

## PRINCIPIOS ECOLÓGICOS EN LA GESTIÓN DE LOS AGROSISTEMAS

A. Bello

Dpto. Agroecología  
Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC  
(antonio.bello@ccma.csic.es)

J. A. López-Pérez

Centro de Investigación Agraria de Marchamalo, Guadalajara  
Consejería de Agricultura, Castilla-La Mancha  
(jalopezp@jccm.es)

**ABSTRACT:** Agroecology has as an objective the understanding of the key elements and processes that regulate the function of agrosystems, for their effective management in harmony with the environment. Plant protection has been focused on the concept of control, mainly utilizing chemical or biological arsenals, and more recently, the biotechnological. The application of ecological criteria in plant protection has allowed the implementation of the biofumigation processes, a technique based on the utilization of gases produced during the biodescomposition of organic matter to manage soilborne phytopathogenic organisms. It is hoped that future improvements in agriculture will consider the increasing worries related to the environment, the conservation of the natural resources, public health, and highlighting attention of the importance of agriculture in the elimination of poverty, as well as its contribution to the development of biofuels.

**KEYWORDS:** Biofumigation, soil ecology, plant protection, biofuel, agroecology.

La agroecología como ecología de los sistemas agrarios, tiene como objetivo principal el conocimiento de elementos y procesos claves que regulan el funcionamiento de los agrosistemas, con el fin de establecer las bases científicas para una gestión eficaz de los sistemas agrarios, en armonía con el ambiente. Dicho conocimiento se proyecta hacia la preocupación por la salud de los ciudadanos, así como del bienestar social y económico de los agricultores, contribuyendo a la vez a propiciar un desarrollo solidario. La agroecología surge como una alternativa a las llamadas "Revoluciones Agrarias" que han servido de base a la implantación de tecnologías agrarias reduccionistas.

## ECOLOGICAL KEY ELEMENTS IN THE MANAGEMENT AGROSYSTEMS

M. A. Díez-Rojo y J. López-Cepero

Dpto. Ingeniería, Producción y Economía Agraria  
Universidad de La Laguna  
(jloce@ull.es)

A. García-Álvarez

Centro de Investigaciones Energéticas,  
Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)  
(avelino.garcia@ciemat.es)

**RESUMEN:** La agroecología tiene como objetivo el conocimiento de los elementos y procesos claves en el funcionamiento de los agrosistemas, para su eficaz gestión en armonía con el ambiente. La protección vegetal ha sido enfocada tradicionalmente, bajo el concepto de lucha y control, utilizando arsenales químicos o biológicos y, en estos momentos, biotecnológicos. La aplicación de criterios ecológicos en protección vegetal ha permitido desarrollar procesos como la biofumigación, fundamentada en la utilización de los gases resultantes de la biodescomposición de la materia orgánica para el manejo de organismos patógenos de los vegetales. Es de esperar que el futuro de la agricultura muestre una mayor preocupación por el ambiente, la conservación de los recursos naturales, la salud de las personas y se destaque su contribución a la reducción de la pobreza, así como su aportación al desarrollo de los agrocombustibles.

**PALABRAS CLAVE:** Biofumigación, ecología del suelo, protección de cultivos, agrocombustible, agroecología.

Conviene recordar que el científico que acuña el término de Ecología fue el biólogo alemán Ernst H. Haeckel (1869), quien la define como: "el estudio de las relaciones de un organismo con su ambiente inorgánico u orgánico" (Margalef, 1974). Siguiendo a Haeckel, durante mucho tiempo los ecólogos han tenido una tendencia a utilizar una terminología compleja, que en realidad resulta ser superficial en muchas ocasiones, pues apenas ha servido más que para disimular la ausencia de conocimiento concreto. Una de las definiciones del concepto de ecosistema es la del "conjunto de individuos de muchas especies en el seno de un ambiente de características definibles, e implicadas en un proceso dinámico e incesante de inte-

racción, ajuste y regulación, expresable como intercambio de materia y energía". Debemos recordar que "si se prescinde de la especie humana no es posible entender el funcionamiento presente de la mayor parte de los ecosistemas" (Margalef, 1974).

Las consecuencias negativas sobre la salud de las personas y el medio ambiente de las prácticas agrarias reduccionistas fueron denunciadas por Carson (1962) y son una de las causas que conducen a la denominada crisis ambiental de finales de los sesenta del siglo pasado, que dio lugar al nacimiento de los movimientos ecologistas. Uno de los mayores impactos de la agricultura reside en la aplicación masiva de agroquímicos y maquinaria agraria pesada, que constituyen los logros más destacados de la "Revolución Agraria" iniciada en el siglo XIX, aprovechando las ventajas del rápido desarrollo de los conocimientos de la química y de la mecánica. Al mismo tiempo se olvida paulatinamente el conocimiento campesino, resultado de diez mil años de cultura agraria, que ha permitido el desarrollo de una agricultura adaptada a las características ecológicas de cada región, comarca o localidad. Los seguidores de la "Revolución Agraria", no sólo se han olvidado de los conocimientos de la cultura tradicional, sino que han llegado a considerarla obsoleta y propia de países no desarrollados (Gliessman *et al.*, 1981; Guzmán-Casado *et al.*, 1999; García Álvarez *et al.*, 2004, 2005).

Es necesario introducir nuevos planteamientos para la producción de alimentos que tengan como referencia el concepto ineludible de sostenibilidad, sin que ello signifique el **olvido de los avances científicos y tecnológicos** que han tenido lugar en el sector agrario en las últimas décadas, sino que, por el contrario, y haciendo uso de ellos, se utilicen con el fin de seguir produciendo alimentos de calidad, competitivos en el mercado, a costes razonables para el agricultor. Sin embargo, no deben olvidarse las exigencias para una protección del medio y de la conservación de los recursos naturales en el contexto del paisaje. Por otro lado, una producción estable sólo se puede llevar a cabo dentro de una organización social que proteja la integridad de los recursos naturales y que asegure la interacción equilibrada de los seres humanos, el agroecosistema y el ambiente (Altieri, 1997; Ibáñez *et al.*, 2005).

Los científicos preocupados con la demanda de los ciudadanos deben tratar de encontrar alternativas para resolver

los problemas creados por unas prácticas agronómicas que tienen un fuerte impacto sobre el suelo, el medio ambiente y la salud de las personas, teniendo principalmente como referencia los conocimientos de la biología y la ecología (Altieri, 1997). Entre los logros obtenidos debemos señalar la selección de agentes de control biológico de los organismos patógenos, así como la implementación de alternativas no químicas al empleo de pesticidas (Stirling, 1991; Bello *et al.*, 2003; Díez-Rojo *et al.*, 2006) y la obtención de plantas y animales resistentes a plagas y enfermedades. En el campo de la nutrición vegetal, se desarrolla el conocimiento de la fijación biológica de nutrientes, proponiendo la "manipulación" de la biología del suelo. La agricultura de no laboreo surge también, como alternativa al uso de maquinaria que altera la estructura de los suelos y produce compactación (López-Fando y Bello, 1997). Esta técnica agrícola, debido a una falta de visión ecológica provoca, sin embargo, en la mayoría de los casos, el incremento del uso de herbicidas para el control de la flora arvense. Todo lo anterior suele estar incluido dentro de los logros de la "Revolución Verde".

Los resultados de la "Revolución Verde" y de los programas de control biológico considerados altamente positivos en su primera etapa, han servido de referencia en los años ochenta a la "Revolución Biotecnológica" que llega a proponer la creación de "plantas con luz propia", descubrimiento científico más propio de una exposición que para ser utilizado en la gestión de los agrosistemas. La biotecnología, en sólo 20 años, trata de revolucionar la agricultura en nombre incluso de la ecología, olvidándose en muchos de los casos del *sentido común* que durante diez mil años de creatividad, y de conservación de recursos (conservar o desaparecer), ha dado lugar a las técnicas y métodos desarrollados por la agricultura tradicional. El tiempo transcurrido es aún corto para evaluar las consecuencias que para el ser humano y la naturaleza pueden tener unas tecnologías basadas en planteamientos reduccionistas, que en los últimos años han reemplazado los conocimientos de la química por los de la biología. De las etapas anteriores todos conocemos los fenómenos de degradación de suelos por el uso y abuso de maquinaria y agroquímicos. Las graves consecuencias derivadas de la "Revolución Verde" podrían ilustrarse con el efecto de pesticidas como el bromuro de metilo (BM), un fumigante del suelo utilizado para el control de los patógenos de las plantas, que ha transformado los problemas de impacto

local de los pesticidas en un problema global, ya que contribuye de forma notable a la destrucción de la capa de ozono estratosférico (Bello *et al.*, 1997; Porter *et al.*, 2006; Barrés *et al.*, 2007).

Una gran mayoría de ciudadanos son conscientes del impacto ambiental y sobre la salud de las técnicas utilizadas en la gestión de los agrosistemas. Por ello, se comienza a valorar cada vez más una producción agraria basada en los principios de la ecología. La desorientación actual en agricultura es grande y, como consecuencia, se han difundido nuevos modelos de agricultura que tratan de dar soluciones alternativas, desde la agricultura sustentable a la biodinámica, pasando por la agricultura orgánica, biológica, permeacultura, integrada, certificada, etc. En algunos casos la agricultura se transforma en un paradigma de planteamientos fundamentalistas, en otros se trata simplemente de cambiar el nombre a una agricultura productivista, que esquilma los recursos naturales. **Estos últimos planteamientos nos llevan a afirmar que sólo hay un tipo de agricultura, sin adjetivos, que busca armonizar al ser humano con los principios que regulan el funcionamiento de los sistemas naturales.**

## ECOLOGÍA DE LOS SISTEMAS AGRARIOS

La aplicación de criterios ecológicos en la gestión de los sistemas agrarios, objetivo fundamental de la agroecología, no debe limitarse a la utilización de los conocimientos científicos de la ecología, desarrollados fundamentalmente a partir de los principios que rigen el funcionamiento de los sistemas naturales, sino que debe consolidar su propio cuerpo como doctrina científica. En este sentido, la agroecología debe tener en cuenta la importancia que el ser humano tiene en la gestión de los sistemas agrarios, aunque estableciendo claramente sus límites y evitando suplantar los objetivos que persiguen otras disciplinas (p. ej. la Sociología Rural). Es necesario establecer unos puntos de referencia o principios que sirvan de base para el desarrollo de la agroecología, teniendo en cuenta la diversidad biogeográfica de los agrosistemas. Por ello, tienen especial relevancia los estudios realizados sobre agrosistemas singulares, presentes todavía en los países en vías de desarrollo, o de los sistemas de montaña, obviando el interés de la aplicación de criterios agroecológicos en la

transformación de los sistemas agrarios convencionales de alta productividad.

## Capacidad de autorregulación del agrosistema

En agroecología es fundamental conocer la capacidad de autorregulación o resiliencia de los sistemas agrarios, lo que puede permitir un incremento de la rentabilidad de los cultivos, al reducir los gastos que se derivan de la aplicación de prácticas que dependen de insumos externos al sistema, como es el caso de los agroquímicos o la utilización de agentes biológicos para resolver los problemas producidos por plagas y enfermedades.

Debemos considerar que "las plagas y enfermedades no son frecuentes en sistemas biológicos equilibrados" e incluso que los organismos eventualmente patógenos, tienen su función en los cultivos, interviniendo principalmente en los procesos de descomposición de la materia orgánica. Entre los organismos potencialmente patógenos están los nematodos, que son los principales herbívoros del suelo, junto a los hongos, uno de los principales grupos de descomponedores de la materia orgánica. La actividad de los nematodos es fundamental en la renovación de los sistemas radicales de las plantas. Asimismo, ocupan una función destacada en la fragmentación de la materia orgánica y sólo en los sistemas desequilibrados llegan a producir problemas (Akhtar, 2000).

Para conocer la capacidad productiva de un agrosistema es necesario determinar su capacidad de autorregulación. Para ello, deben definirse los elementos y procesos claves en la dinámica del sistema. Por otro lado, sería un objetivo inviable tratar de conocer todos los elementos y procesos que intervienen, debido a la gran complejidad estructural y funcional del agrosistema, además de resultar inabordable desde el punto de vista del agricultor.

## Estructura de los agrosistemas

Si nos planteamos el análisis general estructural para un cultivo determinado, obviando su complejidad intrínseca, encontramos dos elementos fundamentales: el **subsistema edáfico** y el **subsistema aéreo**. Debemos conocer sus características para poder seleccionar métodos de gestión que permitan mantener la capacidad productiva y de autorregulación del sistema.



El **subsistema edáfico** se caracteriza por tener una **alta diversidad estructural y funcional** que le convierte en uno de los sistemas más complejos que existen en la naturaleza. Desde el punto de vista de su manejo, se puede considerar como un **sistema casi aislado**. Esto quiere decir que las mejoras que logremos introducir en los suelos de nuestros cultivos no repercutirán en lo que ocurra en el suelo del agricultor vecino. Además, el suelo ha sido definido como un **criptosistema** y, por lo tanto, sus elementos estructurales y pautas de funcionamiento no son fáciles de conocer y manejar, puesto que no pueden observarse directamente. A pesar de ello, pueden aprovecharse sus características como sistema aislado con **alta diversidad** para mantener su capacidad de autorregulación.

El **subsistema aéreo** tiene una estructura más **simple**, que se puede observar directamente y que constituye el denominado **fenosistema**. Por ello, es mucho más fácil de gestionar que el suelo y, al contrario, se trata de un **sistema abierto**. Su capacidad de autorregulación depende de las actividades que se realicen en su entorno. En este sentido, haciendo referencia a la protección de cultivos, si realizamos unas buenas prácticas de control en nuestros cultivos, éstas servirán de poco si en las áreas próximas se hace lo contrario. Por todo ello, nos encontramos que en los sistemas aéreos es muy fácil actuar directamente sobre los problemas que presentan las plantas cultivadas, como es el caso del inicio de una enfermedad o plaga, pero la eficacia de las actuaciones puede estar limitada por ser un sistema abierto. Es necesario aislar el sistema, a través de las prácticas agrícolas, como es mediante el uso de plásticos empleados en los invernaderos de Almería, la introducción de setos, agroforestación, rotación de cultivos, cultivos intercalados o multicultivo, que favorezcan la diversificación y el establecimiento de fronteras en el espacio (Wiersum, 1981; Vandermeer, 1989; Collins *et al.*, 1992; Urbano y Moro, 1992; Bunce *et al.*, 1993; Altieri, 1997; Michel *et al.*, 1997; Ozores-Hampton *et al.*, 2005).

### Diversidad y complementariedad en la gestión de los agrosistemas

Del estudio de la estructura de los agrosistemas, así como de sus mecanismos y características funcionales, se deriva que las claves para la gestión de dichos

agrosistemas deben buscarse en el mantenimiento de la mayor **diversificación del sistema**. En el caso del suelo la diversidad, y especialmente su biodiversidad, es una de sus características principales, cuando forman parte de sistemas agrícolas tradicionales. Estas características concurren difícilmente en la agricultura convencional, puesto que a través del uso generalizado de agroquímicos la biodiversidad puede quedar muy reducida o prácticamente eliminada. Su recuperación, cuando ésta es posible, sólo se produce a partir de prácticas agrarias alternativas, especialmente a través del abonado orgánico o utilizando las **propiedades funcionales de las plantas**, como es el caso de las leguminosas por su capacidad de propiciar la fijación biológica del nitrógeno (Rodríguez-Kábana y Canullo, 1992). Los aspectos **funcionales de las plantas (biodiversidad funcional)** resultan decisivos en la diversificación de los sistemas agrarios, ya sea a través de multicultivos, cultivos intercalados, rotaciones o bien a partir de la diversificación del paisaje.

En otros casos se pueden utilizar métodos artificiales como son los plásticos en la construcción de invernaderos en Almería, que por un lado crean las condiciones ambientales apropiadas para el desarrollo de los cultivos y por otro impiden la propagación de los agentes patógenos. Esto se puede conseguir de modo natural a través de la utilización de setos, que además pueden modificar las condiciones ambientales.

Las **cubiertas vegetales** son de gran interés no sólo en la conservación del agua y el suelo, sino que es una técnica eficaz en el control de la flora arvense y algunos organismos patógenos, mediante su efecto en la regulación de la temperatura del suelo (Altieri *et al.*, 1997; Lal *et al.*, 1991), y en este sentido sería de gran interés conocer la función de la **flora arvense** en los agrosistemas. Debemos destacar el valor diversificador de la **ganadería** que señalamos especialmente en los estudios de los agrosistemas mediterráneos, como es el caso de los sistemas de dehesa. Se puede contemplar también con la integración de la acuicultura en la agricultura (Lightfoot, 1990). La diversificación en agricultura lleva aparejada la aplicación de los **principios de complementariedad**, que son fundamentales para un incremento de la rentabilidad de los agrosistemas, puesto que reducen los posibles **riesgos económicos** al diversificar el sistema productivo.

## MODIFICAR EL AMBIENTE EN LUGAR DE LOS ORGANISMOS VIVOS

Si tenemos en cuenta los planteamientos actuales de la mejora genética y la biotecnología, parece que el futuro de la agricultura está en la transformación de los organismos vivos, mediante la creación de organismos transgénicos, para resolver los problemas de plagas y enfermedades a través del uso de plantas y animales resistentes, así como los problemas de fertilidad de suelo mediante el empleo de rizobacterias modificadas genéticamente, que actúan como organismos **mejoradores del suelo** (Barea, 1991) o son capaces de **inducir resistencia en las plantas** (Agrawal *et al.*, 1999; Kavroulakis *et al.*, 2005; Walters *et al.*, 2005). Parece que se resolverán también los problemas de estrés ambiental, a través de la resistencia de las plantas a la salinidad y la sequía.

La capacidad creativa de los científicos ha soslayado que es más fácil intervenir en el ambiente, partiendo del conocimiento de la biología y ecología, tanto de los patógenos como de los organismos mejoradores del suelo, a través de prácticas agrarias que permitan regular sus poblaciones (Bello *et al.*, 1994). Por otro lado, los problemas de estrés ambiental por sequía y salinidad se pueden regular con la implantación de sistemas de manejo del suelo. Pero sobre todo, mediante la selección de cultivos adaptados a cada región geográfica, y no con sistemas globalizados que sólo se pueden mantener con altos costes energéticos. El sentido común hace que nadie pretenda cultivar plátanos en Holanda o café en Escandinavia.

Los productos obtenidos por los mejoradores son "*monstruos*" que precisan para sobrevivir y perpetuarse de la intervención humana. Sabemos mucho más de clonación de genes que de dinámica de poblaciones naturales, y si hay insectos que no se ven afectados porque tienen de forma natural cierta resistencia, se puede estar creando una raza de insectos superresistentes a los nuevos insecticidas, a partir del enorme esfuerzo y maravilloso logro de haber conseguido integrar el sistema productor de la toxina en el código genético de la planta (Cubero, 1998).

Conviene no olvidar la gran capacidad de adaptación de los organismos parásitos. Esto propicia que continuamente aparezcan poblaciones más virulentas de patógenos como consecuencia, de la presión selectiva de las plantas resis-

tentes (Robertson *et al.*, 2006). Esto suele ocurrir en un período limitado de tiempo, con frecuencia inferior a los cinco años, por lo que **se puede afirmar que la mejora vegetal no es una buena alternativa en el manejo de los patógenos**. Las plantas resistentes y los agentes biológicos de control deben utilizarse con racionalidad, pues de otro modo pueden carecer de interés para la solución urgente de un problema. Por último, no olvidar los **riesgos de contaminación biológica**, debido a la capacidad de reproducción de los organismos, que pueden ser más graves que la contaminación química.

## EMPLEO DE RECURSOS LOCALES

En agricultura se deben reducir los gastos de energía utilizada en el transporte, por lo que las estrategias seleccionadas deben basarse en el uso de recursos locales. Estos aspectos se olvidan con frecuencia en los consumidores de productos ecológicos, que prefieren comprar lentejas ecológicas de Canadá, evitando así los residuos de pesticidas, pero olvidándose de los gastos de energía y del impacto ambiental que produce su transporte.

La utilización de recursos locales se basa simplemente en analizar nuestro entorno y en seleccionar con criterio ecológico aquellos elementos o procesos que son relevantes para mantener la capacidad de autorregulación de los agrosistemas. El mejor ejemplo que podemos poner es la utilización de materiales depositados en las ramblas o en áreas de dunas, para la creación de sistemas de enarenados, uno de los elementos claves de la producción agraria en Almería, junto al diseño de los invernaderos tipo parral, tomando como referencia la capacidad creativa de los agricultores (López-Gálvez y Naredo, 1996). También existe la posibilidad de rentabilizar los restos agrarios para ser aplicados en procesos de biofumigación en el control de patógenos o en la fertilización de los suelos.

Los ejemplos presentados en el caso de Almería permiten generalizar un principio para la gestión de los agrosistemas, que se fundamenta en la utilización de la capacidad creativa para transformar los factores limitantes en elementos claves en el funcionamiento de los agrosistemas. Uno de los ejemplos más claros es la utilización en Canarias de las cenizas volcánicas, que se originan a partir de

uno de los factores limitantes más destructivos, como es el caso de la acción del fuego o de las cenizas del volcanismo. Estos materiales pueden ser utilizados para construir sustratos naturales que pueden aplicarse en agricultura en diferentes áreas del mundo, sin necesidad de importar estas tecnologías de los países del Norte (Gunnlangsson y Adalsteinnsson, 1995).

### RESIDUOS AGROINDUSTRIALES Y BIOFUMIGACIÓN COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA

Uno de los retos de la agroecología es el convertir y revalorizar los residuos que genera la actividad productiva (estiércol, restos de cosecha, residuos agroindustriales, etc.) en recursos que contribuyan a una mejora de los suelos, permitiendo una reducción del consumo energético en los agrosistemas (Guzmán-Casado *et al.*, 1999). El mejor ejemplo para entender lo que los principios ecológicos significan en la gestión de los sistemas agrarios lo podemos encontrar en los resultados de la búsqueda de alternativas al bromuro de metilo (BM), un pesticida capaz de destruir la capa de ozono estratosférico, que permite la incidencia de los rayos ultravioleta sobre la Tierra, afectando a la salud de los seres vivos y a la estabilidad de los ecosistemas, incluidos los sistemas agrarios (Bello *et al.*, 1997; Thomas, 1997; Bello 1998).

Por lo general, se plantea la protección de cultivos como una **guerra contra los enemigos** que atacan a los cultivos, por ello el **patógeno** debe ser eliminado, a través del uso de estrategias como el despliegue espacial y temporal de los genes de resistencia de las plantas cultivadas. El uso de la materia orgánica en el control de los patógenos se enfoca sólo por el incremento de la actividad y diversidad microbiológica del suelo (Jiménez Díaz, 1998). La protección vegetal se engloba bajo el concepto de lucha, utilizando los arsenales químicos, biológicos y, en estos momentos, los biotecnológicos.

En el subsistema edáfico, uno de los factores determinantes de la producción de los cultivos, es la proliferación de organismos patógenos que pueden llegar a producir plagas y enfermedades. En agricultura convencional se ha resuelto el problema durante los últimos años mediante la aplicación de fumigantes del suelo como el BM. La eficacia en el control de los organismos del suelo, tanto parásitos como beneficiosos,

es tal que puede llegar a eliminar uno de los factores claves en el funcionamiento del suelo, como es la biodiversidad, además de, por otro lado, destruir la capa de ozono estratosférica y ser altamente tóxico. Para encontrar alternativas al BM nos propusimos aplicar los principios de la agroecología, tratando de identificar un proceso que pudiera tener un efecto similar al BM en la regulación de los organismos patógenos (Hoitkink, 1988). Se ha encontrado que los gases resultantes de la biodescomposición de la materia orgánica pueden tener un efecto similar al BM. Este proceso lo hemos denominado **biofumigación** y definido como "la acción de los gases resultantes de la biodescomposición de la materia orgánica en el control de los organismos patógenos de los vegetales" (Bello *et al.*, 1997; Bello, 1998).

Se comenzó por demostrar, en condiciones de laboratorio, la eficacia de los gases producidos durante la degradación de la materia orgánica, encontrando que, principalmente el amoníaco, tienen efecto biostático. Estos gases se pueden producir en el suelo mediante una fermentación *in situ*, que puede estar asociada a fenómenos de anaerobiosis (Blok *et al.*, 2000; Goud *et al.*, 2004), especialmente cuando la relación C/N está comprendida entre 8-20. Dichos gases pueden regular las poblaciones de organismos patógenos, e incrementar las poblaciones de saprófagos y la fertilidad del suelo, con una repercusión positiva en la nutrición de las plantas (Garrabou y Naredo, 1996). Este método de control había sido desarrollado por Kirkegaard *et al.* (1993, 1994) y Angus *et al.*, (1994), aplicándolo exclusivamente a la obtención de isotiocianatos durante la descomposición de restos de brasicas, por ello era necesario demostrar que el concepto de la biofumigación se puede aplicar a cualquier fracción orgánica en general, estando su eficacia limitada sólo por la dosis y el método de aplicación (Bello *et al.*, 2003; Lazarovits *et al.*, 2005; Roubtsova *et al.*, 2007). Se ha comprobado que es eficaz, además, en el control de plantas adventicias, nematodos, insectos y bacterias (Noble y Sams 1999; Bello *et al.*, 2003).

El siguiente principio agroecológico que hemos aplicado ha sido la **necesidad de utilizar recursos locales**, puesto que el principal factor limitante de la biofumigación es el de gastos de transporte. Los recursos locales como biofumigantes se deben referir en primer lugar al uso de materiales nitrogenados como son los **estiércoles de origen animal**, especialmente en sistemas agrarios de producción integrada, donde el ganado es un elemento más del sis-

tema, introduciendo el principio de **complementariedad**, resultado de la armonización de los sistemas agrarios y ganaderos. Las otras alternativas son el empleo de **abonos verdes**, que no está sólo restringido a las brassicas, sino que se puede aplicar en la mayoría de las especies vegetales, y restos agrarios. En este último caso se puede tener un complemento al valor comercial del producto, utilizando dichos restos como biofumigantes. Por último están los **residuos agroindustriales** e incluso urbanos, que se ha mostrado eficaces como biofumigantes. Se consigue con ello que la agricultura, en lugar de ser una actividad que origina contaminación, sea una vía para resolver problemas de impacto ambiental.

Era necesario establecer la dosis de biofumigante, determinando que en una primera fase, cuando los problemas son graves puede alcanzar las 100 t ha<sup>-1</sup>; una vez reguladas las poblaciones de patógenos se puede reducir a 50 t ha<sup>-1</sup>, e incluso a dosis inferiores si se aplican en bandas, o se incrementa la actividad de la materia orgánica. Por el efecto biostático de los gases producidos en la biofumigación, era necesario retenerlos en el suelo para prolongar su efecto sobre los organismos patógenos, que se recomienda sea al menos de dos semanas. En los primeros ensayos se han utilizado plásticos, pero ello supone un coste adicional bastante elevado y el correspondiente impacto ambiental. Además no se pueden utilizar en agricultura extensiva. Por otro lado, la aplicación de plásticos llega a confundir la biofumigación con la solarización, olvidándose de que la solarización depende fundamentalmente de la temperatura, por lo que sólo se puede aplicar en determinadas épocas y en países con alta radiación solar (Katan y de Vay, 1991), no siendo eficaz en el control de organismos móviles como los nematodos, ni en agricultura extensiva por los altos coste del plástico y la duración del tratamiento (Bello *et al.*, 2003).

Como alternativas al empleo de plásticos, se observó que éstos no eran necesarios en suelos poco profundos (< 30 cm). Posteriormente encontramos que el riego abundante y frecuente, además de retener los gases desprendidos durante la descomposición de la materia orgánica, prolonga los fenómenos de fermentación, con lo que se incrementa la eficacia de la biofumigación. Se ha encontrado también que en los suelos con alto contenido de limo y arcilla se pueden formar costras superficiales, que permiten la retención de gases. Por todo ello, se puede aplicar la biofumigación sin la utilización de plásticos, facilitando su

aplicación en los sistemas de cultivos extensivos y diferenciándose claramente de la solarización. En el caso concreto de Almería, la biofumigación es uno de los procesos claves que determinan la eficacia de los cultivos **enarenados**, que utilizan los recursos locales, regulan el agua de riego y, al poner materia orgánica entre la capa de arcilla y la de arena, actúa como biofumigante, pudiéndose complementar con la solarización (Bello 1998; Tello 2000). Esto nos demuestra que no se debe depender de "recetas generales en agricultura", y que en cada comarca y cultivo se debe diseñar una estrategia específica para mantener la capacidad de autorregulación de los agrosistemas (Bello *et al.*, 2003). La aplicación de criterios ecológicos ha permitido encontrar alternativas al BM, contribuyendo a resolver uno de los problemas más graves de impacto ambiental producido por la aplicación de técnicas agrícolas, como es la destrucción de la capa de ozono y el incremento de la contaminación ambiental por pesticidas. Al mismo tiempo se incrementa la rentabilidad de los cultivos al reducir los gastos por agroquímicos.

## PRODUCCIÓN INTEGRADA Y AGROECOLOGÍA

Los principios de diversidad y complementariedad como base ecológica para la gestión de los agrosistemas, aparecen recogidos en el diseño de sistemas de producción integrada (Meerman *et al.*, 1996). En el caso de la protección vegetal, partiendo del conocimiento de los ciclos biológicos de los parásitos, se pueden diseñar estos sistemas de producción con la utilización de plantas de ciclo corto que pueden actuar como plantas trampa y que, en el caso concreto de la biofumigación, pueden servir como bioindicadores para conocer la eficacia del tratamiento, determinar si existe efecto fitotóxico de los biofumigantes e incluso actuar como biofumigantes. Se puede introducir a continuación un cultivo de ciclo largo, p. ej. con variedades resistentes de tomate, que reducen las poblaciones de patógenos que pudieran permanecer después de la aplicación de los biofumigantes, cubriendo el suelo con materiales de origen vegetal en los períodos más cálidos para evitar la pérdida de resistencia en la planta, cuando la temperatura del suelo sobrepasa los 27 °C. Al año siguiente, una vez reducidas las poblaciones de patógenos, se pueden introducir cultivos susceptibles (Bello, 1998).

## LA AGRICULTURA MEDITERRÁNEA COMO MODELO AGROECOLÓGICO

La gestión de los sistemas agrarios mediante la utilización de criterios ecológicos se basa en un principio fundamental: la **diversificación del sistema**, que se entiende en un sentido amplio, puesto que no abarca sólo la biodiversidad, sino también la diversidad ambiental y la gestión (Tello 2000; Bello *et al.*, 2003). Este tipo de práctica agraria, basada en la adaptación a las condiciones ambientales, está especialmente representada en la cultura agraria mediterránea, especialmente en la cultura árabe, que ha logrado transformar áreas semidesérticas en vergeles, a través del manejo de los factores ambientales, la adaptación a las distintas estaciones del año, mucho más contrastadas que en los ambientes tropicales o en los países templados y, sobre todo, su capacidad de armonizar agricultura y ganadería con la conservación del ambiente, que en la Península Ibérica ha dado lugar al paisaje más genuino y representativo: "la dehesa". La diversificación de los sistemas agrarios no sólo reduce los costes de producción, sino que por su función de complementariedad puede incrementar los rendimientos.

### AGROECOLOGÍA E INVESTIGACIÓN

En los años ochenta del siglo pasado, un grupo muy reducido de investigadores introducen planteamientos agroecológicos para la gestión de los sistemas agrarios, aunque sobredimensionan la función del ser humano en agricultura. Ello dio lugar a un profundo debate social y político, basado en el análisis y descripción de los sistemas agrarios del Tercer mundo, aunque al mismo tiempo se niega la posibilidad de introducir unos planteamientos similares en los países del Norte, debido a las grandes diferencias con los agricultores de estos países. A partir de estos estudios se pone de manifiesto la función moduladora del ser humano en la gestión de los agrosistemas. Estas propuestas alternativas han sido recogidas por grupos reducidos de agricultores y han dado lugar a los movimientos de agricultura biológica y ecológica. Sin embargo, el resto de los ciudadanos tienen escasa conciencia de estos planteamientos, algo que es fundamental para poder comercializar la producción ecológica, concentrándose la demanda, con alguna excepción, en los países desarrollados del Norte.

En España, la agricultura ecológica es todavía minoritaria, la toma de conciencia por estas alternativas está restringida a grupos que proceden del movimiento ambientalista, que están convencidos de las implicaciones de la agricultura en la conservación del ambiente, salvo un grupo pequeño de agricultores sin ningún apoyo científico. No obstante, se observa últimamente un cambio, más aparente que real, en la llamada agricultura sustentable o en la producción integrada, que intenta aplicar más racionalmente una tecnología todavía reduccionista, que tiene impactos negativos sobre el ambiente y que, en la mayoría de los casos, es una tecnología importada. Esta circunstancia asume riesgos graves, ya que las características ambientales de los países donde se han desarrollado estas tecnologías son muy diferentes a la de nuestros cultivos.

¿Cuál es la dependencia tecnológica de nuestro país en el ámbito agrario? ¿Qué importancia económica tienen la importación de tecnología? Nos daremos cuenta que la gran mayoría de los fertilizantes, mejoradores orgánicos, sistemas de riego, semillas, plaguicidas, etc., proceden del exterior. En este sentido, cabe señalar que la aplicación de criterios ecológicos en los sistemas agrarios en nuestro país, depende de la capacidad creativa de nuestros agricultores y ganaderos. Creemos necesario un cambio profundo y global en los planteamientos de investigación que, sin perder la calidad de la producción científica, responda a las necesidades de nuestra agricultura. Para ello, es fundamental el desarrollo de una **investigación participativa**, donde los científicos tengan un conocimiento directo de los factores limitantes de nuestra producción agraria y cuyos resultados permitan el diseño de una tecnología con una visión global. Para ello es fundamental introducir criterios fundamentados en la ecología para la gestión de los sistemas agrarios. No debemos olvidarnos de los fracasos de las grandes revoluciones agrarias, basadas en la química y la biología. Lo mismo puede ocurrir con la biotecnología y la agroenergética, si en el futuro no es posible integrar el conocimiento científico con nuestra realidad agraria.

### CONSIDERACIONES FINALES

En el ámbito de la ortodoxia reduccionista, se suele presentar la ecología como la ciencia que sólo se preocupa de la conservación de determinadas especies animales o

vegetales. Nada más lejos de la realidad, la ecología constituye un cuerpo de doctrina que trata de desentrañar la complejidad instalada en los ecosistemas de nuestro planeta y los procesos que autoorganizan dicha complejidad. En ese contexto, la ecología proporciona las claves para un manejo adecuado de los sistemas agrarios que no son otra cosa que ecosistemas simplificados por la actividad humana para dirigir una buena parte de la producción primaria hacia productos que satisfagan sus necesidades (alimentos, fibras, etc.) (Montserrat, 1961).

Por otro lado, la agricultura que se practica actualmente es considerada en muchos foros como una de las prácticas del ser humano más impactantes sobre el medio ambiente, que ha creado problemas de dimensiones globales como la contaminación difusa de los suelos o la destrucción de la capa de ozono con la aplicación del BM. Sin embargo, mediante la aplicación de criterios ecológicos podemos percibir que la agricultura puede ayudar a resolver problemas de impacto ambiental al permitir, por ejemplo, reutilizar los residuos agroindustriales en el control de organismos patógenos de los vegetales o en la obtención de agrocombustibles. Este ejemplo se puede hacer extensivo a la reutilización de las aguas residuales y los residuos urbanos.

Como confirmación del interés de estos planteamientos, debemos hacer alusión a las conclusiones del Simposium

sobre "cultivos protegidos" celebrado en Cartagena y Almería en marzo del año 2000. Según los participantes en este Simposium: "la estrategia de futuro pasa por la ayuda a salvaguardar y mejorar la sostenibilidad económica y ambiental, mediante la conservación de los recursos naturales y productivos, como el agua y el suelo, reducir la utilización de agua, pesticidas y fertilizantes, mejorar el manejo de los componentes técnicos de invernaderos para reducir el uso de recursos, a través de la selección de plantas y cultivos, reducir el estrés de las plantas mediante cambios en los niveles de temperatura y humedad, uso de estiércol o subproductos para el control de enfermedades como es el caso de la solarización y biofumigación, regular la diseminación de patógenos y potenciar los organismos antagonistas de patógenos. Ninguna estrategia es resolutive "per se", siendo necesario un esfuerzo de integración" (Rodríguez, 2000).

El desarrollo de la agricultura en el futuro estará condicionada por la preocupación cada vez mayor en el medio ambiente, la conservación de los recursos naturales, la salud de las personas y una mayor atención a la enorme contribución de la agricultura en la reducción de la pobreza (McCalla, 1999). Por todo ello, conviene no olvidar que la Agricultura hay que plantearla como "una forma de vida" y sobre todo, que sus problemas no sólo afectan a los agricultores, sino que por sus repercusiones se extienden al conjunto de la sociedad. **El futuro de la agricultura está en la ecología.**

#### BIBLIOGRAFÍA

- Agrawal, A. A.; Tuzun, S. y Bent, E. (eds.) (1999): *Induced plant defenses*. A.P.S. Press, St. Paul, Minnesota, 390 pp.
- Akhtar, M. (2000): "Effect of organic and urea amendments in soil on nematode communities and plant growth", *Soil Biology & Biochemistry*, 32, 573-575.
- Altieri, M. A. (1997): *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*, CLADES, La Habana, Cuba, 249 pp.
- Angus, J. F.; Gardner, P. A.; Kirkegaard, J. A.; Desmarchelier, J. M. (1994): "Biofumigation: Isothiocyanates released from *Brassica* roots inhibit growth of the take-all fungus", *Plant and Soil*, 162, 107-112.
- Barea, J. M. (1991): "Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil cultura", *Advances in Soil Science*, 15, 1-31.
- Barrés, M. T.; Bello, A.; Jordá, C. y Tello, J. C. (2007): *La eliminación del bromuro de metilo en la protección de cultivos como modelo mundial para la conservación del medio ambiente*, MAPA, Madrid, 500 pp.
- Bello, A. (1998): "Biofumigation and integrated pest management", in: A. Bello; J. A. González; M. Arias; R. Rodríguez-

**Recibido:** 26 de mayo de 2007

**Aceptado:** 15 de octubre de 2007

- Kábana (eds). *Alternatives to methyl bromide for the Southern European countries*. Phytoma-España, DG XI EU, CSIC, Valencia, Spain, 99-126.
- Bello, A.; Escuer, M. y Arias, M. (1994): "Nematological problems, production systems and mediterranean environments", *Bulletin OEPP*, 24, 383-391.
- Bello, A.; González, J. A. y Tello, J. (1997): "La biofumigación como alternativa a la desinfección del suelo", *Horticultura Internacional*, 17, 41-43.
- Bello, A.; López-Pérez, J. A. y García Álvarez, A. (2003): *Biofumigación de agricultura extensiva de regadío. Producción integrada de hortalizas*, CSIC-Caja Rural de Alicante, Mundi-Prensa, Madrid, 670 pp.
- Blok, W. J.; Lamers, J. G.; Termorshuizen, A. J. y Bolen, G. T. (2000): "Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping", *Phytopathology*, 90, 253-259.
- Bunce, R. G. H.; Ryskowski, L. y Paoletti, M. G. (eds.) (1993): *Landscape ecology and agroecosystems*, Lewis Publishers, Boca-Ratón, Florida, 241 pp.
- Carson, R. (1962): *The silent spring*, Houghton Mifflin, New York, 400 pp.
- Collins, H. P.; Rasmussen, P. E. y Douglas Jr., C. L. (1992): "Crop rotation and residue management effects on soil carbon and microbial dynamics", *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56, 783-788.
- Cubero, J. I. (1998): "La mejora genética vegetal en la agricultura sostenible", in: R. M. Jiménez-Díaz; J. Lamo de Espinosa (eds.) *Agricultura sostenible*. Edit. Mundi-Prensa, Madrid, 297-326.
- Díez-Rojo, M. A.; Bello, A.; Escuer, M.; López-Pérez, J. A. y García Álvarez, A. (2006): *Nematodos fitoparásitos encontrados en Castilla y León. Alternativas no químicas de control*, MAPA, Madrid, 254 pp.
- García Álvarez, A.; Arias, M.; Díez Rojo, M. A. y Bello, A. (2004): "Effect of agricultural management on soil nematode trophic structure in a Mediterranean cereal system", *Applied Soil Ecology*, 27, 197-210.
- García Álvarez, A.; Gutiérrez, C.; Escuer, M. y Bello, A. (2005): "Management of nematodes and landscape diversity in potato crops in La Rioja (Spain)", *Russian Journal of Nematology*, 13, 1-12.
- Garrabou, R. y Naredo, J. M. (eds.) (1996): *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Fundación Argentaria, Visor distr., Madrid, 275 pp.
- Gliessman, S. R.; García, E. R. y Amador, A. M. (1981): "The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems", *Agro-ecosystems*, 7, 173-182.
- Goud, J. K. C.; Termorshuizen, A. J.; Blok, W. J. y Van Bruggen, A. H. C. (2004): "Long-term effect of biological soil disinfestations on verticillium wilt", *Plant Disease*, 88, 688-694.
- Gunnlangsson, B. y Adalsteinsson, S. (1995): "Pumice as environment-friendly substrate, a comparison with rockwool", *Acta Horticultura*, 401, 131-136.
- Guzmán-Casado, G.; González de Molina, M. y Sevilla Guzmán, E. (eds.) (1999): *Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible*. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, 535 pp.
- Haeckel, E. H. (1869): In: Margalef, R. 1974. *Ecología*. Edit. Omega, Barcelona, p. 1.
- Hoitkink, H. A. (1988): "Basis for the control of soilborne plant pathogens with compost", *Ann. Rev. Phytopathology*, 24, 93-114.
- Ibáñez, J. J.; Bello, A. y García Álvarez, A. (2005): "La conservación de los suelos europeos. Un análisis crítico de la actual estrategia de la Unión Europea", en: A. Callaba, I. Iribarren, P. Fernández Canteli (eds.) *Protección del suelo y el desarrollo sostenible*, Publicaciones del IGME, MEC, Madrid, Serie Medio Ambiente 6, 133-161.
- Jiménez Díaz, R. M. (1998): "Control de enfermedades" in: R. M. Jiménez Díaz; J. Lamo de Espinosa (eds.) *Agricultura sostenible*. Edit. Mundi-Prensa, Madrid, 345-375.
- Katan, J.; Vay, J. E. de (eds.) 1991. *Solarization*, CRC Press Boca Ratón Ann Arbor, Boston, London, 267 pp.
- Kavroulakis, N.; Ehaliotis, C.; Ntougias, S.; Zervakis, G. I. y Papadopoulou, K. K. (2005): "Local and systemic resistance against fungal pathogens of tomato plants elicited by a compost derived from agricultural residues", *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 66, 163-174.
- Kirkegaard, J. A.; Gardner, P. A.; Angus, J. F. y Koetz, E. (1994): "Effect of Brassica crops on the growth and yield of wheat", *Aust. J. Agric. Res.*, 45, 529-545.
- Kirkegaard, J. A.; Gardner, J.; Desmarchelier, J. M. y Angus, J. F. (1993): "Biofumigation using Brassica species to control pest and diseases in horticulture and agriculture", in: N. Wrather; R. J. Mailes (eds.) *Proc. 9th Australian Research Assembly on Brassicas (Wagga Wagga)*, 77-82.
- Lal, R.; Regnier, E.; Exkert, D. J.; Edwards, W. M. y Hammond, R. (1991): "Expectations of cover crops for sustainable agriculture", in: W. L. Hargrove (ed.) *Cover crops for clean water*, Soil and Water Conservation Soc. Iowa, 1-14.
- Lazarovits, G.; Conn, K. L.; Abbasi, P. A. y Tenuta, M. (2005): "Understanding the mode of action of organic soil amendments provides the way for improved management of soilborne plant pathogens", *Acta Horticulturae*, 689, 215-224.

- Lightfoot, C. (1990): "Integration of aquaculture and agriculture: a route to sustainable farming systems.", *Naga, the ICLARM Quarterly*, 13, 9-12.
- López-Fando, C. y Bello, A. (1997): "Efecto de los sistemas de laboreo en la biología del suelo", In: L. García Torres; P. González Fernández (eds.). *Agricultura de conservación: fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos*, Asociación Española de Laboreo de Conservación, Córdoba, 202-223.
- López-Gálvez, J. y Naredo, J. M. (1996): *Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos*, Fundación Argentina y Visor Dis., Madrid. 294 pp.
- Margalef, R. (1974): *Ecología*. Edit. Omega, Barcelona, 951 pp.
- McCalla, A. (1999): "Tendencias agrarias mundiales en el siglo XXI", In: Foro Agrario (ed.) *La agricultura en el umbral del siglo XXI*. Edit. Mundi-Prensa, Madrid, 13-31.
- Meerman, F.; Van de Ven, G. W. J.; Keulen, H. van y Breman, H. (1996): "Integrated crop management: an approach to sustainable agricultural development", *International Journal of Pest Management*, 42, 13-24.
- Michel, V. V.; Wang, J. F.; Midmore, D. J. y Hertman, G. L. (1997): "Effects of intercropping and soil amendment with urea and calcium oxide on the incidence of bacterial wilt of tomato and survival of soil-borne *Pseudomonas solanacearum* in Taiwan", *Plant Pathology*, 46, 600-610.
- Monserrat, P. (1961): "Las bases de la practicultura moderna. Caja de Pensiones de Cataluña", *Boletín Agropecuario*, 99-124.
- Noble, R. R. P.; Sams, C. E. (1999): "Biofumigation as an alternative to methyl bromide for control of white grub larvae", *Annual Intern. Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emission Reductions*, Nov. 1-4, 1999, San Diego, California, 92, 3 pp.
- Ozores-Hampton, M.; Stansly, P. A.; McSorley, R. y Obreza, T. A. (2005): "Effects of long-term organic amendments and soil solarization on pepper and watermelon growth, yield, and soil fertility", *HortScience*, 40, 80-84.
- Porter, I. J.; Mattner, S. W.; Banks, J. y Fraser, P. (2006): "Impact of global methyl bromide phase-out on the sustainability of strawberry industries", *Acta Horticulturae*, 708, 179-185.
- Robertson, L.; López-Pérez, J. A.; Bello, A.; Díez-Rojo, M. A.; Escuer, M.; Piedra Buena, A.; Ros, C. y Martínez (2006): "Characterization of *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* and *M. hapla* populations from Spain and Uruguay parasitizing pepper", *Crop Protection* 25, 440-445.
- Rodríguez, R. (2000): "Tendencias actuales para tecnologías sostenibles. Simposio sobre cultivos protegidos en climas de invernadero templado", *Horticultura* 145, 38-46.
- Rodríguez-Kábana, R. y Canullo, G. H. (1992): "Cropping systems for the management of phytonematodes", *Phytoparasitica*, 20, 211-224.
- Roubtsova, T.; López-Pérez, J. A.; Edwards, S. y Ploeg, A. T. (2007): "Effect of broccoli (*Brassica oleracea*) tissue, incorporated at different depths in a soil column", on *Meloidogyne incognita*. *J. Nematol.* (en prensa).
- Stirling G. R. (ed.) (1991): *Biological control of plant parasitic nematodes: Progress, problems and prospects*. CAB International, Wallingford, Oxon, 282 pp.
- Tello, J. (2000): "Tomato production in Spain without methyl bromide", *Regional workshop on methyl bromide alternatives for North Africa and Southern European countries*, UNEP, Ministerio del Ambiente de Italia y GTZ., July 1998, Roma, Italia, 161-172.
- Thomas, W. (1997): "Impacto ambiental de bromuro de metilo", in: A. Bello; J. A. González; J. Pérez Parra; J. Tello (eds.) *Alternativas al bromuro de metilo en agricultura*. Junta de Andalucía, Sevilla, España, 13-18.
- Urbano, P.; Moro, R. (1992): *Sistemas agrícolas con rotaciones y alternativas de cultivos*. Edit. Mundi-Prensa, Madrid, 134 pp.
- Vandermeer, J. (1989): *The ecology of intercropping*, Cambridge, U.K. Cambridge Univ. Press. 24 pp.
- Walters, D.; Walsh, D.; Newton, A. y Lyon, G. (2005): "Induced resistance for plant disease control: Maximizing the efficacy of resistance elicitors", *Phytopathology*, 95, 1368-1373.
- Wiersum, K. F. (ed.) (1981): *Viewpoints on agroforestry*, The Netherlands: Agricultural University, Wageningen, 185 pp.

## SOBRE LOS AUTORES

**Antonio ALEDO TUR** (Alicante, 1963) es Doctor en Sociología por la Universidad de Alicante y Master en Antropología por Louisiana State University. Profesor Titular del Dpto. de Sociología 1 de la UA donde imparte las asignaturas de *Sociología Ambiental* y *Métodos y Técnicas de Investigación Social en Turismo*. Sus investigaciones se centran en el análisis de las relaciones entre medio ambiente, entorno construido y turismo. Ha realizado trabajo de campo en el Mediterráneo español, Louisiana, México, Panamá y Brasil. De su participación en más de una decena de investigaciones I+D, destacan las siguientes publicaciones: Aledo, A. *et al.*, "Socio-cultural influences on water utilization: a comparative analysis" (2006); Peña, J., Bonet y Aledo, A. "Driving forces of land-use change in a cultural landscape of Spain" (2007); Aledo, A. *et al.*, "La insostenibilidad del turismo residencial" (2007).

**Antonio BELLO PÉREZ** es Doctor en CC. Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid, es Profesor de Investigación en Ciencias Agrarias en el Dpto de Agroecología del Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC). Ha trabajado en la caracterización ecológica de los nematodos del suelo y parásitos de plantas para una gestión agroecológica de los sistemas agrarios. Ha trabajado en la Universidad de Gante, Scottish Crop Research Institute de Dundee, Universidad de Reading, Instituto de Helminología de Moscú y Universidad de Alabama entre otros. Ha sido director del Instituto de Edafología y Biología Vegetal (CSIC) y fundador del Dpto de Agroecología del Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC). Es miembro de Methyl Bromide Technical Options Committee, dentro del Protocolo de Montreal para la búsqueda de alternativas del bromuro de metilo, un potente destructor de la capa de ozono, habiendo recibido por ello en 1999 el Premio de la EPA.

**Raymond L. BRYANT** es Catedrático en Geografía Humana en el King's College de Londres. Ha escrito cinco libros

y muchos artículos en teoría y práctica de la ecología política, los actores en la gestión ambiental, así como sobre la historia y la actualidad de los procesos de cambio ambiental en el Sudeste asiático. Entre sus libros destacan *The Political Ecology of Forestry in Burma* (Honolulu: University of Hawai Press, 1997), *Environmental Management: New Directions for the 21th Century* (en colaboración con Geoff Wilson, London: Taylor and Francis, 1997), *Third World Political Ecology* (en colaboración con Sinead Bailey, London: Routledge, 1997), y *Nongovernmental Organisations in Environmental Struggles* (New haven: Yale University Press, 2005). Actualmente investiga la historia de la madera de teca y la ecología política de los ricos y famosos.

**Pablo CAMPOS PALACÍN** (Extremadura, 1951) es Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Complutense. Desde 1986 es investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas donde ha realizado su labor investigadora en el análisis económico de los bosques mediterráneos y madereros ibéricos. Ha sido distinguido con el premio Vida Sana 1980 de la asociación catalana del mismo nombre y con el premio Lucas Mallada de Economía y Medio Ambiente 2002 del Ministerio de Medio Ambiente español. En los últimos años ha publicado diversos artículos en revistas internacionales, entre las que destacan *Environmental and Resources Economics*, *Ecological Economics*, *International Forestry Review* y *Journal of Leisure Research*.

**Alejandro CAPARRÓS GASS** (Madrid, 1970) es Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Complutense. Desde 2003 ejerce su labor investigadora en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas centrada en la valoración económica de sistemas agroforestales de uso múltiple, las negociaciones internacionales y la economía del cambio climático. Ha sido investigador posdoctoral en

el CNRS (Francia) y profesor visitante en las Universidades de Berkeley, Marne-la-Valle y Paris II. Ha realizado numerosas contribuciones a revista científicas internacionales entre las que destacan *Public Choice*, *Environmental and Resources Economics*, *Ecological Economics*, *Energy Policy* y *Journal of Leisure Research*.

**M.ª Teresa CANTÓ LÓPEZ** es Profesora Contratado-Doctor de Derecho Administrativo en la Universidad de Alicante. Doctora en Derecho y Máster en Urbanismo y Ordenación del Territorio por esa Universidad es autora de varias publicaciones relacionadas con la agricultura, la tutela ambiental, la ordenación territorial y sus implicaciones en el paisaje; así destacan sus trabajos sobre la ordenación ambiental de la agricultura y el régimen de la vivienda familiar aislada en el suelo no urbanizable.

**Miguel Ángel DÍEZ ROJO** es Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid, ha trabajado en el Departamento de Agroecología del Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC) en el manejo agroecológico de los nematodos del suelo en sistemas extensivos, cultivos hortícolas protegidos y viñedo. En la actualidad está redactando su tesis doctoral bajo la dirección de los Profs. A. Bello y P. Urbano en el estudio de alternativas agroecológicas para el manejo de nematodos parásitos de plantas que sean económicamente viables y respetuosas con el medio ambiente. Tiene varias publicaciones y libros sobre su tema de investigación, debiendo destacar un libro sobre "Los nematodos fitoparásitos encontrados en Catilla y León. Alternativas no químicas de control".

**Avelino GARCÍA ÁLVAREZ** es Doctor en CC. Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid, especialista en ecología del suelo, ha trabajado durante 24 años en el Antiguo Instituto de Edafología y Biología Vegetal y en el Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), sobre temas relacionados con el impacto de los sistemas de manejo del suelo en la biodiversidad edáfica. Ha participado en el proyecto "Mediterranean Desertification and Plant Use" (MEDALUS) durante una estancia de dos años en la Universidad de Ámsterdam, estudiando la dinámica de los suelos en proceso de desertificación. Actualmente desarrolla su actividad científica en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), trabajando en la conservación y recuperación de suelos mediante la aplicación de criterios ecológicos.

**Fernando E. GARRIDO FERNÁNDEZ** es Dr. Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba en la especialidad de Economía, Sociología y Política Agrarias. En la actualidad es Científico Titular del CSIC en el Instituto de Estudios Sociales Avanzados de Andalucía (IESA) y coordina la Unidad Técnica de Estudios Aplicados de este Instituto. Sus líneas de trabajo se han centrado en temas relacionados con el desarrollo sostenible, el desarrollo rural y las políticas agroambientales en Europa, así como en estudios sobre cooperativismo, acción colectiva y articulación de intereses en la agricultura española y europea. Correo electrónico: fgarrido@iesaa.csic.es

**Antonio GÓMEZ SAL** es Catedrático de Ecología de la Universidad de Alcalá. Ha sido Investigador Científico del CSIC, actualmente en excedencia y Director del Instituto Pirenaico de Ecología del CSIC Zaragoza y Jaca, 1990-94. Los objetivos de su actividad investigadora están relacionados con la ecología de sistemas humanizados considerando distintas escalas de análisis (comunidades de pastizal, agroecosistemas, paisaje y territorio). Trabaja también en aspectos ecológicos de la gestión de recursos naturales, la planificación ambiental y la evaluación del desarrollo y la sostenibilidad. Ha realizado proyectos en en distintos países de América. Ha dirigido 12 tesis doctorales y cuenta con unas 160 publicaciones en libros y en revistas especializadas. Dirige el Programa de Doctorado con mención de calidad sobre Cambio Global y Desarrollo Sostenible. Ha sido fundador y Presidente de la Asociación Española de Ecología Terrestre y miembro Consejo Científico de la Federación Europea de Ecología (EEF), Secretario del Comité Español del Scientific Committee of Problems of Environment (SCOPE) y Vicerrector de Campus y Calidad Ambiental en la Universidad de Alcalá. Propuso e impulsó la creación en la Universidad de Alcalá del Observatorio de la Sostenibilidad en España y la actualidad es Presidente de su Comité Científico.

**Marta I. GONZÁLEZ GARCÍA** es Doctora en Filosofía por la Universidad de Oviedo. Ha sido investigadora en la Universidad Técnica de Budapest, la Universidad de Minnesota y la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente es Científica Titular en el Instituto de Filosofía del CSIC. Su trabajo aborda, dentro del campo CTS (ciencia, tecnología y sociedad), cuestiones de filosofía y estudios sociales de la ciencia, historia de la psicología, participación pública en controversias ambientales, y género y ciencia. Es autora

(con J. A. López Cerezo y J. L. Luján López) del libro *Ciencia, tecnología y sociedad* (Madrid: Tecnos, 1996) y también en colaboración con José A. López Cerezo, *Políticas del bosque: expertos, políticos y ciudadanos en la controversia del eucalipto en Asturias* (Madrid: Cambridge University Press/OEI, 2002). e-mail: martaig@ifs.csic.es

**Thanasis KIZOS** es profesor titular en Geografía Rural en el Departamento de Geografía de la Universidad del Egeo (Atenas, Grecia), donde imparte clases sobre desarrollo rural y análisis del paisaje. Su investigación tiene como objeto el desarrollo rural, los agricultores y el cambio en el paisaje. En relación a la misma ha publicado artículos sobre cambios en el paisaje, paisajes "tradicionales" griegos, desarrollo rural e islas del Egeo, insularidad y turismo rural.

**Javier LÓPEZ-CEPERO JIMÉNEZ** es Ingeniero Agrónomo por la Universidad de La Laguna, su actividad profesional ha estado centrada fundamentalmente en el sector primario de Canarias, tanto a nivel de producción como de asesoramiento y gestión. Ha trabajado y dirigido diferentes Cooperativas de producción de plátanos y tomates ecológicos. En la actualidad es Coordinador del Departamento Técnico de Coplaca, la mayor Organización de Productores de Plátanos de Canarias, además, es profesor asociado de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de La Laguna, donde imparte las materias de Agricultura Alternativa y Producción Agrícola Certificada. Está redactando su tesis sobre el manejo agroecológico de los sistemas de cultivos protegidos de las Islas Canarias. Tiene varios trabajos sobre agroecología de los sistemas hortícolas protegidos, así como cultivos tropicales como la platanera.

**J. Antonio LÓPEZ-PÉREZ** es Doctor en CC. Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid; ha trabajado en el Dpto. de Agroecología del Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC) con la Dra. M. Arias en la caracterización agroecológica de nematodos del suelo transmisores de virus y sobre alternativas no químicas a los fumigantes del suelo con el Prof. A. Bello, así como en el Dpto. de Nematología de la Universidad de Riverside (UCR, California) con el Dr. A. Ploeg en alternativas agroecológicas como la biofumigación, mediante el uso de materia orgánica, y en el diseño de sistemas agronómicos de manejo. Perteneció al Centro Agrario de Marchamalo (Guadalajara), Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, donde trabaja en la aplicación de

criterios ecológicos en la gestión de sistemas hortícolas, así como en la replantación y reconversión de suelos de viñedo.

**D. Ramón MARTÍN MATEO** es Catedrático Emérito de Derecho Administrativo de la Universidad de Alicante, Premio Jaime I de Medio Ambiente y Doctor *Honoris Causa* por varias universidades españolas y extranjeras. Experto de reconocido prestigio, nacional e internacional, en Derecho Administrativo y Derecho Ambiental, es autor de casi un centenar de publicaciones entre libros, investigaciones, estudios y artículos en revistas especializadas, entre los que destacan tanto aquellos dedicados al análisis de la administración municipal y la figura de las áreas metropolitanas como el Tratado de Derecho Ambiental.

**Rafael MATA OLMO** es Catedrático de Geografía en la Universidad Autónoma de Madrid, en la que ha ocupado diversos cargos de responsabilidad. Experto de reconocido prestigio en el campo del análisis del paisaje y la Geografía Rural, materias sobre las que tiene un amplio currículo de publicaciones y asesoramientos. Actualmente es presidente de la Asociación de Geógrafos Españoles.

**Eduardo MOYANO ESTRADA** (Puente Genil, Córdoba, 1953). Doctor Ingeniero Agrónomo (Sociología Rural) por la Universidad de Córdoba (1982). Licenciado en Sociología por la Universidad Complutense de Madrid (1983). Desde 1992 forma parte de la plantilla investigadora del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) como Profesor de Investigación (catedrático) en el área de Humanidades y Ciencias Sociales, ocupando el cargo de Vicedirector del Instituto de Estudios Sociales Avanzados de Andalucía (IESA) en Córdoba. Ha participado como profesor de sociología rural en los programas de doctorado de las universidades españolas de Córdoba, Sevilla, Granada y Autónoma de Barcelona; en las brasileñas de Uberlândia, Campinas y Santa María, y en el Instituto Superior de Agronomía de Portugal. Sus trabajos de investigación versan sobre acción colectiva y articulación de intereses desarrollando análisis comparados a nivel internacional de las organizaciones de naturaleza representativa (sindicatos, asociaciones patronales y profesionales, federaciones de cooperativas,...) y su participación en la formulación de las políticas públicas (especialmente, en la agricultura, el desarrollo rural y el medio ambiente). Ha publicado un

centenar de trabajos entre libros y artículos en revistas españolas y extranjeras, habiendo recibido el premio Arco Iris (1996) al mejor estudio sobre cooperativismo por su trabajo sobre las federaciones de cooperativas en la agricultura europea, y la Orden del Mérito Agrícola de la República Francesa (2001). En 2006 fue elegido miembro correspondiente de la Academia Francesa de la Agricultura en su sección de sociología rural. Es director de la *Revista Internacional de Sociología* (editada por el CSIC) y miembro del Consejo Editorial de varias revistas internacionales, entre ellas *Sociología Ruralis* (editada por la European Society for Rural Sociology).

**Dionisio ORTIZ MIRANDA** es Doctor ingeniero agrónomo por la Universidad de Córdoba, es actualmente Profesor Titular de Escuela Universitaria en el Departamento de Economía y Ciencias Sociales de la Universidad Politécnica de Valencia, donde imparte materias relacionadas con las políticas agrarias y rurales. Su labor investigadora se centra en el análisis de la relación entre la actividad agraria y su inserción en el medio rural, así como la incidencia de las políticas públicas en dicha relación, cuestiones sobre las que ha publicado diversos trabajos a nivel nacional e internacional. Una parte importante de estos trabajos se enmarcan en el ámbito teórico de la economía institucional.

**Paola OVANDO POL** (Bolivia, 1974) es agrónomo por la Escuela Agrícola Panamericana (Honduras), ingeniero de agroempresas por la Universidad de San Francisco de Quito (Ecuador) y *Master of Science* en Economía Ecológica por la Universidad de San Simón (Bolivia). Desde 2001 realiza su labor investigadora predoctoral en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas centrada en el análisis de las rentas del uso múltiple de sistemas agroforestales mediterráneos y el análisis de económico de la renovación y extensión del arbolado de monte mediterráneo. Previamente ha trabajado como consultora, centrándose en el análisis económico de diferentes alternativas de uso del suelo en bosques nativos andinos. Durante su período de investigación predoctoral ha contribuido con publicaciones en la Revista Española de Estudio Agrosociales y Pesqueros, *International Forestry Review* y *Ecological Economics*.

**José Luis OVIEDO PRO** (Cádiz, 1977) es Licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad de Alcalá de Henares y estudiante de doctorado en la Universidad de Cádiz. Desde 2003 realiza su labor investigadora predoctoral en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas teniendo previsto finalizar su tesis doctoral en octubre de 2007. Sus principales líneas de investigación se centran en el diseño y análisis de métodos de preferencias declaradas para la valoración ambiental y en el análisis de la renta comercial y ambiental generada por sistemas agroforestales mediterráneos. Durante su período de investigación predoctoral ha contribuido con publicaciones en la Revista Española de Estudio Agrosociales y Pesqueros, *Journal of Leisure Research* y *Ecological Economics*.

**Ángel PANIAGUA** (Santander, 1963) es actualmente Investigador Científico del CSIC en el Centro de Ciencias Humanas y Sociales. Ha realizado estancias en distintos centros de la Universidad de Londres en calidad de Honorary Research Fellow o Research Fellow. Premio internacional de la modalidad de investigación del INSERSO en 1992, concedido por el Ministerio de Asuntos Sociales español. Entre sus intereses actuales de investigación destacan los procesos de cambio en áreas rurales meridionales, las dimensiones ambientales de la creación de nuevos grupos sociales o las dimensiones teóricas de la sociología política y cultural en el análisis ambiental y espacial. Entre sus publicaciones recientes más relevantes es posible destacar: *What rural restructuring?* Journal of Rural Studies (2001, en colaboración con el Prof. Hoggart); *Counterurbanization and new social class in rural Spain*, SGJ (2002); *The environmental dimension in the constitution of new social group in a extremely depopulated area of Spain*, Land Use Policy (2007).

**Luis Anibal VÉLEZ RESTREPO** es Ingeniero Forestal (Universidad Nacional de Colombia). Profesor de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín) en la Escuela de Planeación urbano-regional. Se ha Doctorado en Ciencias Ambientales por la Universidad de Alcalá (España) y ha obtenido la Maestría en Planeación Urbana (Universidad Nacional de Colombia) y la Especialización en Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente (Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, España).