite pensar que en los modelos descriptos anteriormente (monocultura de trigo o trigo/soja) existe una alta posibilidad de sufrir el impacto de alguna adversidad biológica. Desde el punto de vista del manejo de plagas existen argumentos que apoyan la idea de utilizar al coriandro en una estrategia de rotación de cultivos. Las plantas de coriandro en su parte aérea producen aceites esenciales de calidad diferente a los producidos en el fruto y se ha descubierto, para algunos de sus componentes, efectos atractivos de predadores y parasitoides (Turlings *et al.*, 1990), mientras que no se descarta la posibilidad de existencia de efectos repelentes y tóxicos sobre los enemigos naturales. Esta estrategia natural puede ser utilizada como un componente importante en el manejo de plagas. El efecto de la producción de coriandro puede verse a través de la acción sobre cultivos que no poseen esta ventaja, permitiendo reducir el uso de productos químicos. Intercalar en la monocultura de trigo ciclos productivos de coriandro, es en este sentido una alternativa con una alta probabilidad de obtención de beneficios tanto sobre la empresa biológica como sobre la empresa económica.

A pesar de estas ventajas, existe una plaga muy importante que parasita los frutos del coriandro. Se trata de un microhimenóptero (*Systole coriandri* gussakovsky) que en estado adulto no es dañino, pero que luego de depositar sus huevos en los frutos, las larvas destruyen el endosperma de las semillas, dejando el pericarpio intacto (Lamborot *et al.*, 1986). La plaga causa daños de importancia económica puesto que afecta negativamente la germinación de las semillas, disminuyendo las plantas efectivas en una siembra (Lamborot *et al.*, 1995). Sin embargo, el contenido de aceites esenciales no parece ser afectado, ya que el pericarpio no sufre daños y es el lugar donde se encuentran las vesículas oleíferas (Lamborot *et al.*, 1995). En la Argentina existen referencias acerca de estudios realizados sobre la dinámica de la plaga *Systole coriandri* gussakovsky a los efectos de determinar los momentos de mayor susceptibilidad para su control por escape, variando la fecha de siembra (Pelicano y Giménez, 1993). Conocer bien la dinámica poblacional de la plaga, permitiría realizar un control químico utilizando un insecticida de baja toxicidad e inofensivo para los insectos benéficos, en el momento de mayor susceptibilidad. Por otra parte, la posibilidad de separar mecánicamente las semillas por diferencia de peso, según sea granos para sembrar o granos para obtención de aceites esenciales, no parece ser una alternativa viable dada la poca diferencia de peso entre los mismos.

La posibilidad de introducir el cultivo de coriandro en el modelo trigo/soja es un poco más acotada, ya que el ciclo de los trigos que se usan son más cortos que el ciclo del coriandro. Una alternativa es la utilización de un desecante al final del ciclo del coriandro, acelerando de esa manera la cosecha. La introducción de un desecante implica un gasto adicional y la introducción al sistema de una nueva variable que a priori no se puede decir que sea inocua para el resto del sistema. Otra alternativa, es ajustar mejor el diseño productivo de la soja de manera tal de minimizar el impacto negativo sobre el rendimiento al atrasar la fecha de siembra (cambio de genotipo, estructura del cultivo como densidad y uniformidad).

El problema de las malezas en el cultivo de coriandro es más problemático que el de las plagas. Debido a que hay un escaso desarrollo de tecnología alrededor de estos cultivos, no existen herbicidas selectivos. Además se agrega la dificultad de que algunas de las principales malezas son de la misma familia (*Ammi majus*, *Ammi visnaga*, *Apium leptophillum*), por lo que la posibilidad de lograr un principio activo selectivo para estas especies es realmente difícil y costoso. Durante la implantación del cultivo, el coriandro presenta una baja tasa de crecimiento, haciendo que este período se presente como propicio para la instalación de las malezas y crítico para el cultivo (García *et al.*, 1993). Por lo tanto quedan como alternativas, la utilización de los productos químicos disponibles y optimizar aquellas prácticas de manejo que permita disminuir la incidencia de las malezas (densidad y fechas de siembra).

Finalmente, en la Argentina, en el cultivo de coriandro el nivel de insecticidas que se utiliza es bajo ya que los problemas con las plagas (insectos) no alcanzan magnitudes severas. Mientras que los niveles de herbicidas utilizados para controlar a las malezas corresponde a los niveles promedio utilizados en los cultivos tradicionales, debido a la baja selectividad de estos productos. El balance final es una utilización reducida de insecticidas y niveles normales de herbicidas, si se lo compara con los otros cultivos.

Salud del sistema

Organismos vivos como bacterias, hongos, algas, gusanos del suelo e insectos, conforman la población biológica del suelo, y representan en conjunto los principales componentes de la biodiversidad del sistema. Los llamados servicios de la naturaleza (Ciclo de los nutrientes, mantenimiento del ciclo hidrológico, descomposición de la materia orgánica) dependen en gran medida de cierto tamaño mínimo y elementos claves de dicha biodiversidad (Vila Auib, 1999).

Los cambios producidos por el hombre a través de la agricultura sobre la dinámica de los sistemas naturales, son principalmente cambios en la estructura, en las funciones y en las fluctuaciones, generadas a través de procesos tecnológicos dependientes de la energía fósil (Ghersa *et al.*, 2000). El mismo autor describe los principales cambios producidos en la agricultura pampeana desde hace dos décadas (introducción del cultivo de soja) entre los que se destacan la creciente intensidad de laboreo del suelo y de utilización de plaguicidas. La introducción reciente de los sistemas de labranza reducida y la siembra directa se produjo con la finalidad de mitigar la erosión de los suelos, pero simultáneamente también significaron un aumento en el nivel de plaguicidas (herbicidas totales como el glifosato e insecticidas). De esta manera la biodiversidad aparece como uno de los componentes del agroecosistema más afectado, ya que la evolución de los productos es más rápida que los estudios que evalúan y prevén su impacto. La agricultura es identificada como una de las actividades que más contribuye a las pérdidas de biodiversidad (McLaughlin y Mineau, 1995).

Uno de los objetivos del manejo integrado de plagas, es la reducción en el uso de plaguicidas (van der Werf, 1996), debido a que la alta selectividad de los productos no garantiza efectos colaterales no deseados que afecten la salud del sistema. En este sentido el cultivo de coriandro tiene algunas cualidades comparativas, que lo diferencian del cultivo de trigo. La producción de aceites esenciales de la parte aérea y la liberación de estos al ambiente, ha sido muy estudiada debido a su participación en una amplia variedad de interacciones entre las especies dentro de un mismo nivel trófico y entre distintos niveles tróficos. Las funciones más comunes atribuidas a los aceites esenciales volátiles son: efectos repelentes o tóxicos (defensa) sobre los insectos (Seigler, 1997; Agrawal, 2000), atracción de polinizadores (Seigler y Price, 1976) y atracción de insectos predadores (Paré y Tumlinson, 1999). Ultimamente, a través de la comprensión de estas interacciones químicas entre las especies, se busca obtener un mejor control de las plagas y reducir la utilización de plaguicidas (Agrawal, 2000). El conocimiento sobre las interacciones entre los seres vivos que forman parte de un agroecosistema es aún incipiente en relación al total de los conocimientos que quedan por alcanzar. Pero analizando la información que se tiene e infiriendo otra, es posible pensar que los lotes cultivados con coriandro que forman parte de una matriz dominada por lotes cultivados con trigo, puedan actuar como reservorio de especies benéficas y otros

organismos fundamentales en las relaciones tróficas entre estos. A través de este efecto, es posible pensar en el coriandro como generador de beneficios sobre el agroecosistema manteniendo los niveles de diversidad de organismos que garantizan el desempeño normal de sus funciones.

Las señales químicas liberadas al medio por el coriandro no sólo tendrán un efecto sobre su propio sistema, sino que además producirán efectos sobre los cultivos coetáneos vecinos (Modelo Espacial), permitiendo definir dos situaciones: un Modelo Espacial Vulnerable (Figura 1) y un Modelo Espacial Optimo (Figura 2) en el que participa el coriandro. Las figuras 1 y 2 representan en forma de matriz, el esquema de una superficie cultivada, donde cada celda simboliza un lote cultivado, con trigo(T) o con coriandro (C).

T	T	T	T
T	T	T	T
T	T	T	T
T	T	T	T

Figura 1. Modelo Espacial Vulnerable, T: trigo

T	T	T	T
T	C	T	T
T	T	T	T
T	T	T	C

Figura 2. Modelo Espacial Optimo, T: trigo y C: coriandro

También se registrará un efecto sobre los cultivos que le seguirán en el tiempo al coriandro (Modelo Temporal) (Figura 3). Este efecto está dado principalmente por los efectos de la rotación y no tanto por las señales químicas. A su vez, este modelo, sugiere que existirán Beneficios Inmediatos (Cultivos sucesor del coriandro) y Beneficios Mediatos (Cultivos producidos después del sucesor al coriandro) (Figura 3).

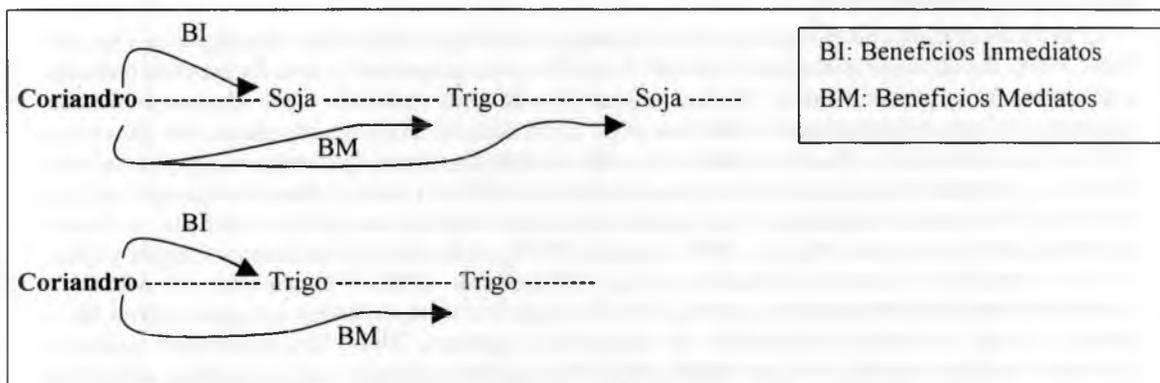


Figura 3. Beneficios Inmediatos (sobre el cultivo sucesor al coriandro) y Beneficios Mediatos (sobre el segundo cultivo después del sucesor).

Los herbicidas utilizados para controlar las malezas implican un riesgo similar en cuanto a grados de toxicidad y a cantidades de aplicación con respecto a otros cultivos. Sin embargo, la evidencia demuestra que los insecticidas son más tóxicos que los herbicidas (CASAFE, 2000), haciendo finalmente que el balance sea positivo a favor del coriandro.

Margen bruto

Cuando se considera la eficiencia de la empresa económica en los planteos agrícolas, el margen bruto de cada actividad, ubicada en una situación ambiental y en una circunstancia económica dada, definirá la decisión de cuál actividad se va a realizar. En el Cuadro N° 1 se muestra el margen bruto para el trigo obtenido promediando las campañas de los tres últimos años para las subregiones Pampa Austral, Pampa Interior y Pampa Ondulada, de la Región Pampeana. En el caso del trigo, debido a que los rendimientos obtenidos son promedios de todos los lotes de cada zona mencionada, se desconocen los rendimientos asociados a áreas degradadas o marginales, donde se esperan que estos sean menores.

Cuadro N° 1. Margen bruto de la producción de trigo, promedio de los tres últimos años para las subregiones: Pampa Austral (P.A.), Pampa Interior (P.I.) y Pampa Ondulada (P.O.).

Cultivo	Precio (\$/Tn)	Rendimiento (Tn/ha)	Ingresos brutos (\$/ha)	Costos directos (\$/ha)	Margen bruto (\$/ha)
Pampa Austral	100	3,950	395	237	158
Pampa Interior	100	2,220	222	158	64
Pampa Ondulada	100	3,790	379	232	147

Fuente: Chacra y Campo Moderno, N° 839, Octubre del 2000.

En el Cuadro N° 2 se exponen diversos márgenes brutos del cultivo de coriandro, variando los niveles de rendimiento: 720 kg (Rendimiento Bajo), 960 kg (Rendimiento Medio) y 1440 kg (Rendimiento alto), y considerando dos precios, uno de dos años atrás \$ 400 / Tn (Precio Alto) y otro actual \$ 250 / Tn (Precio Bajo).

Cuadro N° 2. Margen bruto del cultivo de coriandro para dos precios, \$ 400 / Tn (P.A.) y uno actual \$ 250 / Tn (P.B.), y para tres niveles de producción, 720 kg (R.A.), 960 kg (R.M.) y 1440 kg (R.A.).

Cultivo	Precio (\$/Tn)	Rendimiento (Tn/ha)	Ingresos brutos (\$/ha)	Costos directos (\$/ha)	Margen bruto (\$/ha)
R.B. y P.A.	400	0,720	288	205,44	82,56
R.M. y P.A.	400	0,960	384	218,54	165,46
R.A. y P.A.	400	1,440	576	231,64	344,36
R.B. y P.B.	250	0,720	180	205,44	-25,44
R.M. y P.B.	250	0,960	240	218,54	21,46
R.A. y P.B.	250	1,440	360	231,64	128,36

Fuente: Cátedra de Cultivos Industriales, FAUBA.

Con los márgenes brutos presentados en el Cuadro N° 2 se pretenden caracterizar la variedad de situaciones y los cambios posibles que se produjeron en el comercio del coriandro en un lapso de tiempo relativamente corto (dos años). La caída en el precio registrada para los granos de coriandro en estos años,

es tal vez la principal causa que juega en contra en la posibilidad de su realización. Esto evidencia la poca estabilidad de la cadena de comercialización del coriandro. El mercado del trigo sin embargo, es mucho más estable, ubicándose en este sentido sobre el coriandro.

Por otra parte, cabe destacar que si son ciertos todos los beneficios que sobre los cultivos sucesores y lindantes tiene el coriandro, los costos directos de un cultivo de trigo realizado después de uno de coriandro o de un cultivo de trigo lindantes y coetáneos, deberían ser menores, contribuyendo a aumentar su margen bruto. Es decir que si la presión de las plagas sobre el cultivo de trigo disminuye como consecuencia de la alternancia con coriandro, se espera una reducción en los costos directos del trigo por utilizar menor cantidad de plaguicidas. De esta manera, es necesario resaltar que los beneficios biológicos sobre los agroecosistemas no están contemplados en los cálculos de los márgenes brutos.

En el caso del trigo, existen contratos de comercialización que aseguran al productor un precio diferencial que puede representar entre el 10 y 15% por determinados niveles en algunos parámetros de calidad (porcentaje de proteína, fuerza panadera, porcentaje de gluten, estabilidad de su masa e índice de caída) (Cuniberti, 2000). Para el coriandro en cambio, la posibilidad de obtener precios diferenciales por el porcentaje de aceites esenciales en los granos no es posible en la actualidad. Por este motivo, los valores de márgenes brutos presentados en el Cuadro N° 2 no exploran la producción de aceites esenciales (extracción y venta), sino que solo considera la venta de los granos, por ser la forma común de comercialización del coriandro.

El margen bruto del coriandro es mayor o similar al del trigo solo con los precios y los rendimientos más altos. Del análisis de estos datos sólo se puede concluir que hay muchas variables comerciales, que son poco predecibles por los productores y que sólo deberán ser consideradas en el momento previo a la decisión de realizar uno u otro cultivo.

CONCLUSIONES

Analizando las ventajas y desventajas de la realización del cultivo de coriandro, no surge que su adopción sea claramente más ventajosa que la de los cultivos tradicionales, sino que merece un análisis más profundo. Desde el punto de vista económico (empresa económica) es donde se plantea el mayor conflicto, ya que el cultivo de coriandro no aparece como una actividad muy tentadora en este sentido. Debido a que presenta un mercado más inestable en cuanto a volúmenes comercializados y precios, genera una incertidumbre tal, que no representa una actividad viable para los productores, quienes guían sus decisiones por las actividades más seguras. Su contribución en la diversificación de las actividades productivas de la empresa, es tal vez, su papel más importante e incuestionable. Sin embargo, muchas veces la adopción de tecnologías nuevas (sistemas de labranzas o nuevos cultivos) implican procesos lentos en el tiempo, debido a que involucran elementos sociales, económicos, políticos y culturales.

Desde el punto de vista ecológico (empresa biológica), el cultivo de coriandro presenta atributos que contribuirían al manejo sustentable de los sistemas productivos. Sus efectos sobre la biodiversidad y la salud general del sistema, son en este sentido sus mayores aportes. Pero estos beneficios no se verán en el corto plazo, y aún será muy difícil verlos en el largo plazo, puesto que el tipo de estudios que habría que hacer para evidenciarlos no está al alcance de los productores. La posibilidad más clara que permitiría al productor evaluar la sustentabilidad de su empresa, es monitoreando la estabilidad de su producción en el tiempo, teniendo en cuenta la evolución de la eficiencia de la misma.

Integrando todos los posibles efectos que sobre una empresa agropecuaria con algún nivel de degradación produciría la incorporación del cultivo de coriandro, se puede definir su participación sobre la sustentabilidad como positiva. Las principales contribuciones del cultivo de coriandro a la sustentabilidad de los sistemas sería a través de una mayor eficiencia energética, mayor estabilidad productiva y la posibilidad de obtener mayores concentraciones de aceites esenciales por unidad de biomasa en condiciones ambientales con algún grado de limitación.

El desarrollo de técnicas más expeditivas para evaluar el impacto de ciertas actividades sobre la salud del sistema, así como también, de metodologías que permitan una valoración en términos económicos de los beneficios o perjuicios producidos por las actividades agropecuarias, aparecen como prioritarias en el

campo de la investigación científica futura. Sólo de esta manera se logrará que la sustentabilidad sea considerada en las decisiones de producción.

Finalmente, el mercado de los aceites esenciales muestra un panorama alentador manifestando una tendencia creciente en el consumo de los mismos como materia prima para las industrias de la perfumería y cosmética. El desarrollo de nuevas cadenas de comercialización que incentiven la producción de estos cultivos (precios diferenciales por el porcentaje de aceites esenciales) son cuestiones que merecen más atención y desarrollo. Las nuevas alternativas de producción como parte del diseño de planteos productivos sustentables, deberían ser uno de los principales objetivos en la investigación. Sólo comprendiendo el funcionamiento de los sistemas y las consecuencia del uso de las tecnologías aplicadas, se podrán prevenir efectos no deseados sobre la naturaleza.

AGRADECIMIENTOS

Muy especialmente a Alejandra Gil, Diego O. Ferraro, Martín M. Vila Aiub, Hernán J. Trebino, Claudio M. Ghera y Nicolás Trillo, por sus opiniones y ayudas acerca del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRAWAL, A.A. 2000. Mechanisms, ecological consequences and agricultural implications of tri-trophic interactions. *Biotic Interactions*. 3, 329-335.
- ARIZIO, O., A. CURIONI, y M. GARCÍA. 1994. Coriandro (*Coriandrum sativum* L.): importancia económica, cultivo y comercialización. 2das Jornadas de Actualización en Cultivos no Convencionales Aromáticos Medicinales (Luján; Argentina):33-59.
- CALDERINI, D.F. and SLAFER, G.A. 1999. Has yield stability changed with genetic improvement of wheat yield? *Euphytica* 107:51 – 59.
- CASAFE. 2000. Guía de productos fitosanitarios.
- COSTANZA, R., R. D'ARGE, R. DE GROOT, S. FARBER, M. GRASSO, B. HANNON, K. LIMBURG, S. NAEEM, R. O'NEILL, J. PARUELO, R.G. RASKIN, P. SUTTON, and M. VAN DEN BELT. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 15.
- CUNIBERTI, M.B. 2000. Calidad de las variedades. Agro Mercado, Trigo. N°44, pp. 15-16.
- FUENTE, E., A. DE LA, GIL, M. LÓPEZ PEREIRA, S.A. SUÁREZ, A. LENARDIS, C.M. GHERSA, and M. YABER GRASS. 2000. Effects of site degradation level on winter crops: grain, essential oils, and biomass production. (Aceptado) *Agronomy Journal* manuscript No. A00-168.
- FUENTE, E., A. DE LA, LENARDIS y A. GIL. 1995. Efecto de la disponibilidad de nitrógeno sobre la morfología, el rendimiento y sus componentes en dos cultivares de coriandro. IX Congreso Nacional de Recursos Aromáticos y Medicinales, 13 al 17 de noviembre 1995, S. S. de Jujuy, Jujuy.
- DIEDERICHSEN, A. 1996. Coriander (*Coriandrum sativum* L.). In: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 3. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany.
- GARCÍA, M., M. ROMERO, A. CURIONI y W. ALFONSO. 1993. Determinación del período crítico de competencia de las malezas en el cultivo de coriandro (*Coriandrum sativum* L) Acta de resúmenes del VII Congreso Nacional de Recursos Aromáticos y Medicinales. Noviembre 1993, S.M. de Tucumán, Tucumán
- GHERSA C.M. y M.A. MARTÍNEZ-GHERSA. 1991. Cambios ecológicos en los agrosistemas de la Pampa ondulada. Efectos de la introducción de la soja. *Investigación y Ciencia*, 5 : 182-188.
- GHERSA, C.M., D.O. FERRARO, M. OMACINI, M.A. MARTINEZ-GHERSA, S. PERELMAN, E.H. SATORRE and A. SORIANO. 2000. Sustainability in the Argentine Inland-Pampa: inferences using landscape- and farm-level variables. *Agriculture, ecosystems and environment*. (Enviado).
- GHERSA, C.M., M. OMACINI, D. FERRARO, M.A. MARTINEZ-GHERSA, S. PERELMAN, E.H. SATORRE y A. SORIANO. 1999. Estimación de indicadores de sustentabilidad de los sistemas de producción en la pampa interior. *Rev. Agr. Prod. Anim.* 20, (1).

- GIL, A., E. DE LA FUENTE, A. LENARDIS, S. LORENZO and J. MARENGO. 1999. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) yield response to plant populations. *Journal of herbs, spices and medicinal plants*, 6 (3).
- HALL, A., C. REBELLA, C.M. GHERSA, and P. CULOT. 1992. Field-Crop Systems of the Pampas, in "Ecosystems of the World" (C. J. Pearson, ed.), 413-449. Elsevier, The Netherlands.
- HERMS, D.A. y W.J. MATTSON. 1992. The dilemma of plants: to grow or defend. *The quarterly review of biology*. 67, (3).
- LAMBOROT, L., F.R. PAREDES, J.E. ARAYA, P. ARRETZ y M.A. GUERRERO. 1995. Efecto de la infestación por *Systole coriandri* Gussakovsky (Hymenoptera: eurytomidae) en la germinación y contenido de aceite de semillas de cilantro. *Acta Ent. Chilena* 19, 155-157.
- LAMBOROT, L., M.A. GUERRERO y V. ARRETZ. 1986. *Systole coriandri* Gussakovsky (Hymenoptera: eurytomidae), plaga del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en Chile. *Rev. Chilena Ent.* 14:25-28.
- LAWRENCE B.M., (1993) A planning scheme to evaluate new aromatic plants for the flavor and fragrance industries. *New crops*, p. 620.
- LENARDIS, A., A. DE LA FUENTE, A. GIL, and A. TUBÍA. 1999. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) crop response to nitrogen availability. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants* (en prensa).
- LENARDIS, A.; A. GIL y E. DE LA FUENTE. 1995. Respuesta a la fertilización nitrogenada en la producción de materia seca de dos cultivares de coriandro. IX Congreso Nacional de Recursos Aromáticos y Medicinales. Noviembre 1995, S. S. de Jujuy, Jujuy. (en prensa).
- LUAYZA, G., R. BREVEDAN, and R. PALOMO. 1996. Coriander under irrigation in Argentina. p. 590-594. In: J. Janick (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Arlington, VA.
- MATHUR, A.K., P.S. AHUJA, B. PANDEY, A.K. KUKREJA and S. MANDAL. 1988. Screening and evaluation of somoclonal variations for quantitative and qualitative traits in an aromatic grass, *Cymbopogon winterianus* jowitt. *Plant Breeding* 101: 321-334.
- MCLAUGHLIN, A. y P. MINEAU. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, ecosystems and environment*. 55, 201-212.
- PARÉ P.W. and TUMLINSON, 1999. Plant volatiles as a defense against insect herbivores. *Plant physiology*. 121, : 325-331.
- PELICANO, A. y R. GIMENEZ. 1993. *Systole coriandri*, plaga del coriandro (*Coriandrum sativum* L.). Acta de resúmenes del VII Congreso Nacional de Recursos Aromáticos y Medicinales. Noviembre 1993, S.M. de Tucumán, Tucumán.
- SEIGLER, D.S. 1997. Primary roles for secondary compounds. *Biochem. Syst. Ecol.*, 5:1995-199.
- SEIGLER, D.S. y P.W. PRICE. 1976. Secondary compounds in plants: primary functions. *Am. Nat.* 110: 101-105.
- SORIANO, A., C.M. GHERSA, D.O. FERRARO, M.A. MARTINEZ-GHERSA, M. OMACINI, S. PERELMAN, y E.H. SATORRE. 1999. Diagnóstico de la sustentabilidad de los sistemas de producción de la Zona Oeste de AACREA. Convenio AACREA - Banco de la Provincia de Buenos Aires - Ministerio de asuntos agrarios de la Provincia de la Buenos Aires - FAUBA- IFEVA.
- TAKABAYASHI, J., M. DICKE and M.A. POSTHUMUS. 1994. Volatile herbivore-induced terpenoids in plant-mite interactions: variation caused by biotic and abiotic factor. *J. Chem. Ecol.* 20: 1329-1354.
- TURLINGS, T. C. J., TUMLINSON, J. H. and W. J. LEWIS. 1990. Exploitation of herbivore-induced plant odors by host-seeking parasitic wasps. *Science* 256: 1251-1252.
- WERF, H.M.G., VANDER, 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, ecosystems and environment*. 60, 81-96.
- VIGLIZZO E.F. and Z.E. ROBERTO. 1989 Diversification productivity and stability of agroecosystems in the semiarid pampas of Argentina *Agric. Systems* 31, 279-290
- VILA AUIB, M. 1999. Conservación de la biodiversidad: Su relación con los servicios de la naturaleza. *Ciencia e investigación*, 52: 19-26.
- YANIV Z. and D. PALEVITCH. 1980. Affect of drought on the secondary metabolites of medicinal and aromatic plant- A review. *Contribution No.* 168 - 173.
- ZAVALA J.A. 1994. Efecto de las condiciones ambientales sobre la producción de resina y biomasa de *Grindelia chilensis*. Influencia para su puesta en cultivo. Tesis de Magister Scientiae - Programa de Recursos naturales. Escuela para Graduados "Alberto Soriano" Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.