

# PORTADA

## Editores:

**José M<sup>a</sup> Egea**

Botánica  
Facultad de Biología  
Universidad de Murcia  
Campus de Espinardo  
30100. Murcia

**Julio C. Tello**

Producción Vegetal  
Escuela Técnica Superior  
Universidad de Almería  
La Cañada de San Urbano  
04120. Almería

**Miguel Angel Altieri**

Dpto. de Control Biológico  
Universidad de Berkeley  
California

## Comité Editorial

**Itziar Aguirre**

Ciencias Agroforestales  
Universidad Sevilla. España

**Marta Astier**

Instituto de Ecología  
Morelia. Mexico

**Antonio Bello**

Agroecología  
Centro Ciencias Medioambientales  
CSIC Madrid. España

**María Soledad Catalá**

Horticultura  
IMIDA. Murcia. España

**Celia de La Cuadra**

Centro de Recursos Filogenéticos  
INIA. Alcalá de Henares. España

**Freddy Delgado**

Agroecología Universidad Cochabamba  
Brasil

**Concha Fabeiro**

Producción Vegetal  
Universidad de Castilla la Mancha  
Albacete. España

**Carlos García Izquierdo**

Conservación de Suelos, Agua  
y manejo de Residuos Orgánicos.  
CEBAS-CSIC. Murcia. España

**Victor González**

Coordinador Técnico. SEAE  
Catarroja. Valencia

**Steve Gliessmann**

Agroecología  
Universidad de Santa Cruz  
California. USA

**Antonio Gómez Sal**

Ecología  
Universidad de Alcalá de Henares  
Madrid. España

**Manuel González de Molina**

Geografía, Historia y Filosofía  
Universidad Pablo de Olavide  
Sevilla. España

**Gloria Isabel Guzmán.**

CIFAED  
Granada. España

**Concepción Jordá**

Ingeniería Agroforestal  
Universidad Politécnica  
Valencia. España

**Fabio Kessler**

Fitossanidade  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Brasil

**Juana Labrador**

Biología y Producción Vegetal  
Universidad de Extremadura  
Badajoz. España

**Alfredo Lacasa**

Protección de Cultivos  
IMIDA. Murcia. España

**Nicolás Lampkin**

Institute of Rural Sciences  
University Wales. UK

**José Miguel Martínez Carrión**

Dpto. Economía Aplicada  
Universidad de Murcia

**Jaime Morales**

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente  
Guadalajara. Mexico.

**Urs Niggli**

Forschungsinstitut für biologischen Landbau  
Frick. Suiza

**Fernando Nuez**

Biotechnología  
Univ. Politécnica de Valencia. España

**José Luis Porcuna**

Sanidad Vegetal  
Consejería de Agricultura y Medio Ambiente  
Valencia. España

**Francisco Roberto Caporal**

Asistencia Técnica y Extensión Rural  
Ministerio del Desarrollo Agrario. Brasil

**Félix Romojaro**

Maduración, Conservación y Calidad de  
Productos Agrarios  
CEBAS-CSIC. Murcia. España

**Xavier Sanz**

Biología Vegetal (Botánica)  
Universidad Central de Barcelona. España

**Santiago Sarandón**

Agroecología  
Universidad Nacional de la Plata. Argentina

**Juan José Soriano**

Consejería de Agricultura  
Junta de Andalucía Sevilla. España

**Victor Toledo**

Etnoecología  
Universidad Nacional Autónoma  
Michoacán. Mexico

**Juan Torres Guevara**

Biología  
Universidad Nacional Agraria La Molina.  
Perú

**Jaume Vadell**

Biología  
Universidad de Islas Baleares

## Evaluadores

M. Acosta (Murcia), A. Alonso Mielgo (Granada), MA Altieri (USA), JA del Río (Murcia), A. Domínguez (Valencia), M González de Molina (Sevilla), A. Lacasta (Murcia), A Perdomo (Tenerife), JL Porcuna (Valencia).

**Edita:**

<http://www.um.es/publicaciones>  
e-mail: [publicaciones@um.es](mailto:publicaciones@um.es)



**Subscription/Subscripciones.** Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia, calle Vistalegre s/n, 30007 Murcia, España. Teléfono: 968363887, Fax: 968363414.  
ISSN: 1887-1941  
D.L.: MU-1705-2006  
Imprime: FG Graf • e-mail: [fggraf@gmail.com](mailto:fggraf@gmail.com)

**Submission of papers/Envíos de manuscritos para publicar en Agroecología.** Normas de publicación en páginas finales.

Facultad de Biología

Universidad de Murcia

# Agro ecolo gía

Vol.  
**4**

**2009**





## INDICE VOLUMEN 4

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| AGROECOLOGÍA:<br>DESAFÍOS DE UNA CIENCIA AMBIENTAL EN CONSTRUCCIÓN .....                                                                                                                                                                                                                                              | 7   |
| Tomás Enrique León Sicard                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
| EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN AGROECOSISTEMAS:<br>UNA PROPUESTA METODOLÓGICA .....                                                                                                                                                                                                                              | 19  |
| Santiago J. Sarandón, Claudia C. Flores                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
| POLICULTIVOS DE LA MENTE. ENSEÑANZAS DEL CAMPESINADO Y DE LA<br>AGROECOLOGÍA PARA LA EDUCACIÓN EN LA SUSTENTABILIDAD .....                                                                                                                                                                                            | 29  |
| Alejandro Rojas W                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |
| ESCALONANDO LA PROPUESTA AGROECOLÓGICA PARA LA SOBERANÍA<br>ALIMENTARIA EN AMÉRICA LATINA.....                                                                                                                                                                                                                        | 39  |
| Miguel A Altieri                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
| LA SOBERANÍA ALIMENTARIA:<br>CULTIVANDO NUEVAS ALIANZAS ENTRE CAMPO, BOSQUE Y CIUDAD .....                                                                                                                                                                                                                            | 49  |
| Bruce G. Ferguson, Helda Morales, Aldo González Rojas, Felipe de Jesús Íñiguez<br>Pérez, María Elena Martínez Torres, Kathleen McAfee, Ron Nigh, Ivette Perfecto,<br>Stacy M. Philpott, Lorena Soto Pinto, John Vandermeer, Rosa María Vidal, León<br>Enrique Ávila Romero, Héctor Bernardino, Rosario Realpozo Reyes |     |
| LOS IMPACTOS ECOLÓGICOS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE<br>BIOCOMBUSTIBLES A BASE DE MONOCULTIVOS A GRAN ESCALA EN AMÉRICA.....                                                                                                                                                                                      | 59  |
| Miguel A Altieri                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
| LA TRANSICIÓN DE LOS AGROCOMBUSTIBLES. REESTRUCTURANDO LUGARES Y<br>ESPACIOS EN EL SISTEMA ALIMENTARIO MUNDIAL.....                                                                                                                                                                                                   | 69  |
| Eric Holt-Giménez, Annie Shattuck                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |
| AGROCOMBUSTIBLES Y AGROALIMENTOS. CONSIDERANDO LAS<br>EXTERNALIDADES DE LA MAYOR ENCRUCIJADA DEL SIGLO XXI .....                                                                                                                                                                                                      | 79  |
| Walter A Pengue                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
| AGROCOMBUSTIBLES, SOBERANÍA ALIMENTARIA, Y LA CRISIS ALIMENTARIA<br>CONTEMPORÁNEA.....                                                                                                                                                                                                                                | 91  |
| Peter Rosset                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
| AGROECOLOGÍA, FERTILIDAD Y MEDITERRINEIDAD.....                                                                                                                                                                                                                                                                       | 97  |
| Juana Labrador, Alexix Sicilia, Axel Torrejón                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
| APLICACIÓN DEL MEDIDOR PORTÁTIL DE CLOROFILA EN PROGRAMAS DE<br>MEJORA DE TRIGO Y CEBADA .....                                                                                                                                                                                                                        | 111 |
| Águeda González                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |



# AGROECOLOGÍA: DESAFÍOS DE UNA CIENCIA AMBIENTAL EN CONSTRUCCIÓN

**Tomás Enrique León Sicard**

*Instituto de Estudios Ambientales – Universidad Nacional de Colombia. E-mail: teleons@unal.edu.co*

## Resumen

Este documento presenta algunas razones que sustentan la idea de que la agroecología es una ciencia ambiental, discute la definición de agroecosistema como objeto de estudio de la agroecología y las derivaciones discursivas de tipo político y social que inspira esta ciencia. Además, examina algunos campos de análisis autónomos de la agroecología y la conexión de esta ciencia con otras disciplinas y ramas del conocimiento. Finalmente, se exploran algunos significados de la interdisciplina como eje metodológico de la agroecología.

**Palabras clave:** Ecología, cultura, dimensión ambiental, interdisciplina.

## Summary

### Agroecology: Challenges on an emerging environmental science

This document presents some reasons supporting the idea that agroecology is an environmental science, discusses the definition of agroecosystem as a subject of study of agroecology and derivations of political discourse and social science behind this. It explores some self-analysis fields of agroecology and the connection of this science with other disciplines and branches of knowledge. Finally, explores some of the meanings of the interdiscipline as methodological axis of agroecology.

**Keywords:** Ecology, culture, environmental benefits, interdisciplinary.

## Introducción

La agricultura es una actividad compleja que involucra no solamente la producción de alimentos y fibras a partir de factores tecnológicos, dotaciones de recursos naturales e impulsos de capital, sino también una serie de procesos vinculados con los efectos que ella produce en las sociedades y en los ecosistemas. A partir de esta consideración, puede aceptarse fácilmente que las actividades agrarias son parte fundamental de las interacciones humanas con la naturaleza y desde esta perspectiva sus análisis pueden realizarse desde el punto de vista ambiental complejo. La agricultura es el resultado de la coevolución de ecosistemas artificializados y culturas humanas.

La ciencia agroecológica se inserta justamente en este campo del análisis ambiental de los agroecosistemas, asumiendo la complejidad que ello implica y generando nuevas aproximaciones teórico-prácticas, que han venido configurando lo que se ha dado en llamar el pensamiento agroecológico.

No obstante, debido al auge reciente de la Agroecología en tanto que ciencia, a la aparición de movimientos sociales que reivindican derechos fundamentales a

partir del discurso político que emana de la Agroecología y al surgimiento de prácticas y procedimientos que surgen desde las distintas agriculturas alternativas, opuestas al modelo dominante de Revolución Verde (RV), existen varios conceptos que es necesario aclarar, discutir y depurar, a fin de establecer cuáles y de qué magnitud son los retos que debe afrontar esta ciencia en construcción.

Los esfuerzos epistemológicos que se hagan en este sentido, resultan muy útiles a la luz de las necesidades humanas de redirigir los procesos productivos agrarios hacia formas de menor contaminación, degradación de recursos y de mayor justicia y equidad socioeconómicas, habida cuenta de los fenómenos recientemente aceptados como válidos por la opinión pública mundial, como el del cambio climático y el agotamiento de los recursos combustibles fósiles, dos de los pilares más fuertes que constituyen la evidencia anunciada décadas atrás por el movimiento ambiental, sobre la insostenibilidad del desarrollo.

### ¿Porqué la agroecología es una ciencia ambiental?

Las ciencias ambientales se caracterizan porque estudian, de manera conjunta, las interrelaciones complejas,

dinámicas y constantes, que se establecen entre los ecosistemas y las culturas (Ángel 1993, 1995, 1996, Carrizosa 2001). A pesar de recibir críticas para su ajuste teórico, esta dupla ecosistemas – culturas tiende a reemplazar la noción de lo ambiental entendido como relaciones sociedad – naturaleza, un poco para evitar el llamado sobrenaturalismo filosófico de las ciencias humanas y también porque evita la discusión sobre si la sociedad es parte o no de la naturaleza, debate que lleva a cuestionamientos sobre la libertad de los seres humanos y de su accionar político.

De esta manera, el discurso ambiental se basa en dos ejes interrelacionados: el de la ecología y el de la cultura. La primera, constituida como ciencia en un proceso ininterrumpido desde el siglo XVIII, ha forjado prácticamente un imperio teórico de explicaciones sobre el funcionamiento de los ecosistemas entendidos como tramas complejas de intercambios de materia y flujos de energía reguladas tanto por la influencia de leyes termodinámicas, como por leyes ecosistémicas de equilibrio dinámico espacial y temporal. A partir de los adelantos espectaculares de la ecología en los últimos decenios, se han podido conocer e interpretar los delicados equilibrios que constituyen la esencia misma de la vida sobre el planeta.

La segunda, ampliamente debatida como concepto unificador en las ciencias sociales, explica los procesos adaptativos del hombre a los límites impuestos por los ecosistemas y estudia las causas y efectos de la intervención de los grupos humanos sobre los ecosistemas. La cultura, entendida como un sistema parabiológico de adaptación, reemplaza los conceptos energéticos o materialistas empleados por los ecólogos para definir el nicho de la humanidad (León 2007) e incluye las construcciones teóricas de tipo simbólico, que van desde los mitos hasta la ciencia, pasando por el derecho, la filosofía, las creencias religiosas o las expresiones del arte, los diferentes tipos de organización socioeconómica y política que han construido distintos grupos humanos a lo largo de la historia y las amplias y diferenciadas plataformas tecnológicas que, inmersas en los símbolos y en las organizaciones sociales, se constituyen en los sistemas e instrumentos para transformar el medio ecosistémico.

Las relaciones culturales de la mayor parte de las sociedades occidentales contemporáneas con la naturaleza, se entienden actualmente en términos de un modelo dominante de desarrollo, expresado en la idea general de progreso, basada fundamentalmente en el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) y de la acumulación de riqueza. A partir de allí el ambientalismo ha generado varias corrientes que critican estas relaciones y este modelo, porque la idea del desarrollo es muy reciente en la historia humana y no siempre los pueblos de la tierra tuvieron la acumulación de capital como su norte preferido.

Mientras que para los griegos la solución a estas relaciones con la naturaleza o los ecosistemas se encontró en el concepto de armonía, algunas culturas americanas precolombinas consideraron lo natural como sagrado y por lo tanto le asignaron valores vitales a los seres de los bosques, del agua y del suelo. Para otras culturas, incluso, los habitantes del subsuelo, de las entrañas de la tierra, son parte del tiempo y del espacio, sin solución de continuidad entre la vida y la muerte. Como denominador común, puede afirmarse que en casi todas estas culturas imperaba el deseo de conocer y pertenecer antes que el de dominar. Se trataba más de una visión de respeto y solidaridad social y de conjunto que la de alcanzar un estado de desarrollo, básicamente de tipo personal y egoísta.

Un importante corolario de lo expuesto en las líneas anteriores es que la idea del desarrollo es subsidiaria de la idea ambiental, es decir, que el concepto de desarrollo, tan apegado a la ortodoxia económica, en el fondo no es más que la forma actual que ha tomado la relación ecosistema – cultura o si se prefiere, sociedad – naturaleza (León 2007).

Esta afirmación del autor citado resulta relevante por lo menos a la luz de las discusiones actuales que colocan las variables ambientales por debajo de la categoría misma del desarrollo, como si lo ambiental solamente apalancara, mitigara o subsanara los defectos del desarrollo y su misión fuera únicamente apoyarlo, guiarlo, sin entrar a discutir sus propios fundamentos. De esta visión estrecha del enfoque ambiental surgen soluciones remediales y de segunda clase en la misma vía del desarrollo unidireccional y homogeneizante que se ha extendido al planeta entero. De esta visión surge también el optimismo tecnológico que encuadra bien con un punto de vista subsidiario de lo ambiental.

Por el contrario, si se acepta la idea según la cual el desarrollo es una forma de relación ecosistema – cultura, se podrá entender la necesidad absoluta de virar ese modelo hacia formas diferentes de relacionamiento con la naturaleza y ello implica un esfuerzo tremendo de transformación cultural hacia paradigmas distintos, cuyos esbozos solamente se han comenzado a plantear algunos grupos humanos aislados, pero que en el fondo implica a toda la humanidad. Por lo tanto, valdría más hablar de la sostenibilidad ambiental de la sociedad, que de la sostenibilidad del desarrollo, puesto que esta última acepción es limitada a la variable económica, en tanto que la primera abarca la multidimensionalidad de lo ambiental.

Repensar el desarrollo equivale a reformular los objetivos de consumo ilimitado, de confort excluyente, de apropiación indebida de recursos encadenados al culto del cuerpo, del automóvil, del lujo extremo y del deseo de poseer que domina a la actual sociedad, hacia propósitos de solidaridad, bienestar común, respeto y generosidad, como valores últimos del ser humano que



puedan expresarse en modelos ambientales de justicia social y equidad.

En el plano agrario, la dimensión ambiental exige comprender las limitaciones y potencialidades del escenario biofísico o ecosistémico en el que se desarrollan las actividades de producción y, al mismo tiempo, una aproximación cultural a los grupos humanos, en donde se haga visible la estructura simbólica, la organización social y la plataforma tecnológica a través de las cuales se realiza la apropiación de la naturaleza.

Aunque las relaciones primigenias de la humanidad con los ecosistemas seguramente fue de carácter extractivo, el sistema productivo agrario se enmarca, desde el lejano período neolítico, como la invención más grande del ingenio humano y como la mayor vía de intervención antrópica sobre los ecosistemas. La agricultura es y seguirá siendo, a pesar de los postulados de la actual bioingeniería transgénica que tiende a minimizar la complejidad de la vida, el vehículo más importante de relación ser humano – naturaleza o si se prefiere, ecosistema – cultura. Y no hay ninguna otra actividad humana que sea más ambiental que la agricultura.

En efecto, es desde la agricultura que la humanidad planteó y construyó por primera vez los instrumentos tecnológicos que disturban el suelo, modifican el curso de las aguas o generan campos nuevos de cultivo, allí donde antaño no había sino bosques: arados y canales de irrigación, junto con el desmonte de extensas áreas boscosas, son las primeras herencias ambientales de la humanidad, vigentes hasta ahora. El cuidado de las primeras plantaciones exigió renovar la fertilidad de la tierra y luego la repartición de excedentes impulsó la creación de caminos, de mecanismos de transporte y de almacenamiento. La emergencia de los templos – graneros y de las ciudades – fueron los precursores directos de las entidades actuales de comercialización y regulación de precios y de la emergencia de nuevos poderes y roles sociales, que se perpetúan desde el primigenio guerrero repartidor de festines, hasta los magnates corporativos actuales. Los ciclos de buenas y malas cosechas posibilitaron la emergencia y decadencia de imperios agrarios a lo largo de la historia de la humanidad, en tanto que las luchas por poseer la tierra y sus recursos asociados marcaron el devenir de América y de gran parte de Asia y África y la última revolución verde se coloca en la base del desarrollo del capitalismo agrario e industrial de las tres o cuatro últimas generaciones de humanos. La agricultura es indisoluble de la sociedad y el ambientalismo ha aportado las bases conceptuales necesarias para repensar los modelos de desarrollo agrario.

La Agroecología emerge justo en el momento en que las sociedades altamente industrializadas creían haber resuelto los problemas de producción masiva de alimentos sin comprometer su estabilidad ecosistémica ni la calidad de sus alimentos y varios años después que las tecnologías y las relaciones sociales y económicas

que acompañan al modelo de Revolución Verde, se hubieran instalado en países dependientes, especialmente en América Latina, sin haber podido resolver ni los problemas de producción masiva, ni las inequidades sociales existentes en el campo ni la degradación acelerada de los recursos naturales, generados por el modelo RV.

A diferencia de otros enfoques de la ciencia agronómica, la Agroecología asume el rol de estudiar al mismo tiempo las relaciones ecológicas y culturales que se dan en los procesos agrarios y en esto hace parte del movimiento ambiental que cuestiona, en últimas, los modelos de desarrollo agrarios y las formas culturales de apropiación de la naturaleza.

### La Agroecología como ciencia

La Agroecología se puede definir como la ciencia que estudia la estructura y función de los agroecosistemas tanto desde el punto de vista de sus relaciones ecológicas como culturales. Esta definición, tomada *a priori*, amerita varias reflexiones:

En primer lugar se entiende que el objeto de estudio de la Agroecología es el Agroecosistema. Esta idea, que en principio parece ser simple, se enfrenta a dificultades epistemológicas, cuando se intenta su definición en un marco de comprensión que supere los límites biofísicos o, si se quiere, ecosistémicos.

En efecto, los agroecosistemas no terminan en los límites del campo de cultivo o de la finca puesto que ellos influyen en y son influenciados por factores de tipo cultural. Sin embargo, el límite social, económico o político de un agroecosistema es difuso, puesto que está mediado por procesos decisionales intangibles que provienen tanto del ámbito del agricultor como de otros actores individuales e institucionales. Aunque la matriz de vegetación natural circundante y las características de los demás elementos biofísicos influyen en la dinámica de los agroecosistemas, las señales de los mercados y las políticas nacionales agropecuarias también determinan lo que se producirá, cuándo, con qué tecnología, a qué ritmos y para qué clase de consumidores, abriendo más el espectro de lo que puede entenderse como borde o límite de los agroecosistemas.

El enfoque agroecológico, que le abre la puerta al análisis cultural de los agroecosistemas, genera al mismo tiempo un nuevo reto taxonómico, que se refiere a la manera de nombrarlos y clasificarlos. Muchos pensadores asimilan indistintamente el agroecosistema a las parcelas de cultivo o a las fincas individuales o al conjunto de fincas distribuidas en el paisaje. De la mano de la economía aparecen conceptos como los de sistemas de producción aplicados a unidades campesinas, agroindustriales o de base capitalista. Los sociólogos utilizan otras categorías apelando a denominaciones que tienen que ver con pequeños, grandes o medianos propietarios, arrendatarios o parceleros. Las figuras de

fincas de colonos o de indígenas o afroamericanos también se introducen en estas clasificaciones. Una ciencia igualmente emergente como la "Ecología del Paisaje", tampoco es capaz de catalogar los distintos tipos de agroecosistemas y los envuelve todos dentro de conceptos globalizantes dirigidos al estudio de matrices territoriales en los cuales la figura de la estructura ecológica principal subsume y da cuenta parcialmente de las fincas agroecológicas.

El problema podría ser de escala, pero también es de incommensurabilidad del término. De escala, porque a niveles muy pequeños, el paisaje dominante convoca a utilizar categorías amplias como cuencas hidrográficas o territorios y en escalas muy reducidas, a usar el cultivo como objeto de estudio. De incommensurabilidad, porque, como se anotó anteriormente, las variables culturales son continuas en el tiempo y el espacio.

Más allá de esta relativa indefinición del objeto de estudio, que debe y puede superarse a través de los consensos de las comunidades científicas, un agroecosistema puede entenderse como... "el conjunto de interacciones que suceden entre el suelo, las plantas cultivadas, los organismos de distintos niveles tróficos y las plantas adventicias en determinados espacios geográficos, cuando son enfocadas desde el punto de vista de los flujos energéticos y de información, de los ciclos materiales y de sus relaciones sociales, económicas y políticas, que se expresan en distintas formas tecnológicas de manejo dentro de contextos culturales específicos..."

El énfasis puesto sobre las relaciones ecológicas, constituye un pilar fundamental de la Agroecología, que la identifica como ciencia y que la separa al mismo tiempo de las vertientes tradicionales del enfoque agronómico. Incluso desde definiciones iniciales de la Agroecología como "...aquél enfoque teórico y metodológico que, utilizando varias disciplinas científicas pretende estudiar la actividad agraria desde una perspectiva ecológica..." propuesta por Altieri (1987), se notan fuertes tendencias a utilizar la ciencia ecológica de las interrelaciones como la base a partir de la cual se pueden construir procesos agrarios diferentes al convencional.

Estas diferencias se traducen en que el énfasis no se coloca tanto en identificar procesos biofísicos específicos y relativamente simples, sino en entender relaciones ecológicas complejas que involucran muchas variables. De ahí que los agroecólogos indaguen más por las propiedades emergentes de los agroecosistemas según los manejos a que son sometidos que por los efectos específicos de determinadas prácticas agronómicas aisladas. Se interesan más por el "efecto sistema" que por el efecto parcial de variables, aunque esta última perspectiva tampoco se abandona.

De las interacciones que se colocan en juego durante el diseño de agroecosistemas con alta biodiversidad, realizado según los principios teóricos y las aplicaciones prácticas de la Agroecología tanto al nivel de manejo

de suelos y aguas, arreglo de cultivos, reciclaje de materiales, nutrición vegetal y control de limitantes fitosanitarias, surgen emergencias (propiedades) productivas y de calidad que en su conjunto son diferentes a aquellas obtenidas por métodos de la agricultura convencional y que, al mismo tiempo, deben ser estudiadas apelando a procedimientos diferentes, más próximas al pensamiento complejo que al análisis de simples relaciones biunívocas.

La Agroecología no niega la especialización del conocimiento porque entiende su función en la dilucidación de incógnitas tanto a escala celular y molecular como en el ámbito del comportamiento ecosistémico de los distintos organismos del agroecosistema. Trata, sin embargo, de integrar estos conocimientos en visiones holísticas que den cuenta de la totalidad y no de la parcialidad del sistema agrícola.

Esta visión ecológica integral privilegia, por ejemplo, el Manejo Integrado de Agroecosistemas (MIA) sobre el Manejo Integrado de Plagas (MIP), la dinámica de las comunidades de microorganismos del suelo sobre el aislamiento y manejo de cepas individuales, la integración de los subsistemas pecuario, forestal, piscícola y agrícola en una sola unidad sobre su separación conceptual y práctica o la visión ética del alimento sano en contraposición a las ideas exclusivas del rendimiento vegetal por área como principal objetivo del acto agronómico.

Estudios recientes por ejemplo demuestran que los conocimientos de genética, suelos y fitopatología se pueden integrar para comprender porqué los cultivos fertilizados orgánicamente son más tolerantes a enfermedades fúngicas que aquellos que han recibido fertilizaciones químicas bajo los métodos convencionales (Altieri y Nicholls 2003); o porqué determinados fungicidas, generan posibles efectos "represores" en la expresión de mecanismos de defensa (León *et al.* 2003).

En particular existe abundante literatura agroecológica que describe cómo la diversificación de agroecosistemas conlleva a una regulación de plagas al propiciar hábitats y recursos a una fauna benéfica compleja (Altieri y Nicholls 2003, 2004, Nicholls 2008, Pérez 2004).

Aunque pueden resultar numerosos los trabajos que se han ejecutado en esta dirección, también es cierto que muchos esfuerzos se han localizado en aspectos puntuales del manejo de agroecosistemas en intentos por conocer los efectos parciales de determinados procedimientos agrarios. En este sentido se han desarrollado estudios sobre dinámicas particulares de nutrientes, materia orgánica, tipos de labranza, dinámica de arvenses, preparados trofobióticos, sistemas de riego, asocio de cultivos o manejo de plagas y enfermedades con métodos biológicos, entre otros muchos temas.

Lo anterior no deslegitima el enfoque agroecológico holístico sino que, por el contrario, advierte sobre la necesaria conjugación de conocimientos y en todo caso da cuenta de las etapas de transición que todavía debe

emprender el pensamiento científico para abordar la integralidad de variables en la agricultura. Ya los investigadores comienzan a entender que los diseños policulturales además de reducir plagas, promueven una serie de efectos positivos sobre la biología del suelo y la productividad.

En segundo lugar, la Agroecología ha abierto las puertas al estudio de los componentes culturales, es decir, sociales, económicos, políticos, históricos, filosóficos e institucionales que inciden en los campos de cultivo con igual o en algunos casos con mayor fuerza que las variables meramente ecológicas. Desde una perspectiva antropológica y ambiental, estos factores pueden abordarse con mayor facilidad desde el concepto aglutinador de cultura, ya que la agricultura emerge como un proceso de coevolución entre las sociedades y la naturaleza.

Por supuesto que los niveles o intensidades de artificialización de la naturaleza generada por distintos grupos humanos varía en la medida en que cambian sus procesos culturales: algunos ejemplos del neolítico americano desarrollado en Mesoamérica, los Andes o la Amazonia muestran agroecosistemas cuyos manejos no se alejan de la lógica de los ecosistemas naturales (Van der Hammen 1992), en tanto que los procesos culturales de las sociedades capitalistas modernas se apartan cada vez más de la naturaleza, la cual incluso, bajo el paradigma transgénico pretende ser modificada y por lo tanto reemplazada en su totalidad.

Los procesos agropecuarios están afectados tanto por la tecnología disponible, que va desde los arados de madera hasta la tecnología de rayos láser, como por las decisiones culturales de los diferentes grupos que se disputan el acceso a los recursos naturales y la destinación de la producción tanto para el consumo doméstico como para la comercialización. La agricultura se juega pues en distintos ámbitos: domésticos, científicos, tecnológicos, comerciales, políticos, económicos e incluso, militares. La historia de la humanidad se ha escrito también como historia de la agricultura, de los alimentos, de los territorios, del suelo, de la irrigación, de los bosques.

En el contexto del análisis ambiental la cultura adquiere su pleno significado como factor clave de la Agroecología, tema que ha sido ampliamente tratado por autores como Norgaard (1987, 1995) y Guzmán *et al.* (2000). Esta concepción amplia de la Agroecología implica que los límites físicos del agroecosistema se difunden hacia límites intangibles pero reales. Es el caso de decisiones económicas que afectan la regulación de precios en el mercado o de tendencias de comportamiento exclusivo de determinada comunidad hacia la producción de alimentos, que pueden tener repercusiones significativas tanto en los patrones territoriales de agroecosistemas locales como en la manera de implementar o no tecnologías de producción.

Muchas cuestiones surgen entonces, cuando se trata de integrar los estudios ecológicos con los culturales.

Algunos temas generales se relacionan, por ejemplo con relaciones sociales en la transferencia de conocimientos e información sobre manejo de biodiversidad en los campos de cultivo; el efecto "sistema" y sus implicaciones en los modelos estadísticos y en general en la investigación agroecológica; decisiones de política pública y sus impactos en la biodiversidad; tratados de comercio y plaguicidas; salud en trabajadores asociados a sistemas agroecológicos y convencionales; valoración económica de arvenses y en general de los servicios ambientales de los agroecosistemas; capacidad institucional para la educación agroecológica; actitudes y valores de consumidores en relación con productos ecológicos; transgénesis y desarrollo sostenible; agroecología en el contexto del desarrollo rural; agrobiocombustibles y seguridad alimentaria; cambio climático, territorio y agroecosistemas diversificados... en fin.

Con toda legitimidad, entonces, la Agroecología en tanto que ciencia, indaga sobre estas y otras relaciones en agroecosistemas que pueden ser claramente ecológicos, como las chagras indígenas o las fincas o sistemas de producción orgánica, ecológica o biológica, pero también cuestiona, estudia, observa, cataloga y analiza las implicaciones ecológicas o culturales de los sistemas de agricultura de la revolución verde, los campos transgénicos, las fincas dominadas por monocultivos o los sistemas de producción agroindustriales homogéneos, para evaluar sus grados de sostenibilidad y/o insostenibilidad ambiental y proponer modificaciones que los conduzcan hacia distintas etapas de reconversión.

### **La Agroecología como discurso político y acción social**

No cabe duda que la conjunción, en el plano de las ciencias, de las dos corrientes de pensamiento que se acaban de describir, ineludiblemente conducen a posiciones de crítica sobre los sistemas de agricultura, cualquiera que ellos sean y, en consecuencia, a adoptar posiciones políticas en torno a ellos, a sus tipos de instrumentalización, a sus relaciones económicas y sociales, a sus impactos ecosistémicos o culturales es decir, en una palabra, a plantear interrogantes finales sobre los modelos de desarrollo agrario, desde un enfoque que ha sido denominado "pensamiento agroecológico"

Desde esta perspectiva, el agroecosistema como objeto de estudio, se transforma en agroecosistema como centro de disputas por la naturaleza, como eje de posiciones ideológicas contrastantes, como articulador de reivindicaciones sociales y de derechos colectivos, como aglutinador de la cultura.

Se legitiman, de esta manera, posiciones que tienen que ver con el acceso a la tierra, especialmente en los países en donde los conflictos sociales han estado signados por la concentración en pocas manos de este recurso. La Agroecología se utiliza para criticar los fe-

nómenos de dependencia del poder transnacional que elimina las posibilidades de autonomía alimentaria en distintas regiones y países. Sus postulados de base alimentan la discusión sobre el uso de venenos en la agricultura y sobre la manipulación internacional del comercio de insumos, con posiciones que se oponen al uso de sustancias tóxicas en la producción de alimentos y que, por lo tanto, envían claros mensajes en contra de la apertura inequitativa de mercados.

Subyacen en estos movimientos sociales, fuertes bases filosóficas de autorrealización e independencia, de apego y respeto a la vida, de solidaridad inter e intrageneracional.

Por ello, toma lugar preponderante en el discurso político de la Agroecología, la tendencia a la sustitución de intermediarios comerciales y financieros y de adquisición de insumos externos. El ahorro de recursos, la conservación de suelos y agua, las prácticas de reciclaje, la tendencia a incorporar plantas nativas y la sustitución de insumos químicos, que se basan en sólidos argumentos de eficiencia ecológica, se expresan en otras formas diferentes de relacionamiento, distintas maneras de socializar hallazgos propios, diversas formas de investigar, múltiples canales para comunicar. La experimentación individual sin el apoyo del aparato científico-tecnológico moderno y en muchas ocasiones, ante la orfandad de acompañantes agroecólogos con formación probada, coloca a los productores agroecológicos ante la necesidad irrenunciable de improvisar, de crear y recrear prácticas antiguas, de recuperar conocimientos que se creían perdidos.

El respeto profundo hacia todas las manifestaciones de la vida en los agroecosistemas y la sustitución de conceptos como la lucha contra los insectos por otros de mayor significado vital, empujan las corrientes sociales de la Agroecología hacia discursos de tolerancia y de convivencia. El pensamiento agroecológico no persigue ya como fin último el mercado y la acumulación incesante de capital, sino los valores que privilegian el altruismo económico y la co-responsabilidad en el devenir de la sociedad. De ahí que los practicantes de las distintas escuelas de agricultura alternativa se preocupan por la producción de alimentos sanos, libres de venenos y por las equitativas reparticiones de beneficios, pero también por la conservación de cuencas, la prevención de desastres o el mantenimiento de refugios para aves u otras especies, que a la postre convierten sus fincas en centros de estabilidad regional.

La práctica de los señalados postulados filosóficos implica que quienes optan por esta vía, incluyan necesariamente las referencias a los otros saberes, distintos a los de la ciencia occidental. Ello genera igualmente que las decisiones políticas de los aparatos administrativos tengan que considerar, necesariamente, la participación social dentro de sus considerandos y que los técnicos y científicos consideren, igualmente, otros procedimien-

tos y aproximaciones metodológicas como la etnografía o la investigación – acción participativa.

En síntesis, el pensamiento agroecológico resulta de fusiones entre científicos que intentan estudiar la integralidad de los ecosistemas, productores que incluyen prácticas agrarias que tienden a conservar recursos naturales y a garantizar la calidad de los alimentos producidos y movimientos sociales que se apoyan en los postulados éticos de la ciencia agroecológica para reivindicar procesos de equidad, solidaridad e incluso de competitividad con igualdad, quienes comparten entre sí varios fundamentos filosóficos y éticos de respeto a la vida.

### **Campos de análisis relacionados con la Agroecología**

Lo anterior pone de manifiesto que la Agroecología como ciencia debe establecer caminos novedosos de articulación de las visiones ecosistémicas y culturales. Las ciencias emergentes que abren sus propios caminos no poseen prescripciones claras sobre la manera en que se van originando y consolidando subcampos o ejercicios disciplinares autónomos. Ello resulta de la conjunción de varios fenómenos interdependientes como por ejemplo la puesta a punto de novedosos instrumentos metodológicos, del éxito relativo en la predicción de fenómenos o del cúmulo de hipótesis y teorías que se van formulando a través de los ejercicios de ciencia normal.

La Agroecología, en tanto que ciencia interdisciplinaria y en construcción, está abocada a los retos que implica la aparición de esas nuevas áreas temáticas del conocimiento. Unas, que pueden ser consideradas en consenso como legítimas y otras, que se apoyan en ciencias o en disciplinas que ya están formuladas o que poseen suficientes bagajes teórico - práctico para ser consideradas como tales. El consenso entre agroecólogos sobre sus distintos campos de análisis, no existe todavía, pero acá se presentan algunas ideas generales sobre el particular, tomadas, con modificaciones, del documento de creación del doctorado en Agroecología, elaborado por un grupo de profesores de las Universidades de Antioquia y Nacional de Colombia, con el apoyo de los profesores Altieri y Nicholls de la Universidad de California (León *et al.* 2008)

Un campo inicial de trabajo agroecológico, ya explorado desde hace varias décadas aunque no suficientemente trabajado, es el de la *Agroecología Descriptiva y Comparada* que trata, precisamente, de catalogar, describir y analizar las regulaciones o “leyes” emergentes que se originan al aumentar la complejidad de los agroecosistemas en los pasos de reconversión que se dan, por ejemplo, desde monocultivos hasta policultivos o en el uso simultáneo de varias tecnologías de manejo.

El primer paso, claro está, es el de describir los componentes, relaciones y procesos de muchos agroecosistemas, tema de enorme amplitud puesto que trata



de detallar las relaciones micro, meso y macro que se suceden al interior de distintos subsistemas como el medio edáfico, los cultivos propiamente dichos, el subsistema de arvenses o de herbívoros o los subsistemas animales y sus interacciones. Es el campo de la ecología aplicada propiamente dicha. Este campo debería ser complementado con las descripciones, no solamente de las prácticas de manejo utilizadas por distintos tipos de agricultores, sino también y de manera urgente, con las descripciones informadas de las características culturales en que se desenvuelven dichos grupos, es decir, con referencias constantes a la institucionalidad, las políticas públicas, las redes comerciales, los incentivos económicos, la fortaleza o debilidad de los aparatos científicos, la existencia de procesos educativos y a las propias motivaciones, dificultades o ventajas que le asignan los distintos productores a los procesos de reconversión.

Un campo de análisis más amplio utiliza el *Análisis de Agroecosistemas* y la *Ecología del Paisaje* y se dirige a estudiar los agroecosistemas desde variados puntos de vista que incluyen relaciones complejas como los flujos energéticos, ciclos biogeoquímicos y dinámica de plagas incluyendo además variables culturales, dentro de categorías superiores como el paisaje o las cuencas hidrográficas.

Dentro de este tipo de enfoques, la Ecología, que algunos investigadores definen como la ciencia que estudia las interacciones que determinan la distribución y abundancia de los organismos, se aproxima a las concepciones de la geografía y se integra a dinámicas interdisciplinarias más cercanas al pensamiento ambiental en donde aparecen perspectivas económicas y sociales, con fuerte énfasis en métodos cuantitativos (Gliessman 2007).

El segundo paso en esta dirección, que puede ser sincrónico, es el de efectuar clasificaciones y comparaciones entre distintos tipos de agroecosistemas, incluyendo por lo general referencias a agroecosistemas convencionales. La literatura disponible es relativamente extensa en estas áreas, donde se suelen realizar comparaciones tanto en aspectos biofísicos de conservación de suelos y aguas, rendimientos vegetales y aspectos económicos o estudios comparativos de agroecosistemas manejados en diferentes niveles de diversidad o tecnología (orgánico versus convencional).

Sin embargo, aún se está lejos tanto de poseer descripciones detalladas de la estructura y funcionamiento de distintos tipos de agroecosistemas, como de proponer procesos de clasificación taxonómica que faciliten el intercambio de información y permitan la identificación de factores relevantes de transferencia tecnológica. Tampoco existen mapas regionales o nacionales de agroecosistemas que muestren su incidencia y dinámica territorial.

Las comparaciones siguen siendo escasas en el ámbito de la economía y en las relaciones sociales que se dan al interior de muchos agroecosistemas.

Parte de la información actual, por lo menos en Colombia, sobre distintos aspectos culturales de los agroecosistemas se ha escrito desde las vertientes de la economía agrícola o de los estudios campesinos en donde se destacan procesos de acceso a la tierra, dinámicas del mercado agrario o análisis de políticas (Machado 2004, 2006, Forero 2002, Fajardo 2002). No obstante, muchos de tales trabajos, valiosos en sí mismos, no revelan conexiones directas con la teoría agroecológica porque en general son aproximaciones teóricas amplias sobre el sector rural en su conjunto.

Lo anterior, abre la puerta por lo menos a cuatro campos relacionados y poco explorados que enriquecen el acervo agroecológico: *la Antropología Cultural*, *la Economía Ecológica*, *la Historia Ambiental* y *la Ecología Política* y a uno adicional que reviste fuerte importancia para los procesos productivos: *la Agroecología Aplicada*.

La *Antropología Cultural* ayuda a entender, dentro de la complejidad de las relaciones sociales, aquellos procesos dinámicos que caracterizan y distinguen a los distintos tipos de manejo agrario que se dan tanto en agroecosistemas de baja artificialización, por ejemplo en las chagras indígenas de las selvas húmedas tropicales, como en aquellos de uso intensivo de insumos y tecnología de punta, como pueden ser típicamente aquellos agroecosistemas tecnificados de flores en la sabana de Bogotá (plasticultura).

Allí hay espacio para indagar sobre las distintas lógicas que dinamizan el funcionamiento de estos agroecosistemas, al igual que sobre sus implicaciones en la conservación de recursos naturales y en las decisiones comunitarias o institucionales que hayan de tomarse.

Este campo se nutre de la Etnoecología y estudia sistemas locales de conocimientos agrícolas integrados a conocimientos científicos, la optimización de sistemas tradicionales de producción y los procesos de conservación *in situ* de biodiversidad autóctona entre otros temas.

La *Economía Ecológica*, por su parte, afronta el reto de demostrar la viabilidad de distintos tipos de agroecosistemas apelando, no tanto al enfoque de la economía neoclásica o de la economía ambiental, sino más bien a los postulados de la economía ecológica que busca explicaciones y efectos más allá de las valoraciones del mercado. Se trata de entender y valorar en dimensiones no crematísticas los bienes y servicios que se derivan de distintos diseños agrológicos, lógicas sociales y aplicaciones tecnológicas que tienen efectos tanto en la conservación de recursos naturales como en el fortalecimiento de las redes sociales. Temáticas como el estudio de los conflictos ecológicos distributivos, la aplicación de las leyes de la termodinámica para los análisis de sostenibilidad o la valoración de los servicios ecosistémicos y/o ambientales prestados desde el nivel micro por consorcios bacteriano - fungos, por comunidades de artrópodos, arvenses o en el nivel macro por los siste-

mas ecológicos de producción dispersos en los paisajes, también son temas objeto de preocupación desde estos campos disciplinarios.

Este campo de acción bien puede nutrirse también de los avances logrados hasta ahora por la antropología económica la cual ha estudiado la racionalidad de sociedades no mercantiles mostrando cómo se articulan las restricciones impuestas por el ecosistema a los sistemas de prestigio, las relaciones de parentesco, la organización política y los modelos peculiares del buen vivir.

La generación de los distintos enfoques sobre la sustentabilidad de los distintos agroecosistemas, son aspectos de primer orden. Aquí se sitúan los estudios sobre seguridad alimentaria que indagan por las condiciones que garantizan el acceso permanente y suficiente de alimentos a la población, teniendo en cuenta las opciones gustativas definidas culturalmente y los requerimientos nutricionales por género, edad, ocupación y momentos del ciclo vital como la gestación. Una preocupación de esta vertiente es capturar los impactos que causan diferentes tipos de intervenciones sobre el capital natural, social y humano de las poblaciones rurales a través de indicadores apropiados.

Un campo adicional en estas perspectivas es el de la *Historia Ambiental* que trata de reconstruir tanto las formas de ocupación territorial y los procesos sociales que marcaron el origen y consolidación de determinados sistemas agrícolas, como sus relaciones con los entornos ecosistémicos, no solo en épocas contemporáneas sino del pasado reciente y remoto para extraer de allí directrices de comportamiento que ayuden a repensar los fines y los métodos de los sistemas agrarios actuales. En este sentido cobra especial significancia la recuperación de conocimientos y de la lógica de intervención de sistemas tradicionales milenarios. El hecho de conocer con mayor o menor precisión las causas biofísicas, ecosistémicas o culturales que propiciaron el auge o decadencia de determinados grupos o que generaron cambios fundamentales en sus ritos, tecnologías o formas organizativas, genera poderosas herramientas predictivas que informan sobre los límites físicos al crecimiento o sobre los ajustes que deben hacer los sistemas productivos para adaptarse a los cambios predecibles.

Finalmente la *Ecología Política* colabora en el estudio de las incidencias del pensamiento agroecológico en el diseño y ejecución de políticas públicas nacionales de carácter sectorial o subsectorial, la manera como aquél se inserta en la construcción de nuevos paradigmas de sociedad y en las formas reales de participación comunitaria en la conformación y aplicación de planes, programas y proyectos. El análisis contempla escalas nacionales e internacionales dados los alcances de los actuales procesos de masificación de la información y de los intercambios comerciales de carácter global que resultan en acuerdos multilaterales con efectos

nacionales (tipo TLC). Los conflictos por el acceso a los recursos, especialmente la tierra (reforma agraria), los modelos y planes nacionales de desarrollo, las políticas nacionales que impulsan el modelo de agrocombustibles, las implicaciones de la biotecnología dura sobre la manipulación de la naturaleza y de sus respuestas en los campos de cultivo (transgénesis), los mercados verdes y el comercio justo, son otros de los temas en este campo, los cuales pueden recuperar críticamente las políticas de *Desarrollo Rural* que excluyeron en su momento los enfoques agroecológicos y ambientales.

La *Agroecología Aplicada*, por su parte, pretende llevar a la práctica el cúmulo de perspectivas teóricas precedentes. En ella se pueden identificar parcialmente varios campos:

- Diseño de agroecosistemas diversificados de producción incrementada vía uso de la biodiversidad y reciclaje, basados en el entendimiento de ciclos de nutrientes e interacciones de especies múltiples incluyendo sistemas integrados de cultivo-ganado-bosques.
- Tecnologías Agroecológicas, que trata de poner a punto, dentro de la concepción del manejo integrado de agroecosistemas, una serie de procesos y prácticas de fácil acceso y bajo costo entre los que se destacan la cría y liberación masiva de agentes de control biológico, producción de organismos benéficos, bio fertilizantes, preparación y uso de compost, entre otras prácticas.
- Manejo ecológico de plagas dirigido a establecer estrategias durables y ambientalmente compatibles de manejo de malezas, patógenos e insectos-plaga con énfasis en incremento de inmunidad de agroecosistemas y manejo de hábitats para fauna benéfica.
- Manejo y conservación ecológica de aguas y suelos que busca implementar técnicas de conservación y bioremediación de suelos, control de la erosión, mejora de la calidad del suelo y prevención de la contaminación edáfica, cosecha, conservación y uso eficiente de agua en agroecosistemas (cosechas de agua).

El cruce entre la Agroecología cultural, económica, política, histórica y aplicada, no solo es necesario sino inevitable y aún más, es fuertemente deseable, puesto que si algo distingue el pensamiento y la acción del agroecólogo, es el estudio de las interrelaciones complejas más que de los fenómenos particulares, que ya han sido abordados por la agronomía tradicional.

### Una distinción necesaria

En muchos espacios de debate y de práctica agraria se tiende a confundir la Agroecología con la Agricul-

tura Ecológica<sup>1</sup>. Como se ha señalado en este texto, la Agroecología es una ciencia que indaga por procesos complejos de tipo ecológico y cultural en sistemas agrícolas de pequeñas comunidades locales, en sistemas de agricultura capitalista o empresarial, en agroindustrias de fuerte base tecnológica, en sistemas intensivos en capital y tecnología como por ejemplo los grandes monocultivos comerciales e incluso en agroecosistemas transgénicos. En todos estos casos, el agroecólogo puede ejecutar estudios de relaciones que muestren las ineficiencias o potencialidades ambientales de varios sistemas con miras a reivindicar los aspectos positivos y a proponer modificaciones cuando encuentre evidencias de deterioro ambiental. Estas modificaciones se basan en la aplicación de principios universales que toman formas tecnológicas específicas en cada situación.

La Agricultura Ecológica, por su parte es una propuesta que nace de una conjunción de distintas circunstancias, en las cuales se destacan las críticas al modelo de Revolución Verde, las preocupaciones por la conservación y uso sostenible de los recursos, el afán por mantener los preceptos éticos de la agricultura, la necesidad de producir alimentos sanos, las discusiones en torno a las limitaciones de la ciencia positiva y a los modelos de desarrollo dominantes... en fin, factores que desembocaron en propuestas teóricas y prácticas de agriculturas opuestas al modelo de Revolución Verde y que realzan la vida como derecho fundamental de la humanidad y criterio básico del acto agronómico.

La Agricultura Ecológica, por lo tanto, al igual que otras modalidades de producción (agricultura biológica, biodinámica, orgánica, natural, permacultura, entre otras) pertenece a las posiciones filosóficas, a las posturas ideológicas y prácticas agrícolas contrastantes con el modelo de Revolución Verde tanto en sus enfoques y principios como en sus intervenciones técnicas. Algunas de estas intervenciones pueden no tener una base agroecológica como es el caso de la agricultura orgánica de sustitución de insumos.

### **La interdisciplina como eje metodológico de la Agroecología**

De acuerdo con las ideas anteriores, es claro que los estudios agroecológicos requieren metodologías y procedimientos que den cuenta de la complejidad de los sistemas agrarios planteada en párrafos anteriores.

Aunque dentro del enfoque agroecológico caben las aproximaciones especializadas que estudian procesos o

compartimientos independientes, la intención general es la de integrar fenómenos en escalas cada vez más agregadas, incluyendo aquellos del mundo biofísico con los de tipo social, económico o político.

Para ello, evidentemente se requieren enfoques interdisciplinarios que compartan resultados y procedimientos específicos de cada disciplina.

El concepto de interdisciplina, aunque convoca extensos tratados para comprender su definición y entender su práctica, es aceptado como una manera de generar interrelaciones entre disciplinas diferentes, de acercar lo que la ciencia atomista ha desunido y de generar nuevos campos válidos de interpretación de diversos fenómenos que atañen al hombre y a la naturaleza que, en esencia, son complejos.

La interdisciplina, por otra parte, puede ser captada y aprehendida por el individuo aislado o por una comunidad que comparte un paradigma y, en el caso de las agrupaciones universitarias, puede vivirse de manera diferente en ámbitos tanto de la investigación científica como de la docencia o de la extensión. Y allí, incluso, pareciera que surgieran diferentes aproximaciones si se trata de los momentos del pregrado, de la especialización, de las maestrías o de los doctorados.

No obstante, la práctica de la interdisciplina no posee unos cánones fijos, unas prescripciones determinadas. No existen reglas que legitimen lo que es o no es interdisciplinario, aunque es cierto que se pueden abstraer algunos rasgos de esa interdisciplinariedad en el análisis de los documentos y en la evaluación de resultados de muchas actividades y actos de gestión ambiental. Alrededor de ellos pueden realizarse preguntas de diversa índole que aclararán su espíritu interdisciplinario y revelarán si se trata de otras aproximaciones de grupo tipo multi o transdisciplinar.

Sean cuales fueren las prácticas de interdisciplina que se dan al interior de las aulas de clase, en la ejecución de proyectos de investigación o en las actividades de gestión, esa exigencia de la interdisciplina, tiene una característica adicional: es personal.

El que advierte los fenómenos de manera distinta, el que internaliza los discursos, el que cambia los contenidos disciplinarios, el que debate con sus colegas, el que se sacia de conocimientos de varias fuentes o el que regresa al espíritu de lo universal, es el individuo mismo en tanto que único poseedor de un conocimiento intransferible. Este ser humano que se debate en búsqueda de nuevos interrogantes y de respuestas múltiples, requiere de un enorme esfuerzo personal.

La visión y la práctica de la interdisciplina no se da *per se*, no aparece de la nada. Se construye tanto dentro como fuera del aula, del laboratorio o del campo de cultivo, en la práctica cotidiana. Se gana adicionando horas de lectura y de reflexión. Acumulando análisis pacientes sobre temas que no son del dominio propio. Preguntando y debatiendo no solamente con los maestros sino

1 La Agricultura Biológica y la Agricultura Orgánica son otras denominaciones que dan a escuelas similares de agricultura, que por convención general se designan con estos nombres en francés (Agriculture Biologique) y en inglés (Organic Farming System). No obstante, algunos investigadores no aceptan esta convención porque consideran que existen diferencias sustantivas entre los tres términos.

con los grupos humanos que constituyen el entorno familiar o de trabajo. Escuchando autoridades de otras ramas de las ciencias. Perfeccionando el arte de escribir sobre temas diferentes a los suyos con las percepciones que le otorga a cada uno el ejercicio de su profesión. Dando de lo aprendido y de lo que se va a aprender o, en términos del profesor Julio Carrizosa, "indisciplinándose en el conocimiento". Es, en síntesis, un esfuerzo personal y constante, cuya razón se puede aprender en la academia pero que se perfecciona en la práctica social. Genera, por así decirlo, una "auto-interdisciplina"

Desentrañar respuestas en los campos de cultivo o en fincas que integren la producción vegetal y animal, puede necesitar el concurso de varias disciplinas de las ciencias naturales en las que participen por igual fisiólogos, patólogos, edafólogos, entomólogos o médicos veterinarios de la misma manera que se puede necesitar el concurso de sociólogos, antropólogos y economistas para dilucidar las claves de comportamiento de algunos actores institucionales. Estos son los casos de "interdisciplina restringida" "*al interior de*" o "interdisciplina endógama" que sin embargo posee completa validez en función de los problemas que intenta resolver.

Preguntas que integren estos aspectos dan nacimiento legítimo a la interdisciplina en el contexto agroecológico. Por ejemplo, trabajos dirigidos a establecer el efecto "sistema" en la producción vegetal o en el control de plagas y enfermedades; evaluaciones comparativas de biodiversidad predial y sus relaciones con la estabilidad y/o productividad agraria; manejo diferencial de coberturas para controlar la erosión en distintas posiciones fisiográficas; evaluación de distintos tipos de biofertilizantes; manejo integral de agroecosistemas para controlar plagas y enfermedades; estudios sobre participación comunitaria en manejos de cuencas; relaciones entre educación, salud y producción agraria; conservación de bosque comunitarios.

Pero también existen aquellos trabajos o aproximaciones en los que participan representantes de las ciencias naturales, de las ciencias humanas y miembros de las comunidades de productores, que pueden entenderse como procesos de interdisciplina participativa ampliada. En tales investigaciones se conjugan visiones diferentes de la realidad y se ponen a prueba métodos distintos de abordaje de problemas.

Ejemplos de este tipo de estudios interdisciplinarios ampliados son aquéllos que indaguen, por ejemplo, sobre los efectos del uso de plaguicidas en aguas de superficie y sus implicaciones en la salud de comunidades humanas; estudios que establezcan los cambios ocurridos en los grupos familiares como consecuencia de procesos de reconversión agrícola; proyectos para determinar el impacto de determinadas prácticas agrícolas sobre los ingresos de los productores conectados con la disminución de la contaminación; investigaciones sobre sistemas campesinos de etnobotánica

o de clasificación de suelos e integración de prácticas tradicionales de manejo con técnicas modernas o evaluaciones del papel de la ciencia y la tecnología en la transformación de comunidades agrícolas ubicadas en ecosistemas estratégicos, las cuales pueden ser acogidas como verdaderas investigaciones interdisciplinarias de carácter agroecológico.

Trabajos de esta naturaleza podrían, si no mover las barreras de los círculos epistemológicos, por lo menos sí suscitar reflexiones amplias sobre las interrelaciones sociedad y la naturaleza, rompiendo los viejos esquemas con los que todavía se pretende abordar tales estudios.

La investigación agroecológica tiene, por lo tanto, una marca propia e imborrable: el sello de la interdisciplina, el diálogo de saberes, el surgimiento de ideas nuevas en cada paradigma científico particular y la práctica de métodos compartidos por los integrantes del equipo, incluyendo la visión de los agricultores locales.

## Referencias

- Altieri MA. 1987. Agroecology. The scientific basis of alternative agriculture. London: Wets-view Press. Boulder-IT Publications.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research* 72:203-211.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems. New York: Haworth Press.
- Ángel MA. 1993. La trama de la vida: Bases ecológicas del pensamiento ambiental. Bogotá: Ed. Dirección General de Capacitación del Ministerio de Educación Nacional - Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) Universidad Nacional de Colombia.
- Ángel MA. 1995. La fragilidad ambiental de la cultura. Bogotá: Ed. Universidad Nacional de Colombia.
- Ángel MA. 1996. El reto de la vida. Ecosistema y cultura. Una introducción al estudio del medio ambiente. Bogotá: Ed. Ecofondo.
- Carrizosa J. 2001. ¿Qué es ambientalismo? – La visión ambiental compleja. Bogotá: Centro de Estudios de la Realidad Colombiana. Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Red de Formación Ambiental.
- Fajardo D. 2002. Para sembrar la paz hay que aflojar la tierra. Comunidades, tierras y territorios en la construcción de un país. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales.
- Forero J. 2002. La economía campesina colombiana 1999-2001. Cuadernos Tierra y Justicia (2). Bogotá: ILSA 32 pp.



- Gliessman SR. 2007. Agroecology: the ecology of sustainable food systems. Boca Ratón: CRC Press.
- Guzmán G, González de Molina M, Sevilla E. 2000. Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible. Madrid: Mundiprensa.
- León T. 2007. Medio ambiente, tecnología y modelos de agricultura en Colombia. Hombre y Arcilla. Bogotá: ECOE. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales.
- León ST, Sánchez C, Fajardo M, Ramírez C, Castellanos D, Guardiola M. 2003. Sanidad vegetal e indicadores bioquímicos de resistencia sistémica a la gota en sistemas de agricultura ecológica y convencional. Acta Agronómica 51: 103-111.
- León T, Turbay S, Altieri M, Nicholls C, Arguello H, Fuentes C, Prager M, Sánchez de Prager M, Vélez L, Márquez M, Cadavid C, Otero J, Menjívar J, Cotes J, Franco F, Zárate C, Palacio G. 2008. Programa de doctorado en Agroecología. Propuesta de creación. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia-Universidad de Antioquia.
- Machado A, Rubio R, Ramírez AC, Fandiño S, Suárez G, Mesías L. 2004. La academia y el sector rural. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Económicas-Centro de Investigaciones para el Desarrollo (CID).
- Machado A, Vásquez R, Núñez L. 2006. La academia y el sector rural. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Económicas-Centro de Investigaciones para el Desarrollo (CID).
- Nicholls C. 2008. Control biológico de insectos. Un enfoque agroecológico. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Norgaard RB. 1987. The epistemological basis of agroecology. En Agroecology. The scientific basis of alternative agriculture. London: Wets-view Press. Boulder-IT Publications.
- Norgaard RB, Sikor T. 1995. Metodología y práctica de la Agroecología. En Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Santiago de Chile: CLADES.
- Pérez N. 2004. Manejo ecológico de plagas. Habana: Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural (CEDAR).
- Van der Hammen C. 1992. El manejo del mundo: naturaleza y sociedad entre los Yucuna de la Amazonia colombiana. Bogotá: Programa Tropenbos.



# EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN AGROECOSISTEMAS: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA

**Santiago J. Sarandón, Claudia C. Flores**

*Agroecología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Comisión de Investigaciones Científicas, Prov. de Bs Aires, CC31 (1990). La Plata. Buenos Aires. Argentina. E-mail: sarandon@agro.unlp.edu.ar*

## Resumen

A pesar de su aceptación, la sustentabilidad no se ha hecho operativa, debido, entre otras razones, a la dificultad de traducir sus aspectos filosóficos e ideológicos en la capacidad de tomar decisiones al respecto. Se propone una metodología que consiste en una serie de pasos que conducen a la obtención de un conjunto de indicadores adecuados para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. El uso de indicadores sencillos y prácticos, es vital para proveer a técnicos, productores, y políticos, de información confiable y comprensible de los impactos y costos de la incorporación de diferentes paquetes tecnológicos. Se discuten los alcances y limitaciones de esta propuesta.

**Palabras clave:** Agroecología, indicadores, abordaje multidisciplinario, análisis sistémico.

## Summary

### **Agroecosystem sustainability evaluation: a methodological proposal.**

Despite its acceptance, sustainability has not been made operational, due, among other reasons, the difficulty of translating philosophical and ideological aspects in the ability to make decisions. This paper proposes a methodology consisting in a series of steps leading to obtain a set of indicators to assess the sustainability of agroecosystems. The use of simple and practical indicators is necessary to provide technicians, agricultures, and politicians, reliable and understandable information on the impacts and costs of technology adoption. The scope and limitations of this proposal are discussed.

**Key words:** Agroecology, Indicators, multidisciplinary approach, systemic analysis.

## Introducción

En los últimos años, la creciente conciencia sobre el negativo impacto ambiental, social y cultural de ciertas prácticas de la agricultura moderna, ha llevado a plantear la necesidad de un cambio hacia un modelo agrícola más sustentable (Gliessman 2001, Sarandón 2002). Sin embargo, el término sustentabilidad no se ha hecho "operativo", debido, entre otras razones, a la dificultad de traducir los aspectos filosóficos e ideológicos de la sustentabilidad en la capacidad de tomar decisiones al respecto (Bejarano Ávila 1998). El concepto de sustentabilidad es complejo en sí mismo porque implica cumplir, simultáneamente, con varios objetivos: productivos, ecológicos o ambientales, sociales, culturales, económicas y temporales. Por lo tanto, es necesario un abordaje multidisciplinario para medir un concepto interdisciplinario (Kaufmann y Cleveland 1995), lo que se contrapo-

ne a la visión reduccionista que prevalece en muchos agrónomos y científicos.

El desarrollo de una metodología de evaluación, que permita una cuantificación y análisis objetivo de la sustentabilidad, es una necesidad para avanzar en el logro de la misma. Muchos autores que han intentado evaluar la sustentabilidad, tanto en el ámbito regional (Winograd *et al.* 1998, Sepúlveda *et al.* 2002, Evia y Sarandón 2002, Viglizzo *et al.* 2003, Flores y Sarandón 2006), como en el de finca (Izac *et al.* 1994, Gómez *et al.* 1996, Bockstaller *et al.* 1997, Lefroy *et al.* 2000, Tellarini y Caporali 2000, Van der Werf y Petit 2002, Pacini *et al.* 2003, Flores y Sarandón 2004, Viglizzo *et al.* 2006, Sarandón *et al.* 2006 a y b, Flores *et al.* 2007, Abbona *et al.* 2007a), han recurrido a la utilización de indicadores. Sin embargo, es importante entender que no existe un conjunto de indicadores universales. Las diferencias en la escala de análisis (predio, finca, región), tipo de establecimiento, objetivos deseados, activi-

dad productiva, características de los agricultores, hacen imposible su generalización. Por esta razón, es que se han propuesto algunos marcos conceptuales para el desarrollo de indicadores como el FESLM (Smyth y Dumanski 1995) y, en el ámbito agronómico, el MEMIS (Astier *et al.* 2002) basado en el FESLM y el de De Camino y Muller (1993). A pesar del valioso aporte de estos autores, aún quedan varios aspectos para discutir en la construcción de indicadores de sustentabilidad.

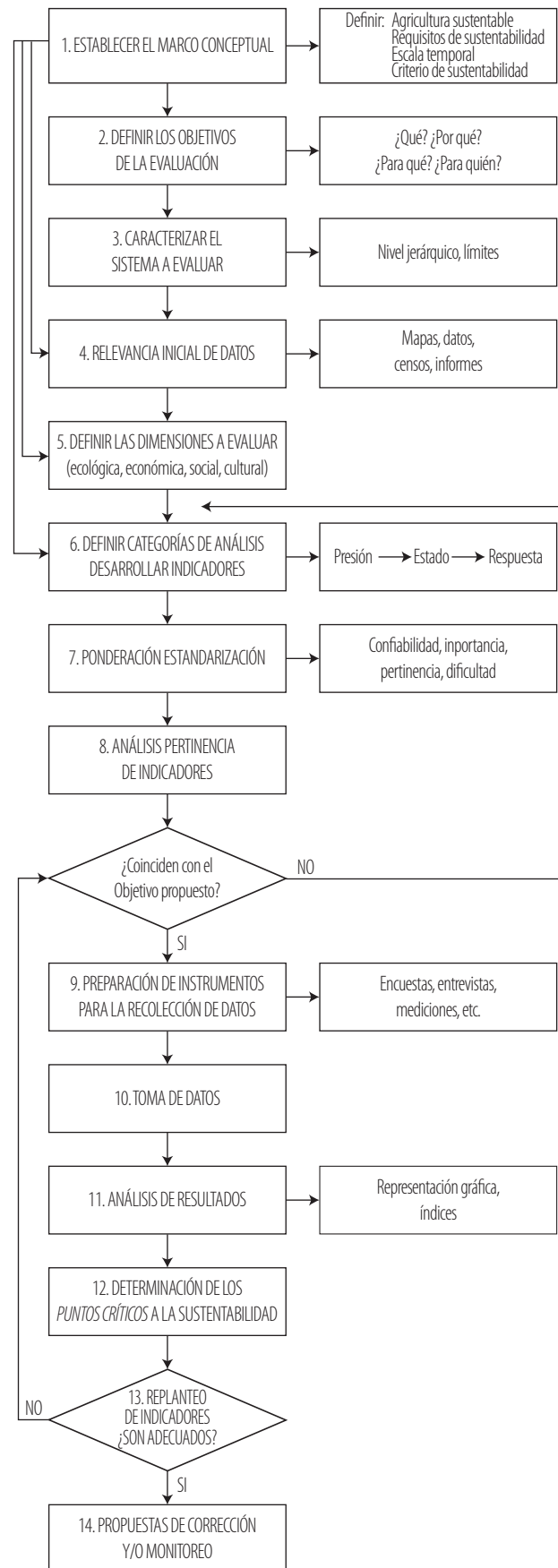
Este artículo pretende proponer una metodología para la construcción y uso de indicadores de sustentabilidad, y discutir sus alcances y limitaciones. La misma se basa en la desarrollada originalmente por Sarandón (2002), y en los trabajos posteriores de Flores y Sarandón (2004, 2006), Flores *et al.* (2007), Sarandón *et al.* (2006a y 2006b), Abbona *et al.* (2007a).

La metodología consiste en una serie de pasos que conducen a la obtención de un conjunto de indicadores adecuados para evaluar los puntos críticos de la sustentabilidad de los agroecosistemas. Se ha buscado que la misma sea sencilla, de bajo costo y que permita evaluar aquellos aspectos que comprometen el logro de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Estos pasos se han volcado en un diagrama (Figura 1) para una clara visualización y se explican a continuación.

### 1. Establecer y definir el marco conceptual de la sustentabilidad

Aunque este paso es esencial para el éxito del trabajo, no siempre ha sido considerado adecuadamente. Una primera cuestión a tener en cuenta, es que la sustentabilidad no puede comprobarse, ya que no existe un valor real de referencia contra el cual testar los resultados obtenidos. De ahí que la coherencia interna del análisis es esencial. Es necesario, por lo tanto, un desarrollo claro del marco conceptual de la evaluación, entendido como el sistema de valores o ideas que define lo que es bueno o malo para la sustentabilidad, y del que se desprenden calificaciones positivas o negativas en relación a la misma (Imbach *et al.* 1997). Es fundamental clarificar la definición de Agricultura Sustentable adoptada y los requisitos que se considera que debe cumplir esta agricultura. Se debe explicitar lo que se entiende por sustentabilidad ya que este concepto no es unívoco y, por lo tanto, existen numerosas definiciones del mismo que responden a las variadas disciplinas, percepciones y paradigmas de sus autores.

En la construcción del marco conceptual, se debe aclarar si se adhiere al concepto de sustentabilidad débil o fuerte (Cabeza Gutiérrez 1995, Harte 1995). La sustentabilidad débil considera a la naturaleza como una forma de capital, que puede ser sustituido por capital de formación humana (Pearce y Atkinson 1993). La idea de sustentabilidad fuerte, por el contrario, considera al capital natural como proveedor de algunas funciones que no pueden ser sustituidas por capital hecho por el hom-



**Figura 1:** Pasos metodológicos para la construcción de indicadores de sustentabilidad.

bre (Constanza y Daly 1992). Esta discusión no es menor, ya que de ella dependen los indicadores elegidos y la posterior interpretación que hagamos de los resultados.

También debe definirse la escala temporal de evaluación, dado que la definición de sustentabilidad incorpora intrínsecamente esta dimensión. Aunque la idea de sustentabilidad no define un horizonte temporal, para su evaluación es práctico definir un período de tiempo acotado y visible. Se puede considerar que, si en la definición de sustentabilidad se habla de satisfacer las necesidades de las futuras generaciones, el horizonte temporal no debería ser menor a 1 generación, es decir, 25 años (Sarandón 2002).

## 2. Definir los objetivos de la evaluación

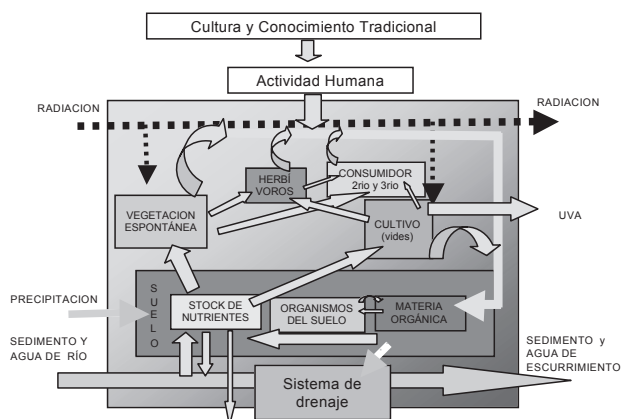
Es otro paso trascendental dado que de él dependen las características de los indicadores a desarrollar. No existe una sola forma de encarar la evaluación de la sustentabilidad ya que ésta depende de los objetivos o del tipo de pregunta que se busca responder. Por lo tanto, la definición de tales objetivos constituye la esencia del proceso evaluativo, y puede abordarse con relativa sencillez respondiendo a las siguientes preguntas: ¿Qué se va a evaluar?, ¿Por qué se va a evaluar?, ¿Para qué se va a evaluar?, ¿Quién es el destinatario de la evaluación?

La definición de qué, por qué y para qué evaluar, es fundamental para la correcta elección del conjunto de indicadores a utilizar. La definición de quién será el destinatario de la evaluación es importante para adaptar la metodología al requerimiento de los usuarios, de manera que los resultados sean lo más significativos posibles para ellos. No es lo mismo desarrollar un conjunto de indicadores para los científicos, que para una autoevaluación de los agricultores, o para los políticos, o si deseamos hacer una evaluación rápida que si disponemos de más tiempo. La disponibilidad o no de instrumental también es importante en la elección de los indicadores a usar.

## 3. Caracterizar el sistema a evaluar

En esta etapa se debe definir el nivel de análisis y caracterizar el sistema a evaluar. El nivel de análisis puede ser el ámbito de finca o bien el ámbito regional. El tipo de indicadores elegido está influenciado fuertemente por esta decisión. El análisis, deberá ser hecho con un abordaje holístico y sistémico, definiendo los límites del sistema, los componentes del mismo y sus niveles jerárquicos superior e inferior.

En este caso es muy útil, y casi imprescindible, realizar un diagrama o esquema (modelo) del sistema a analizar (ver Figura 2). Este tipo de diagramas permite percibir y analizar las interrelaciones entre los componentes del sistema, distinguir las entradas y salidas (deseadas o no) del mismo y detectar las consecuencias de las acciones humanas sobre la sustentabilidad del sistema en estudio. La figura 2 representa en un diagrama, el funcionamiento de un sistema de



**Figura 2:** Modelo simplificado de un sistema de producción de vid (viñedo) en la zona inundable cercana a la Costa de Berisso, Argentina (Abbona *et al.* 2006).

producción de vid en las zonas bajas de la costa de Berisso, Argentina analizado por Abbona *et al.* (2006). La construcción de este modelo permitió comprender, por un lado, la importancia del flujo de agua del río en la incorporación de sedimentos al sistema, y, por el otro lado, el rol que la práctica de los agricultores (limpiar los canales de agua y volcar esta materia orgánica sobre las vides) tenía en el mantenimiento de los nutrientes del sistema. De esta manera, se pudo construir un conjunto de indicadores adecuados para analizar la sustentabilidad ecológica del manejo de los agricultores tradicionales de la zona (Abbona *et al.* 2007b).

## 4. Relevamiento inicial de datos. Diagnóstico preliminar

Una vez que se han establecido los objetivos y el nivel de análisis, se debe proceder a la búsqueda y análisis de la información existente sobre el sistema o sistemas a evaluar: características de la zona geográfica, latitud, altitud, tipo de suelos, clima, vegetación y fauna, tipologías de productores en la zona, aspectos socioculturales, etc. Esto puede basarse en el uso de mapas, cartas topográficas, censos, publicaciones, series históricas y todo otro dato (ecológico, económico sociocultural) que se considere que puede aportar información preliminar sobre el objeto de estudio. Este diagnóstico inicial permite relevar la información que se utilizará como base para la selección del conjunto de indicadores a utilizar.

## 5. Definición de las dimensiones de análisis

Dada la característica multidimensional de la sustentabilidad, existe más de una dimensión u objetivo de análisis. Las dimensiones a considerar surgen de la definición de agricultura sustentable que se haya adoptado en el marco conceptual y de la selección de los requisitos que debe cumplir la misma (paso 1). En general, a pesar de que no existe un claro acuerdo sobre qué es la sustentabilidad, la mayoría de los autores proponen, al menos,

tres dimensiones de evaluación: la ecológica, la económica y la socio-cultural. Por lo tanto, se deberá desarrollar un conjunto de indicadores para evaluar el grado de cumplimiento de cada uno de estos objetivos. Es decir, habrá indicadores ecológicos, económicos y socioculturales.

## 6. Definición de categorías de análisis, descriptores e indicadores:

En función del marco conceptual adoptado, para cada dimensión, se deben definir diferentes niveles de evaluación. Estos niveles han sido denominados, de lo más general a lo particular, categorías de análisis, descriptores e indicadores (de Camino y Müller 1993, Torquebiau 1992). A su vez, se pueden seleccionar niveles inferiores de evaluación a los que se propone denominar como subindicadores y variables.

Las categorías de análisis son un aspecto de un sistema, significativo desde el punto de vista de la sustentabilidad, mientras que los descriptores son características significativas de un elemento de acuerdo con los principales atributos de sostenibilidad de un sistema determinado (de Camino y Müller 1993). Veremos un ejemplo más adelante pero, previamente, debemos discutir qué son los indicadores y las características que deben reunir.

### 6.1. Definición y características de los indicadores

¿Qué es un indicador? Un indicador es una variable, seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable (Sarandón 2002). Un ejemplo de esto es el tablero de un automóvil: en lugar visible, los fabricantes han colocado un instrumental que brinda valiosa información (indicadores) necesaria para manejar adecuadamente el sistema automóvil y tomar decisiones acertadas sobre su manejo. Algunos brindan información sobre el estado actual (temperatura del motor, velocidad) y otros sobre tendencias futuras (nivel de combustible).

Un aspecto que es necesario definir, de acuerdo al objetivo de la evaluación, es el tipo o clase de indicadores a utilizar. Esto se refiere al modelo de indicadores de presión, de estado o de respuesta. Se consideran *indicadores de estado* a los que aportan información sobre la situación actual de sistema. Los *indicadores de presión* son aquellos que indican el efecto que las prácticas de manejo ejercen sobre los indicadores de estado. Finalmente, los *indicadores de respuesta* indican qué se está haciendo para modificar el estado actual del sistema. Por ejemplo, el % de materia orgánica del suelo es un indicador de estado: nos brinda información sobre un aspecto de la calidad del suelo en un momento dado. Los indicadores de presión son aquellos que nos indican las acciones que pueden modificar esta variable, por ejemplo, la intensidad de laboreo del suelo. Un excesivo laboreo del suelo, disminuirá la materia orgánica del mismo. Los indicadores de respuesta se refieren a qué es lo que se está haciendo para remediar este proble-

ma. Por ejemplo, cambio de la labranza convencional por el sistema de siembra directa.

Es muy importante tener en claro el tipo de indicadores con los que se va a trabajar ya que no es conveniente mezclar indicadores de estado con indicadores de presión.

Independientemente de la clase de indicador escogido, es fundamental que la elección de los mismos cumpla con el requisito de que todos ellos se deduzcan de alguno de los objetivos o categorías de análisis elegidos. Por otro lado, ninguna de las dimensiones o condiciones de sustentabilidad debe quedar sin un indicador que la cuantifique o evalúe. Veamos un ejemplo de construcción de un indicador, derivándolo del marco conceptual y sus requisitos:

*Marco conceptual de la sustentabilidad:* Definiremos la agricultura sustentable como aquella que “permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan” (Sarandón *et al.* 2006). Podemos deducir que “un sistema será sustentable si es económicamente viable, ecológicamente adecuado y cultural y socialmente aceptable”. Por lo tanto, tendremos 3 dimensiones que habrá que evaluar: económica, ecológica y socio-cultural (4 si separamos lo cultural de lo social). Elegimos, por ejemplo, la dimensión ecológica y definimos los objetivos que se deben satisfacer en esta dimensión: “Un sistema será sustentable (ecológicamente) si conserva o mejora la base de los recursos intra y extraprediales”. Por lo tanto, deberemos definir y fundamentar cuáles son los recursos que hay que conservar: éstos se transformarán en categorías de análisis. Por ejemplo, suelo, agua, biodiversidad, atmósfera y otros recursos no renovables.

Elegimos ahora una categoría de análisis, por ejemplo, el suelo. ¿Qué propiedades se deben mantener de este recurso? Debemos mantener su calidad en el tiempo, lo que podría sintetizarse en conservar sus atributos físicos, químicos y biológicos. Cada una de esas propiedades puede ser considerada un descriptor de la categoría.

Ahora avanzamos sobre los aspectos que involucran cada uno de esos descriptores. Por ejemplo, entre las propiedades físicas, una de las más importantes es la estructura. La conservación de la estructura es, por lo tanto, un requisito para el cual debemos desarrollar un indicador. Si hemos decidido escoger indicadores de presión este indicador podría llamarse “efecto de las prácticas de manejo sobre la estructura del suelo”.

Ahora debemos preguntarnos cuáles son aquellas prácticas de manejo que afectan la conservación de la estructura del suelo. Una de ellas es el mantenimiento de la cobertura vegetal, ya que provee al suelo de una protección contra los agentes climáticos y disminuye el riesgo de erosión y oxidación de la materia orgánica. Es decir, el porcentaje de



cobertura del suelo será un subindicador del indicador efecto de las prácticas de manejo sobre la estructura del suelo. Este subindicador tendrá sus respectivas unidades, que, en este caso, se expresan en porcentaje de suelo con cobertura vegetal. Cuanto mayor sea este valor, más sustentable será el sistema. De esta manera, hemos llegado al menor nivel de evaluación, en este caso un subindicador, que ha sido deducido de la definición de sustentabilidad adoptada y de sus requisitos. Es un gran paso, aunque aún tenemos varias dificultades que vencer, las que serán analizadas más adelante. Si los indicadores no logran derivarse mediante este proceso lógico, se puede incurrir en el error de obtener indicadores que constituyen una serie inconexa de datos o variables a medir, sin un orden o motivo claro lo que dificulta enormemente la interpretación correcta de los resultados.

La elección de las categorías de análisis y de los distintos niveles de evaluación, debe realizarse en función de una sólida fundamentación teórica y en un correcto conocimiento sobre el funcionamiento del sistema en cuestión. Esto permite escoger aquellas variables que tienen impacto significativo sobre la sustentabilidad del sistema.

### 6.1.1. Características de los indicadores

A pesar de que existe una gran variabilidad en el tipo de indicadores, en la siguiente tabla se han sintetizado algunas características que estos deberían reunir (Sarandón 2002):

**Tabla 1:** Algunas características deseables de los indicadores de sustentabilidad

|                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • Estar estrechamente relacionados con los requisitos de la sustentabilidad.                              |
| • Ser adecuados al objetivo perseguido.                                                                   |
| • Ser sensibles a un amplio rango de condiciones.                                                         |
| • Tener sensibilidad a los cambios en el tiempo.                                                          |
| • Presentar poca variabilidad natural durante el período de muestreo.                                     |
| • Tener habilidad predictiva.                                                                             |
| • Ser expresados en unidades equivalentes por medio de transformaciones apropiadas. Escalas cualitativas. |
| • Ser de fácil recolección y uso y confiables.                                                            |
| • No ser sesgados (ser independientes del observador o recolector)                                        |
| • Ser sencillos de interpretar y no ambiguos.                                                             |
| • Brindar la posibilidad de determinar valores umbrales.                                                  |
| • Ser robustos e integradores (brindar y sintetizar buena información).                                   |
| • De características universales, pero adaptados a cada condición en particular.                          |

Las dos primeras ya han sido analizadas. Otra característica deseable es que los indicadores sean sensibles a un amplio rango de condiciones y a los cambios en el tiempo. La textura del suelo, aunque importante, no sería un buen indicador, pues generalmente no presenta variaciones en el tiempo. La estructura, o la materia orgánica, en cambio, sí resultan buenos indicadores, porque se modifican en un plazo relativamente corto con diferentes prácticas de manejo. Por otro lado, los indicadores no deben tener gran variabilidad natural en el corto plazo, es decir, no deben tener grandes fluctuaciones durante período de análisis (i.e. humedad del suelo o el nivel de nitratos). Una característica siempre deseable es que los indicadores sean de fácil recolección y uso, aunque esto no siempre es posible.

La independencia del observador en la determinación del valor del indicador, es otro aspecto importante a tener en cuenta. Hay que evitar utilizar indicadores demasiado ambiguos, como, por ejemplo buena o mala cosecha, alto o bajo rendimiento. Lo que para un observador puede ser malo para otro puede no serlo tanto. Por otra parte, la interpretación de los mismos debe ser sencilla, es decir que la lectura del valor en que se expresa nos indique rápidamente una idea de lo que está pasando. En algunos casos, alguna variable biológica puede ser importante (índice de diversidad de Shannon), pero su correcta interpretación puede ser compleja o requerir la opinión de un experto.

Uno de los aspectos deseables, aunque no siempre posible, es establecer valores umbrales; es decir, un valor por debajo del cual la sustentabilidad del sistema evaluado se verá seriamente comprometida. Aunque este valor no deja de tener cierto grado de subjetividad, constituye una gran ayuda para la interpretación de los resultados. Un ejemplo de aplicación de umbrales, puede encontrarse en los trabajos de Gómez *et al.* (1996) y Sarandón *et al.* (2006).

## 7. Estandarización y ponderación de los indicadores

### 7.1. Estandarización:

Debido a las múltiples dimensiones de la sustentabilidad, los indicadores se expresan en unidades diferentes, en función de la variable que se quiera cuantificar (ecológica, económica, sociocultural). Habrá indicadores que se expresen en unidades de peso, longitud, área, número (insectos, plantas), actitudes de los productores, ganancia económica, etc. Esto, como es evidente, dificulta enormemente la interpretación de los resultados.

Aunque existen varias propuestas para superar este inconveniente, consideramos que la más sencilla es la construcción de escalas, por ejemplo de 0 a 4, siendo 0 la categoría menos sustentable y 4 la más sustentable. Independientemente de las unidades originales de cada indicador, estos se convertirán y expresarán en algún valor de la escala. De esta manera, todos los indicadores se

rán directos: a mayor valor, más sustentable. Esto facilita la comparación entre diferentes sistemas e, incluso, entre sistemas similares de diferentes zonas o regiones.

Una duda que puede surgir, es cuál debe ser la amplitud de la escala a utilizar. Una escala muy amplia (por ejemplo de 0 a 10) permitirá una mayor sensibilidad de análisis, pero resulta sumamente difícil de construir y, a veces, puede resultar forzado asignar valores coherentes para todas esas categorías. Por otro lado, una escala estrecha (por ejemplo de 0 a 2) resulta más sencilla de construir, pero puede resultar poco apropiada para el objetivo que buscamos. En general, una escala con 4 y/o 5 valores es adecuada. Siguiendo con el ejemplo anterior, la cobertura vegetal podría evaluarse con una escala de 4 valores (de 0 a 3), **3**: 75 a 100 %; **2**: 50 a 74 %; **1**: 25 a 49 %; **0**: 0 a 24 % de cobertura vegetal. El máximo valor, representa la situación ecológicamente más favorable para mantener la calidad del recurso, en este caso, la estructura del suelo.

## 7.2. Ponderación de los indicadores

Otro paso fundamental, tanto para la construcción de los indicadores, como para la interpretación de los mismos, es su ponderación, la que, además, resulta inevitable. No todos los indicadores tienen el mismo valor o peso para la sustentabilidad. Hay algunos que, seguramente, serán más importantes que otros (independientemente del valor de la escala que tengan). Se debe decidir, entonces, la importancia relativa de los diferentes indicadores, subindicadores y variables que los componen. La ponderación es, en definitiva, un coeficiente por el cual se debe multiplicar, tanto el valor de los subindicadores y las variables que los forman, como los propios indicadores.

Tal vez un ejemplo sirva de ayuda. Imaginemos que evaluamos en una finca 3 indicadores (A, B y C), que tienen que ver con el recurso suelo. Los valores obtenidos de estos indicadores, en una escala de 0 a 4 son: A: 2, B: 3 y C: 4. Ahora deseamos integrar estos 3 indicadores en un único valor. ¿Cuál es este valor? Si consideramos que los 3 son igualmente importantes, podemos promediarlos, en cuyo caso obtendríamos un valor 3  $((2+3+4)/3)$ . Sin embargo, podemos considerar que la importancia relativa de los 3 indicadores no es igual, y que el indicador A es mucho más importante que los otros dos (por ejemplo 3 veces más). El valor del indicador ahora no sería 3 (el promedio), sino  $(2*3 + 3*1 + 4*1)/5 = 2,6$ , donde, el primer término, en negrita, es el valor en la escala del indicador, el segundo (que lo multiplica) es su ponderación o peso, y el denominador (5) es la suma de los valores de los factores de ponderación (en este caso:  $3+1+1$ ). El valor actual (2,6), es menor que el anterior (3) porque el indicador de mayor peso (A) es el que menor valor tenía de los 3.

Una de las dudas que surgen es cómo decidir la ponderación. Este paso es tal vez uno de los que presenta más dificultad. El peso que le otorguemos a cada indi-

cador, depende de la importancia que este tenga en el funcionamiento del sistema en cuestión. Aunque no existen normas generales para la ponderación, se pueden tener en cuenta algunos criterios. Un criterio para decidir la importancia de los indicadores es el de la reversibilidad, es decir, la posibilidad o la dificultad de volver a la situación inicial; cuanto más difícil, más importante. Esto es especialmente útil para indicadores que miden aspectos de deterioro ambiental. Según este criterio, la conservación de la vida del suelo será más importante que la fertilidad química del mismo, ya que esta última puede reponerse por medio de fertilizantes, pero no es fácil reconstruir la vida del suelo una vez perdida. Lo mismo sucede con la biodiversidad: es importante porque su pérdida o deterioro es, generalmente, irreversible.

Otro criterio que puede tenerse en cuenta es el de la dependencia. Por ejemplo, la conservación de la diversidad vegetal sería más importante que la diversidad de insectos, porque aquella es la base trófica de esta: si no hay diversidad vegetal no puede haber fauna. Finalmente, la correcta elección de los indicadores apropiados, depende de la capacidad de comprensión del funcionamiento del sistema (Sarandón 2002).

Es interesante la ponderación cuando se trabaja con agricultores. En este caso, es fundamental que ellos participen reflejando sus valores y criterios en la importancia de cada indicador tiene. De esta manera, es mucho más probable que los propios agricultores se "apropien" de esta metodología, que si les entregamos una metodología hecha exclusivamente desde el punto de vista científico. Roming *et al.* (1996) construyeron una práctica cartilla para evaluar la calidad del manejo del suelo basada en la valoración que los propios agricultores hacían de las principales variables. En otra experiencia Lefroy *et al.* (2000), sometieron los indicadores a la opinión de los agricultores, quienes debían votar la importancia relativa (muy importante, medio o de baja importancia) de cada uno de ellos. La idea de la participación de los agricultores también fue sostenida por Dalsgaard y Oficial (1997), que incluso consideraron que las categorías indígenas de clasificación de los recursos naturales cumplen un rol importante en el diseño de los muestreos y el monitoreo a campo.

Un dato a resaltar es que la importancia de los indicadores debe establecerse antes de ir al campo, y no después, ya que con la ponderación estamos señalando el rol que cumple ese indicador en la sustentabilidad del sistema a evaluar. Y esto es independiente de lo que encontremos en el campo.

## 8. Análisis de la coherencia de los indicadores con el objetivo planteado. Pertinencia

Una vez construido el conjunto de indicadores, debe analizarse si la utilización de los mismos permite cum-

plimentar los objetivos definidos en el paso 2. Puede suceder que, una vez que hemos desarrollado los indicadores, nos demos cuenta que estos son demasiado complicados o difíciles de obtener, o que requieren de una alta tecnología, lo que puede no ser compatible con los objetivos buscados, por ejemplo, para pequeños productores. En el caso de detectar un desfase entre la información que aportarán dichos indicadores y los objetivos de evaluación propuestos, deberá replantearse la elección de los mismos, retomando el método en el paso 6 (definición de categorías de análisis, descriptores e indicadores). En caso de cumplir con las condiciones, se puede seguir adelante con los próximos pasos.

### 9. Preparación para la obtención de datos a campo

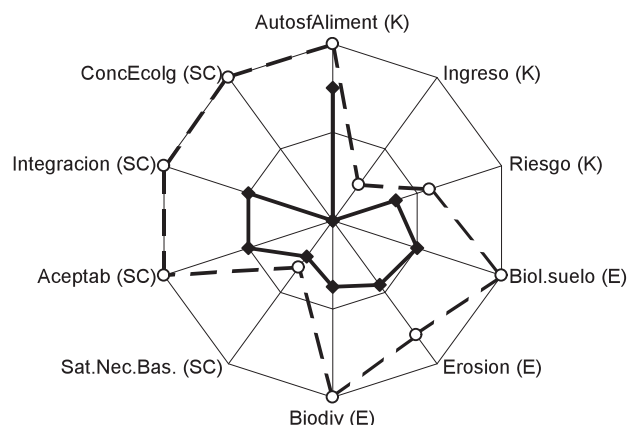
Este es un paso sencillo pero importante para elegir o construir instrumentos adecuados para la toma correcta de los datos. Aquí cabe recordar los objetivos de la evaluación, (paso 2) ya que de ellos dependerá la metodología a elegir. Cuando se quieren obtener datos derivados de preguntas a los agricultores, es importante la preparación de encuestas o entrevistas adecuadas. Según el objetivo elegido y las características del o los entrevistados, se elegirá el tipo de preguntas, el modo y duración de la entrevista, si se hará en forma individual o colectiva. En este punto, la formación de un equipo interdisciplinario que incluya sociólogos o antropólogos puede ser muy importante.

### 10. Toma de datos

La información necesaria para la construcción de los indicadores es muy variada, depende de innumerables factores y objetivos, disponibilidad de recursos, objetivos planteados, y de la escala temporal y espacial adoptada. Dicha información puede obtenerse mediante encuestas o entrevistas, por relevamiento de datos a campo y/o análisis de laboratorio, o por recopilación y análisis bibliográfico.

### 11. Análisis y presentación de los resultados

Una vez recabados los datos, y contruidos los indicadores, los resultados deben ser expresados de manera sencilla y clara. Una forma de hacer esto es representándolos en un gráfico tipo tela de araña, radar, ameba o cometa, usado por varios autores (Astier *et al.* 2002, Gómez *et al.* 1996, Sarandón 2002, Bockstaller *et al.* 1997, Flores y Sarandón 2004, Sarandón *et al.* 2006 a y b, Abbona *et al.* 2007a). En este diagrama se representan los valores de los indicadores obtenidos y se comparan con una situación ideal. Esto permite detectar los puntos críticos de cada sistema, al dar una idea de la distancia entre la situación ideal y la actual. A su vez, sintetiza numerosa información importante y permite una visión general,



**Figura 3:** Representación gráfica de los indicadores de sustentabilidad en dos fincas de la provincia de Misiones, Argentina. Los límites exteriores representan el valor ideal de sustentabilidad y el intermedio el valor umbral. Línea punteada: finca 1, línea llena: finca 2. Entre paréntesis figura la dimensión de los indicadores: económicos (K), ecológicos (E) y socioculturales (SC). (Sarandón *et al.* 2006).

global, u holística del problema. La figura 3, muestra, en forma de esta figura, un conjunto de indicadores desarrollados para la comparación de fincas de pequeños agricultores en la Provincia de Misiones, Argentina (Sarandón *et al.* 2006). Sin embargo, si queremos comparar muchas fincas, no conviene utilizar este diagrama porque la superposición de tantas líneas lo haría poco útil. En este caso, es necesario sintetizar aún más la información hasta obtener un solo valor o índice de sustentabilidad relacionando todos los indicadores entre sí, considerando la importancia relativa de cada uno de ellos (ponderación) o su contribución a la sustentabilidad, para construir un supra valor o índice de sustentabilidad (Sarandón 2002).

### 12. Determinación de los puntos críticos a la sustentabilidad

Este es el objetivo de la metodología y, por lo tanto, el resultado buscado de todos los pasos anteriores. Si está bien hecho, el análisis de los indicadores permitirá detectar aquellos puntos críticos del manejo del sistema que atentan o comprometen la sustentabilidad. Esto se aprecia como la diferencia entre el valor ideal y el valor real obtenido. La distancia entre ambos (ver figura 3) es una medida de la insustentabilidad. Por ejemplo, en esta figura, la finca 2, representada con líneas punteadas, presenta varios indicadores con valores cercanos al óptimo (borde exterior de la figura). Por lo tanto, es más sustentable que la 1 (línea llena). A su vez, en la finca 2, se observa claramente que los puntos críticos (más alejados del borde) son los indicadores de satisfacción de necesidades básicas (Sat.Nec.Bas.) que pertenece a la dimensión sociocultural (SC) y el nivel de ingreso que pertenece a la dimensión económica (K). Muchas veces,

como en este caso, el contar con valores umbrales previamente definidos (anillo interior de la figura) facilita la interpretación de los resultados. Por otra parte, si los indicadores están bien contruidos, nos brindarán información valiosa acerca de las causas que originan estos problemas con el fin de promover el avance hacia la sustentabilidad.

### 13. Replanteo de los indicadores

Muchas veces, es necesario replantearse si los indicadores elegidos, o la metodología empleada, fue la correcta. Si existen dudas acerca de los resultados, o si se considera que la metodología no estuvo adecuada a los objetivos, o que los resultados son muy diferentes de lo esperado, entonces conviene ir al paso 6 y comenzar de nuevo el desarrollo de indicadores. Si, por el contrario, los resultados son convincentes y racionales, se puede pasar al paso 14

### 14. Propuestas de corrección y /o monitoreo

A partir del diagnóstico efectuado, se pueden proponer medidas correctivas de estos puntos críticos y efectuar un monitoreo de los mismos en el tiempo. Para ello es necesario elaborar un conjunto de indicadores para el monitoreo en el tiempo, que permitan realizar un seguimiento de la evolución de aquellos aspectos detectados como críticos para la sustentabilidad del sistema analizado. Para ello, ahora con otros objetivos, se debe comenzar de nuevo la serie de pasos a partir del punto 2. En este sentido, el método MESMIS (Astier *et al.* 2002), constituye una buena metodología, para comparar la sustentabilidad de innovaciones de un sistema en el tiempo.

### Alcances y limitaciones de la metodología propuesta

El uso de indicadores sencillos y prácticos, es vital para proveer a los técnicos, productores, y políticos, de información confiable y comprensible de los impactos y costos de la incorporación de diferentes paquetes tecnológicos. La metodología desarrollada puede ser una herramienta adecuada para evaluar los puntos críticos a la sustentabilidad del manejo de agroecosistemas, lo que significa un avance importante en la concreción del objetivo de hacer operativo y medible el concepto de sustentabilidad. Permite la transformación de aspectos complejos en valores claros, sencillos, objetivos y generales que conducen a la posibilidad de evaluar el impacto que las prácticas de manejo tienen sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas. Esto es posible, siempre y cuando los indicadores sean deducidos correctamente de la definición de sustentabilidad y de sus requisitos. La estandarización y ponderación, permite transformar las distintas unidades en que se expresan las diferentes variables, en valores comparables entre sí, permitiendo

la integración de los indicadores y, de esta manera, detectar, en forma sencilla y global, aquellos puntos críticos a la sustentabilidad del sistema. Es una metodología sencilla y flexible, ya que permite desarrollar indicadores para diferentes situaciones o problemáticas, tanto a escala regional como de finca.

Sin embargo, la metodología desarrollada, presenta una serie de limitaciones que deben ser tenidas en cuenta para su utilización y la posterior interpretación de los resultados obtenidos. En primer lugar, si bien los pasos metodológicos tienen carácter universal y pueden ser utilizados para la evaluación de cualquier sistema de producción, y para cualquier escala de análisis, los indicadores deben ser desarrollados para la evaluación de determinadas prácticas de manejo en un determinado sistema, de una región dada. No hay un conjunto de indicadores preestablecidos, listos para usar. Lo que es válido para una región o problema, puede no serlo para otra.

Una segunda limitación es que los resultados alcanzados sólo serán coherentes con los objetivos de sustentabilidad planteados y, por lo tanto, con los indicadores escogidos para medir el cumplimiento de dichos objetivos. En consecuencia, si el marco conceptual es diferente, o los objetivos perseguidos son otros, la metodología deberá ser readecuada en función de los nuevos objetivos.

La estandarización y ponderación, aunque facilita enormemente el análisis, tiene un alto componente de subjetividad, por lo que puede estar sujeta a controversias. Sin embargo, esta subjetividad es inevitable ya que depende de la capacidad de entender la función de cada componente sobre la sustentabilidad del sistema en cuestión (Sarandón 2002) tarea que, en muchos casos, es dificultosa por falencias o carencias en la información disponible. El proceso de desarrollar y ponderar los indicadores es muchas veces interesante porque detecta falencias relacionadas con la falta de información científica, lagunas en la información existente o baja calidad en la información disponible.

A pesar de las limitaciones detalladas, creemos que la metodología desarrollada permite detectar, en forma clara y sencilla, los principales problemas para alcanzar una mayor sustentabilidad en agroecosistemas.

Por último, está claro que esta metodología de análisis hace hincapié o está basada en un abordaje holístico de la problemática. Esto no significa que el análisis deba restringirse, necesariamente, sólo a las apreciaciones generales del problema. La profundización de aquellos aspectos que aparezcan como críticos, es un paso sucesivo que puede continuarse o emprenderse con la profundidad y nivel de análisis que se desee. Lo que esta metodología permite es clarificar cuales son, justamente, aquellos aspectos que merecen un análisis más detallado.

### Agradecimientos

A Esteban Abbona, la lectura crítica del manuscrito.



## Referencias

- Abbona E, Sarandón SJ, Marasas ME. 2006. Aplicación del enfoque sistémico para la comparación de dos agroecosistemas (viñedos) en Berisso, Argentina, *Revista Brasileira de Agroecología* 1(1): 1433-1436.
- Abbona EA, Sarandón SJ, Marasas ME, Astier M. 2007a. Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119 (3-4): 335-345.
- Abbona E, Sarandón SJ, Marasas M. 2007b. Los viñateros de Berisso y el manejo ecológico de los nutrientes. *LEISA* 22: 13-15.
- Astier M, López Ridaura S, Pérez Agis E, Masera OR. 2002. El Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) y su aplicación en un sistema agrícola campesino en la región Purhepecha, México. En *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable* (Sarandón SJ, ed). Ediciones Científicas Americanas: 415-430 pp.
- Bejarano Avila A. 1998. Un Marco Institucional para la gestión del medio ambiente y para la sostenibilidad agrícola en Agricultura, Medio Ambiente y Pobreza Rural en América Latina. IFPRI-BID, Washington DC.
- Bockstaller C, Girardin P, van der Werf HMG. 1997. Use of agroecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy* 7: 261-270.
- Cabeza Gutés M. 1996. The concept of weak sustainability. *Ecological Economics* 17: 147-156.
- Costanza R, Daly HE. 1992. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology* 6:37-46.
- Dalsgaard JP, Oficial RT. 1997. A quantitative approach for assessing the productive performance and ecological contributions of smallholders farms. *Agricultural System* 55(4): 503-533.
- de Camino R, Müller S. 1993. Sostenibilidad de la Agricultura y los Recursos Naturales. Bases para establecer indicadores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Serie de Documentos de Programas pp 133.
- Evia G, Sarandón SJ. 2002. Aplicación del método multicriterio para valorar la sustentabilidad de diferentes alternativas productivas en los humedales de la Laguna Merín, Uruguay. En *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable* (Sarandón SJ, ed.). Ediciones Científicas Americanas: 431-448.
- Flores CC, Sarandón SJ. 2004. Limitations of the economic neo-classical analysis to evaluate the sustainability of agricultural systems. An example comparing organic and conventional horticultural systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 24 (2): 77-91.
- Flores CC, Sarandón SJ. 2006. Desarrollo de indicadores para la evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas a escala regional. *Revista Brasileira de Agroecología* 1(1): 353-356.
- Flores CC, Sarandón SJ, Vicente L. 2007. Evaluación de la sustentabilidad en sistemas horticolas familiares del partido de La Plata, Argentina, a través del uso de indicadores. *Revista Brasileira de Agroecología* 2(1): 180-184.
- Gliessman SR. 2001. *Agroecología: Processos ecológicos em agricultura sustentable*. Segunda edición. Editorial Universidade/ UFRGS. Porto Alegre, Brasil.
- Gómez AA, Swete Kelly DE, Syers JK, Coughlan KJ. 1996. Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. *Methods for assessing soil quality*, SSSA Special Publication 49: 401-410. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Harte MJ. 1995. Ecology, sustainability, and environment as capital. *Ecological Economics* 15: 157-164.
- Imbach A, Dudley E, Ortiz N, Sánchez H. 1997. Mapeo analítico, reflexivo y participativo de la sostenibilidad (MARPS) Unión Mundial para la naturaleza (UICN). Programa de estrategias para la sostenibilidad. Serie herramientas y capacitación.
- Izac AMN, Swift MJ. 1994. On agricultural sustainability and its measurement in small -scale farming in sub-Saharan Africa. *Ecological Economics* 11:105-125.
- Kaufmann RH, Cleveland CJ. 1995. Measuring sustainability: needed-and interdisciplinary approach to an interdisciplinary concept. *Ecological Economics* 15:109-112.
- Lefroy RDB, Bechstedt HD, Rais M. 2000. Indicators for sustainable land management based on farmer surveys in Vietnam, Indonesia, and Thailand. *Agriculture Ecosystem & Environment* 81: 137-146.
- Pacini C, Wossink A, Giesen G, Vazzana C, Huirne R. 2003. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95: 273-288.
- Pearce D, Atkinson G. 1993. Capital theory and measurements of sustainable development: an indicator of "weak" sustainability. *Ecological Economics* 8(2): 103-108
- Roming D, Jason Garlynd M, Harris R. 1996. Farmer-based assessment of soil quality: a soil health scorecard. En *Methods for Assessing Soil Quality* (Doran JW, Jones AJ, eds). SSSA Special Publication N 49. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Sarandón SJ. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosis-

- temas. In: Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable (Sarandón SJ, ed). Ediciones Científicas Americanas: 393-414
- Sarandón SJ, Marasas ME, Dipietro F, Belaus A, Muiño W, Oscanes E. 2006a. Evaluación de la sustentabilidad del manejo de suelos en agroecosistemas de la provincia de La Pampa, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista Brasileira de Agroecología* 1(1): 497-500.
- Sarandón SJ, Zuluaga MS, Cieza R, Gómez C, Janjetic L, Negrete E. 2006b. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista Agroecología* 1: 19-28.
- Sepúlveda S, Chavarría H, Castro A, Rojas P, Picado E, Bolaños D. 2002. Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales, IICA.
- Smyth AJ, Dumanski J. 1995. A framework for evaluating sustainable land management. *Canadian Journal Soil Science* 75:401-406.
- Tellarini V, Caporali F. 2000. An input/output methodology to evaluate farms as sustainable agroecosystems: an application of indicators to farms in central Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 77: 111-123.
- Torquebiau E. 1992. ¿Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:189-207.
- Van der Werf HMG, Petit J. 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93: 131-145.
- Viglizzo EF, Pordomingo AJ, Castro MG, Lertora FA. 2003. Environmental assessment of agriculture at a Regional scale in the pampas of Argentina. *Environmental monitoring and assessment* 87: 169-195.
- Viglizzo EF, Frank F, Bernardos J, De Buschiazso, Cabo S. 2006. A Rapid Method For Assessing the Environmental Performance of Commercial Farms in the Pampas of Argentina *Environmental Monitoring And Assessment* 117: 109-134.
- Winograd M, Eade J, Farrow A. 1998. Atlas de Indicadores ambientales y de sustentabilidad para América Latina y el Caribe. Convenio CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.



# **POLICULTIVOS DE LA MENTE. ENSEÑANZAS DEL CAMPELINADO Y DE LA AGROECOLOGÍA PARA LA EDUCACIÓN EN LA SUSTENTABILIDAD**

**Alejandro Rojas W**

*Universidad de British Columbia, Vancouver, Canadá. Facultad de Sistemas de la Tierra y la Alimentación. Programa de Agroecología, University of British Columbia, 2357 Main Mall, Vancouver, BC V6T 1Z4. E-mail: arojas@interchange.ubc.ca.*

## **Resumen**

Este ensayo presenta una reflexión acerca de posibles enseñanzas para la educación sobre la sustentabilidad y seguridad alimentaria que se pueden obtener de los “policultivos de la mente” que conforman la mentalidad del campesinado, profundamente diferente en comparación con el “monocultivo de la mente” que estimula la ciencia agrícola industrial. El énfasis del artículo se ubica en la naturaleza de las experiencias cognitivas que permiten al campesinado adquirir una sensibilidad ecológica que guía sus prácticas de agricultura sustentable. Se aborda aquí la compleja relación que existe entre la ciencia y el conocimiento campesino tradicional, un conocimiento experiencial y enraizado en la localidad, cuya observación sistemática contribuyó decisivamente a la formación de la agroecología, que a su vez, ha hecho posible una traducción cultural entre ciencia y conocimiento campesino. Desde su surgimiento en América Latina la agroecología se ha constituido en una corriente de conocimiento científico que aborda los temas claves que plantea la actual crisis de falta de sustentabilidad de la agricultura y del sistema alimentario mundial.

**Palabras clave:** Policultivos de la mente, educación agroecológica, agricultura sostenible.

## **Summary**

### **Polycultures of the mind**

This essay presents a reflection about possible lessons for sustainability education that can be obtained from the “polycultures of mind” which shape the peasant mentality, profoundly different from the “monocultures of the mind” encouraged by industrial agricultural sciences. The emphasis of the paper is placed on the type of cognitive experiences that allow peasants to acquire experientially an ecological sensitivity that guides their practices of sustainable agriculture. The essay also addresses the complex relationship between science and traditional peasant knowledge, an experiential knowledge rooted in place. The systematic observation of the latter contributed decisively to the formation of agroecology, a scientific stream that addresses the key issues raised by the crisis of unsustainability of modern industrial agriculture and the global food system associated with it.

**Key words:** Polycultures of the mind, Agroecological education, sustainable agriculture.

## **Introducción y definición del problema**

La alimentación es un escenario esencial para la educación acerca del medio ambiente y la sustentabilidad, puesto que es la expresión cumbre del desequilibrio que afecta a la humanidad en su relación con la naturaleza. La seguridad alimentaria, que se define aquí como el atributo principal de un sistema alimentario que produce comida a precios razonables, de manera ecológicamente sustentable, sana y accesible para todos, se ha convertido en una preocupación principal a escala mundial. Aproximadamente cuatro mil millones de los seis mil millones de habitantes del planeta se ven afectados por la “malnutrición”, de los cuales dos mil

millones se encuentran subalimentados y ochocientos millones sufren de hambre crónica, mientras que otros dos mil millones están sobrealimentados. (Nestle 2002, FAO, 2008). Los expertos en nutrición subrayan alarmados el crecimiento ininterrumpido y contradictorio del hambre crónica y la obesidad, ambas muestras de desnutrición que afectan a grupos de todas las edades (Lang y Heasman 2004, Beydoun y Wang 2007, Bessesen 2008, Wang 2001). Además, la conexión entre los seres humanos y sus fuentes de la alimentación ha sido fracturada por las tensiones del sistema alimentario industrializado, que ha consecuentemente distanciado, física y psicológicamente, a la gente del origen de la comida y por lo tanto del medio ambiente en que vivimos.

A esta situación es necesario agregar los impactos sobre el medio ambiente de las crecientes demandas de agua y energía, emisiones crecientes de gases de invernadero y los impactos negativos sobre los sistemas tradicionales de producción de alimentos que están llegando a ser insostenibles, lo que pone en tela de juicio la viabilidad del monocultivo de la agricultura industrializada.

El cambio climático global afecta todos los aspectos de la producción de alimentos, desde las aguas y los suelos hasta la biodiversidad y obligará a tomar decisiones fundamentales acerca del futuro (IPCC 2007, Brown 2004, Lang y Heasman 2004). Aumento inusuales de temperaturas y severas fluctuaciones como sequías, inundaciones y tempestades poco comunes afectan negativamente los ecosistemas esenciales y por lo tanto se extienden a sistemas alimentarios de enteras regiones. Incluso aquellos sistemas más autosuficientes se verían debilitados si sus vínculos con otros sistemas muestran vulnerabilidad, lo que dificulta la intervención en situaciones críticas de emergencia. Sabemos que la agricultura es la industria más sedienta del planeta consumiendo 72% del agua dulce disponible para usos humanos en momentos en que la ONU señala que un 80% de las existencias de agua es sobre explotada (The Ecologist 2008).

La evidencia acerca de la productividad del policultivo de pequeña escala en la agricultura campesina es convincente y ha ido ganando credibilidad gracias al trabajo de agroecólogos, ecólogos y etnólogos que prestan particular atención y reconocen la contribución legada a la producción agrícola sustentable por la históricamente menospreciada reserva de conocimiento atesorada por los campesinos. Irónicamente, contemplamos ahora la posible desaparición del campesinado, que con toda su heterogeneidad estructural, geográfica, cultural, histórica y ecológica, ha encarnado una manera de vivir, un criterio de colaboración con la tierra y una verdadera riqueza de conocimientos consistente con los principios centrales de la ecología, clave para la materialización de los modelos de cultivo del futuro: la estabilidad en la producción local y diversificada de alimentos con impacto mínimo en el medio ambiente, emisión leve de gases de efecto invernadero, reduciendo el kilometraje en la distribución y reintegración plena de los desechos del ciclo productor. ¿Que es lo que saben los campesinos? ¿Y como es que han llegado a saber lo que saben? ¿Que experiencia colectiva permite al campesino entender aquellos procesos ecológicos que la educación moderna en las ciencias de la agricultura ignora u obscureció? ¿Como obtienen este conocimiento? ¿Cuales son las fuentes de dicho conocimiento que se ha transmitido a través de generaciones? ¿Cuales son sus limitaciones y fortalezas?

### **El campesinado y la agricultura campesina en América Latina**

Los análisis académicos de la significación y estructura del trabajo rural presenta un cuadro complejo acerca de la

situación del campesinado en América Latina, lo que hace difícil hacer generalizaciones sólidas (Kay 2000, Barraclough 1974). *Sin embargo, lo que se mantiene como un hecho bien establecido es el papel crítico del campesinado como proveedor de alimentos básicos a través del continente.*

A pesar del incremento del uso de la tierra en todo el mundo para la producción de productos de exportación, biocombustibles y soja como alimentación ganadera, el campesinado continua proveyendo la mayor parte de los alimentos básicos que sostienen a la población mundial. La situación en América Latina confirma el rol del campesinado como proveedores esenciales de seguridad alimentaria. 17 millones de pequeñas unidades productivas de un tamaño promedio de 1.8 hectáreas, ocupando solo el 34% del total de la tierra cultivada (60,5 millones de hectáreas) produce 51% del maíz, 77% de los frijoles y 61% de las papas de consumo domestico (Altieri 2008)

### **El conocimiento campesino y el surgimiento de la Agroecología en América Latina**

Un principio organizador esencial en el enfoque campesino ante la producción es el mantenimiento de un *conjunto de estrategias orientadas hacia la reproducción de la diversidad de la vida*. A la vez, los campesinos enfrentan barreras estructurales que mantienen su producción confinada en unidades pequeñas. Comparativamente hablando, un pequeño trozo de tierra de unas pocas hectáreas dedicadas a la agricultura campesina contendrá típicamente más variedades de vida que miles de hectáreas dedicadas a la producción de monocultivos. El campesino trabaja con esta diversidad de vida y el objetivo central de su sistema de producción es la utilización de lo que encuentra naturalmente en el ecosistema que habita.

Si uno viaja a través de las áreas campesinas en América Latina, se encuentra con que todavía la familia campesina promedio, de cuatro o seis miembros, vive entre una y dos hectáreas de tierra. Se encontrará (con algunas variaciones) con: a) una casa relativamente humilde, construida con materiales locales (adobe, paja de pastizales locales, ramas de árboles o madera local; b) una parcela trabajada en policultivo, conteniendo varias combinaciones de plantas que el campesino sabe que se complementan y co-existen simbióticamente (una palabra tal vez desconocida para el campesino, que usa otras).

A través de los Andes uno se encontrará con combinaciones de frijoles, zapallo y maíz; papas, yuca, hortalizas, legumbres muy variadas. La producción de esta variedad de alimentos esta frecuentemente articulada entre productores a distintas alturas de los Andes y a través de redes que vinculan varias comunidades en un sistema regional, integrado por prácticas culturales compartidas que a su vez le dan sentido a relaciones económicas que se entremezclan con las practicas rituales que las regulan. Si están en áreas donde crecen árboles frutales, habrá siempre frutos para el

consumo domestico; c) La parcela habrá sido “arrendada” a un dueño de una extensión mayor de tierra a cambio de trabajo en la propiedad del terrateniente o compartiendo productos y algún tipo de arreglo con el propietario ausente, combinado con un conjunto de otros arreglos, incluyendo cooperativas que han sobrevivido desde los tiempos de la reforma agraria y parcelas campesinas de propiedad familiar o individual; d) Habrá varios animales domésticos, incluyendo gallinas, patos, pavos, uno o dos cerdos, o dependiendo de la altitud, una o dos llamas, una vaca o una cabra, un par de ovejas tal vez, conejos o cuyes, perros y gatos e) Habrá multitudes de insectos (y producción de apicultura), pájaros, mariposas y el suelo será rico en materia orgánica y minerales, y gusanos de distintos tipos, un indicador elocuente de la salud del suelo. Será un lugar plétórico de vida, incluyendo el tipo de vida que puede incomodar y hacer peligrar a humanos y animales domésticos, tales como mosquitos, moscas, culebras, roedores, animales salvajes e insectos venenosos. Habrá una pequeña base de tierra, trabajada por el campesino y su familia, rodeado de una aldea, villorrio o pueblo donde habita una comunidad donde la gente se conoce y que viven en una densa red de apoyo mutuo (“hoy por mi mañana por ti”), aunque nunca libre de conflictos.

Para sobrevivir, los campesinos requieren de un conocimiento detallado y profundo de su ecosistema. Están enraizados en sus lugares físicos, lo que los equipa con un tipo de conocimiento involucrado y participativo, en vez del conocimiento desarraigado y remoto que muchas veces resulta de la práctica científica de la agricultura industrial. Valorizan positivamente las experiencias personales y las creencias como recursos de conocimiento en vez verlas como un obstáculo para entender el mundo. Se trata de un conocimiento local que se centra en los intereses de la comunidad local y su meta es producir alimentos tras el logro de la interdependencia de las comunidades locales a través de formas de ayuda mutua, buscando la soberanía alimentaria y la estabilidad en el largo plazo.

El conocimiento campesino es también experimental y se basa siempre en las experiencias compartidas de aquello que generaciones tras generaciones han probado y demostrado tener resultados deseables. Sin embargo, los experimentos que los campesinos llevan a la práctica son experimentos *in situ* (tienen lugar en su contexto natural), *no in vitro*, como en el caso de los experimentos científicos estandarizados. Estos últimos buscan explícita y sistemáticamente controlar el ambiente con el objeto de identificar la causa eficiente de un efecto específico que se investiga. El experimento campesino en cambio, por necesidad debe ser mas abierto y evoluciona por medio de sucesivos ensayos y errores, frecuentemente incluyendo varios efectos simultáneamente.

De este modo, la comparación del conocimiento científico occidental con el conocimiento campesino local y experiencial muestra diferencias profundas. La ciencia nació y ha evolucionado principalmente a través de la búsqueda de

la universalidad, esto es, la búsqueda de generalizaciones acerca de fenómenos. Por ello, el conocimiento científico busca regularidades y uniformidades detrás de fenómenos que puedan ser replicados bajo condiciones controladas y sus hallazgos constituyen el gran legado de la ciencia occidental. En cambio, el conocimiento tradicional campesino tiende a ser específico para la localidad que lo genera y esta enraizado en el lugar, y busca singularidades sin la pretensión de tener validez mas allá del lugar donde ha evolucionado, informado por el ecosistema que lo rodea. Así, ambos sistemas de conocimiento iluminan aspectos diferentes de la realidad (y la construyen de un modo diferente) y tienen sus demandas, fortalezas y debilidades específicas.

La pregunta clave es: ¿es la integración y traducción entre estas formas de conocimiento posible y deseable? Como veremos, la respuesta de la agroecología es afirmativa.

### **Policultivos y monocultivos de la mente**

En un celebrado ensayo acerca de la eficacia del conocimiento campesino escrito hace algunos años, Vandana Shiva propuso el concepto de “monocultivos de la mente” (Shiva 1993). Este concepto buscaba mostrar como el diseño y uso del territorio rural refleja una mentalidad y proporciona un espejo que retroalimenta la conciencia humana. Shiva llamó “monocultivos de la mente” al proyecto cultural específico del Norte y su modo subyacente y dominante de investigar y configurar la realidad. Se refiere al modo de mirar, de entender y de dar significado que formaría el conocimiento que conduciría a un sistema agrícola y de producción de alimentos guiados por las necesidades del monocultivo, entendido como la máxima expresión de eficiencia económica. Este modo de mirar, entender y de diseñar fue clave para desplazar la herencia de miles de años de producción alimentaria campesina y de manejo forestal y ganadero ecológicamente sustentables. El proceso de acelerada innovación tecnológica para el control de la tierra produjo una gran cantidad de un tipo particular de alimentos que terminarían amenazando tanto la salud de la gente como la de los ecosistemas que los sustentaban.

La esperanza originaria se basaba en la convicción de que el conocimiento científico y el ingenio tecnológico podrían remover cualquier barrera y que vendría el día en que los seres humanos vivirían en un mundo en el que los bienes materiales fluirían en una abundancia tal, que el ámbito de la necesidad sería trascendido por el ámbito de la libertad. Este ideal, hijo de la revolución industrial, fue compartido hasta hace poco por la derecha, el centro y la izquierda del espectro ideológico. Felicidad y libertad fueron así vistas como sinónimo de acceso ilimitado a lo material.

No es necesario que revisitemos aquí el impresionante cuerpo de conocimiento acumulado y la evidencia que demuestra que el monocultivo ha fracasado, a pesar de los crecientes volúmenes de alimentos producidos, en todos los aspectos mas fundamentales de la

sustentabilidad, incluida la seguridad y soberanía alimentaria (Pimentel y Pimentel 1990a, Pengue 2007, Altieri 1995, 1987, Gliessman 2006, Pretty 2002, 1995, Lang y Heasman 2004). Mi propósito es más bien reflexionar aquí acerca de las consecuencias educacionales de esa representación (el monocultivo de la mente) de la unidad de intelecto y la naturaleza, esto es, la ecología de la mente acerca de la cual escribía G. Bateson (Bateson 2000, 1980, Anderson 1996, De Souza 2007).

Shiva escribe y habla también acerca de la desaparición del conocimiento local (paralelamente a la pérdida de biodiversidad resultante de los monocultivos), hecho desaparecer en primer lugar, simplemente al no verlo y al negar su existencia. A través de la negación "del otro" (los sistemas de conocimiento enraizados en un lugar), el modelo dominante y expansionista se presenta a sí mismo como lo universalmente válido (como "la naturaleza humana"). Lo cierto afirma Shiva, es que se trata de un sistema de conocimiento que no es universal en ningún sentido epistemológico. Es simplemente la versión globalizada de una tradición local e idiosincrásica. Emergiendo de la cultura colonizadora y dominante, los sistemas de conocimiento moderno son también colonizadores (Shiva 1993). Y, si el conocimiento local llega a aparecer a través de la visión globalizante, "se lo hace desaparecer a través de negarle el status de conocimiento sistemático y a través de asignarle adjetivos tales como "primitivo" y "no científico." Así, consecuentemente, el sistema occidental es asumido como el único "científico" y universal" (Ibd.).

Shiva sostiene que el sistema que se reclama como universalmente válido, es el resultado de un sistema socio-cultural expansionista. "El positivismo, el verificacionismo, el falsificacionismo se basan en la premisa de que a diferencia de las visiones tradicionales asentadas en un lugar determinado, que son socialmente construidas, el conocimiento científico moderno se pensó asimismo como si fuera libre de determinaciones sociales" (ibid.) y avanza apoyando y apoyado por el poderío material, militar y comunicativo de potencias coloniales e imperiales portadoras de la revolución industrial.

La metáfora del monocultivo de la mente explica como un sistema de conocimiento que auto-proclama su superioridad (monocultivo de la mente) carece de los mecanismos internos de control que las explicaciones alternativas de la realidad pueden proporcionar, del mismo modo como la supresión por medio de pesticidas y fertilizantes químicos, de la diversidad de organismos vivos en un ecosistema, impide a esos organismos prestar sus servicios ecológicos requeridos para la estabilidad misma del sistema productivo.

Paradójicamente, seducida por la elocuencia de su propia crítica del discurso hegemónico que tan bien describe, Shiva se olvida del hecho clave que el conocimiento científico occidental no es monolítico, y que nunca lo ha sido. A pesar de que los rasgos básicos de su argumento son fundamentalmente adecuados, lo

que desaparece y se marginaliza en su propia narrativa son las corrientes de pensamiento que han criticado la concepción dominantes de la ciencia occidental desde el propio interior del conocimiento científico, comenzando por la crítica al positivismo, al materialismo y mecanicismo, articulada por muchos científicos y filósofos de la ciencia y del conocimiento (Whitehead 1925, 1933, Bateson 2000, 1980, Mumford 1967, Kuhn 1970, Berger y Luckman 1966, Adorno *et al.* 1973) y que a su vez reproducen debates que vienen desde los inicios mismos de la filosofía occidental (Fernández de Amesto 1998).

Sin embargo, el gran mérito del trabajo de Shiva, como el de muchos otros investigadores y pensadores occidentales, reside en el valor y significación que le atribuye al conocimiento enraizado en un lugar y en un ecosistema determinado (Worster 1994) y los aprendizajes que se pueden derivar de sistemas de conocimiento que en todas partes han conducido (aunque sea parcialmente) a formas de vida sustentable. Así, su argumentación subraya la inseparabilidad y el efecto recíproco de la diversidad cultural y la diversidad biológica, la unidad de la mente y la naturaleza que constituye la ecología de la mente que propone Bateson.

En oposición al monocultivo de la mente, que domina la producción del conocimiento occidental, propongo denominar como *"policultivos de la mente" a un estilo de conocimiento que intenta reproducir y asimilar la complejidad e incertidumbre de la vida, acompañado de procesos de aprendizaje que inspiren la apertura de la mente individual y colectiva de una comunidad de aprendizaje a través de objetivos viables y tangibles.* Hemos denominado esta aproximación 'Aprendizaje con la vida' (Rojas 2009, Rojas *et al.* 2007, 2006).

Esta es también, la esencia del proyecto agroecológico: Será en el intento repetido y sistemático por replicar la complejidad, diversidad y resiliencia del mundo natural en los sistemas de producción y de vida, es que podremos encontrar los caminos hacia la adaptación cultural frente a los grandes desafíos que la urgencia de la sustentabilidad de la sociedad nos presenta.

### **El campesino como portador de los policultivos de la mente**

El cuadro que emerge de esta narrativa del campesino como descubridor ecológico es bastante familiar entre los agroecólogos y antropólogos. Sabemos ahora que son gente "enraizada" como los etno-ecólogos o antropólogos-ecólogos les describen (Murra 1984, 1970, Bastien 1985, Orrego 1985, Toledo 1992, Toledo y Barrera-Bassols 2008, Altieri 1995, Pretty 2002, 1995, Gliessman 2006, Moran 2000), es decir, que se identifican en sus vidas y prácticas productivas con el tejido de la vida que los rodea. Este es un tema que surge consistentemente en las narrativas que describen la vida de los campesinos indígenas (Worster 1994, Moran 2000, Toledo 1995, 1992, Hecht 1991, Altieri 1987, Gliessman 2006, Pretty 1995).



El mismo tema aparece repetidamente prácticamente en todas partes: la naturaleza y sus criaturas percibida como bella, misteriosa, siempre sobrepoderosa y por ello respetada, cuidada y temida. La tierra, entendida como un ser vivo, poderoso, sensible e inteligente, habitada por una plétora de seres vivos de los cuales los humanos somos solo una parte pero con la que la tierra tiene continuidades; la convicción de que todo los seres vivos están de una u otra manera emparentados y la idea de que la vida se realizara y reproducirá o no dependiendo del reconocimiento y reverencia antes esta "familia" de relaciones.

Esta noción de la tierra como ser vivo se articula a su vez en el principio de la reciprocidad generalizada ("hoy por mí, mañana por ti") y en el requerido balance de las relaciones entre seres humanos, otros seres vivos y la tierra, permeando cada aspecto de la vida cotidiana y fuertemente recreada en rituales y tabúes. De este modo, por cada cosa que se toma de la tierra, algo debe ser devuelto. Dentro de este universo valórico la pérdida de una especie (no un individuo de esa especie) es un quiebre en el balance del mundo. La vida es percibida como sagrada, pero de una manera que a menudo resulta incomprensible para aquellos que se oponen a que se maten animales, cualquiera sea la forma. El campesino alimenta y cría sus animales, los cuida y luego los mata para sus alimentos sin grandes tribulaciones. Los animales así, tienen también su vida, pero esta entrelazada con la de los seres humanos. Depredadores y depredados son parte de la naturaleza.

### **La convergencia del conocimiento campesino, la antropología y la ecología en la agroecología**

Para nuestros propósitos, son de particular interés los desarrollos obtenidos por la agroecología que intenta recrear, amplificar y reproducir a escala mayor —utilizando muchas de las herramientas de la ciencia occidental— lo que los campesinos han venido practicando durante mucho tiempo. Así, la agroecología ha surgido como una especie de traducción cultural que valida el conocimiento tradicional y explícitamente se propone aprender de él y sistematizarlo, facilitando su transmisión y amplificando sus efectos. La traducción-validación ocurre cuando los aprendizajes son presentados usando el discurso y muchos de los métodos de la ciencia occidental, de modo de que eventualmente los mensajes claves puedan ser oídos y entendido por comunidades intelectuales que de otro modo continuarían ignorando la sabiduría ecológica tradicional de los campesinos.

A pesar de la gran variedad de situaciones, los agroecólogos han venido documentando la diversidad de adaptaciones locales tienen lugar dentro de una amplia gama de similitudes.

Las comunidades involucradas en formas de producción campesina ponen el acento en la variedad de

cultivos que se plantan y cosechan para el consumo o para intercambio local. Utilizan una amplia gama de ambientes de diferentes características de suelo, temperaturas, altitudes, reciclamiento de materiales orgánicos de desecho, consiguen exitosas supresiones de plagas a través del uso de interdependencias biológicas entre animales y plantas y finalmente, el uso de recursos locales además de la energía animal y humana y un uso de tecnologías de bajo impacto ambiental.

Estos descubrimientos se mantuvieron relativamente marginales por décadas. Sin embargo, el efecto combinado de la demostración empírica de las causas antropogénicas del calentamiento global y por parte de la comunidad científica dedicada al cambio climático, a través del trabajo del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC 2007) y la actual crisis alimentaria han otorgado una nueva credibilidad, urgencia y actualidad a las soluciones de la agricultura orgánica y local y agroecológicas. Mas aún, la nueva evidencia está indicando que los agroecosistemas designados por medio de principios agroecológicos no solo proveen direcciones posibles para la transición hacia una agricultura ecológicamente sustentable, sino que esos sistemas son muy productivos y eficientes en la producción alimentaria. Una sistematización reciente de los hallazgos reportados en la literatura ofrecidos por The Ecologist (2008) y Pretty (2006). Acerca de la capacidad adaptativa de la agricultura orgánica y local ante el cambio climático véase Pretty (2008).

En un reciente estudio que probablemente hará historia, conducido para el Centro de Investigaciones sobre el Desarrollo Internacional de Canadá (IDRC) y el Banco Mundial, Jules Pretty, de la Universidad de Essex, uno de los líderes mundiales de la agroecología, revisó 286 proyectos agroecológicos en 57 países y concluyó que la evidencia tiende a demostrar que la mayor parte de los sistemas pre-industriales y granjas modernas que han aplicado enfoques agroecológicos pueden efectuar una rápida transición a formas de producción agraria sustentables y muy productivas (Pretty 2008).

Pretty encontró que los proyectos manejados con técnicas agroecológicas aumentaron la producción en un 64%, y a la vez incrementaron la fertilidad del suelo y la acumulación de materia orgánica, aumentando la retención de dióxido de carbono en el agua, la recuperación de semillas nativas y una drástica reducción en el uso de agro tóxicos y aumentos significativos del capital social: organizaciones fortalecidas a nivel local, nuevas reglas y normas para el manejo colectivo de recursos naturales y crecientes conexiones con instituciones externas responsables de políticas.

La revisión de Pretty de los proyectos agroecológicos mostró también mejoramientos del capital humano, a través de un incremento en la capacidad para experimentar y resolver problemas locales; mejoramientos en el estatus de las mujeres, en las condiciones sanitarias, en la salud y la nutrición y reversión de la emigración y mas empleo local

(Pretty 2008). Pretty concluye que esas mejoras a menudo tienen lugar a pesar de ausencia de políticas de apoyo. A pesar de que procesos sociales para la adopción a nivel local para las prácticas de agricultura sustentable están cada vez mejor establecidos y probados, las condiciones sociales, políticas e institucionales para la proliferación de estas prácticas todavía no son suficientemente entendidas, pero en varios contextos proliferaron rápidamente durante la década de 1990 a 2000 (Pretty 2008).

De este modo, el conocimiento de los campesinos ilustra en la práctica, principios ecológicos claves para una agricultura (social y ecológica, aunque no siempre económicamente) sustentable. Los campesinos sobreviven en condiciones de escasez de recursos financieros y viven frugalmente sin destruir su medio ambiente (a pesar de que muchas veces lo han hecho), generalmente, con una extremadamente pequeña base de tierra y bajo la presión del crecimiento de población.

Lo que observamos ahora es un proceso de devolución cultural que muestra que la ciencia de la agroecología está proporcionando más herramientas intelectuales que permiten amplificar la producción y el legado campesino, tradicionalmente comunicado solamente a través de narrativas locales que era muy difícil de replicar. La agroecología está contribuyendo ahora a que los movimientos campesinos en todo el mundo, considerando las grandes variaciones en la agricultura campesina, identifiquen los procesos y principios ecológicos que comparten. Estos principios claves sistematizados por la agroecología son:

- I. La integración de procesos biológicos y ecológicos tales como el flujo de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la regeneración del suelo, alelopatía, competencia, depredación y parasitismo en la producción alimentaria.
- II. El uso mínimo de recursos no renovables que pueden causar daño al medio ambiente y/o a la salud de los productores agrícolas y de los consumidores.
- III. Hacer uso productivo del conocimiento y las destrezas de los campesinos y granjeros, incrementando la confianza en ellos mismos y el reemplazo de costosos recursos externos por el capital humano.
- IV. Hacer un uso productivo de las capacidades colectivas de la gente para trabajar juntos en la solución de problemas comunes de la agricultura, tales como las plagas, el manejo de cuencas, la irrigación, el manejo de los bosques y del crédito (Pretty 2008).

La implementación de esos principios demuestra que es posible obtener la producción eficiente de comida sana, agua limpia, hábitat para la vida silvestre, secuestro de carbón, protección ante derrumbes y diluvios, recarga de aguas subterráneas, apreciación estética del territorio y un nuevo tipo de turismo agro-ecológico responsable (Pretty 2008).

El surgimiento de la Sociedad Latinoamericana de Agroecología con base ya en 20 países (SOCLA 2008), y en pleno proceso de crecimiento, se entrelaza con la creciente fortaleza de las redes de un movimiento campesino renovado en una relación de retroalimentación mutua. Las novedades son muchas pero lo más importante parece ser que se trata de un movimiento campesino-indígena que articula demandas ecológicas, de género, de solidaridad y equidad, a la vez que proclama su autonomía e integración internacional horizontal a través del uso sin complejos de las oportunidades que ofrecen el Internet, los escenarios de la democracia política y aliados internacionales interesados en documentar y apoyar experiencias de sustentabilidad local (Vía Campesina 2008, Agroecología en Acción 2008). De este modo, la articulación de las plataformas ecológicas, crearía nuevas condiciones para reunir las luchas (que históricamente se mantuvieron separadas), por la propiedad de la tierra (reivindicaciones territoriales) con la lucha por el control de los procesos productivos, es decir por la auto-dependencia económica y política por la otra. Estas convergencias le han otorgado al movimiento campesino una presencia nueva a escala mundial, haciendo más visible actividades nuevas en la economía rural ecológica y están abriendo nuevos canales para la circulación de productos, ligando pequeños productores rurales ecológicos con los "consumidores verdes" del mundo industrializado. Esos nuevos canales abren mercados para los productores campesinos y traen las preocupaciones del medioambientalismo urbano de vuelta a los productores rurales, que pueden ahora recuperar lo mejor de sus tradiciones, previamente marginalizadas y sofocadas por la hegemonía de la agricultura industrial y las presiones impuestas por el mundo corporativo.

Demás esta decir, la aún lentamente emergente economía verde lucha por cada centímetro de tierra ante la continua expansión del proyecto agrario industrial representado típicamente por la penetración de ingeniería genética transgénica en los monocultivos de soja y los bio-combustibles (Pengue 2007).

### **Policultivos de la mente y la educación**

¿Que tipo de experiencias de aprendizaje se encuentran tras la formación de policultivos de la mente y de la formación de redes para compartir sus frutos? Me permito proponer que la lección más importante surge de la *exposición directa de los campesinos a la biodiversidad y de la ausencia de mediación entre lo que entrega la tierra y lo que hay en la mesa de la familia y de la participación del campesino en redes horizontales y descentralizadas de apoyo y ayuda mutua que caracterizan la organización informal del campesinado*.

El campesino no puede sino estar profundamente involucrado en la evaluación de su paisaje y de su ecosistema, de la calidad del agua, del suelo y las semillas, en las interacciones entre pájaros, polinizadores, plantas y organismos que proveen controles biológicos, las cade-



nas alimentarias que vinculan plantas, animales y seres humanos en el flujo de nutrientes, el reciclamiento y utilización productiva del estiércol como abono orgánicos las especificidades de cada estación y su temporalidad.

Sonidos, olores, colores, paisajes, clima, señales de animales, conductas migratorias de pájaros, están permanentemente, intencionalmente o no, en la mirada del campesino. La aproximación a la realidad es completamente experiencial y requiere una revisión constante de ideas a través de conversaciones entre campesinos que son siempre ecológicamente sofisticadas aunque el lenguaje y los términos usados sean simples. Se trata de una conversación acerca de las implicaciones prácticas de formas de mirar, percibir y hacer: ¿Que es lo que funciona en la práctica y que no? Este intercambio de información informal crea también redes organizativas informales.

Los campesinos observan su geografía cada día, mirando montañas y valles, ríos o paisajes áridos, han tomado directamente los frutos de los árboles desde el momento que aprendieron a caminar; han masticado y chupado cada planta, recogido directamente huevos de los nidos de las aves domésticas y silvestres, han aprendido a matar una gallina, a cazar conejos, matar un cordero y mientras lo preparan, en no pocos lugares, han aprendido hasta beber su sangre y regar ceremonialmente la tierra con ella. Sienten frío y calor, transpiran y tiritan. Las estaciones se sienten en la piel y las dietas cambian de acuerdo a ellas; los deberes cambian también en cada estación, y el sueño cambia también dependiendo de las idas y venidas de la luz del sol.

La mente, el corazón y el cuerpo entero están en movilización permanente a través de exigentes actividades físicas, emocionales e intelectuales. El poder y la presencia de la naturaleza recuerdan cada día que se la debe tratar con respeto, reverencia y temor. No hay por supuesto nada fácil o ideal en todo aquello: requiere enormes esfuerzos físicos y mentales. El campesino tiene que tomar cientos de decisiones, basadas en observaciones sin fin, muy detalladas, todas conectadas por las necesidades de toda la comunidad biológica de la granja. Se come lo que entrega la tierra y que proviene de la huerta campesina propia o la de los vecinos.

En comparación, la cultura urbana (que tiene tanto que yo también amo) es casi puramente de fabricación humana. El contexto del proceso de aprendizaje es la línea y ángulo rectos. La forma cuadrada o rectangular (vivimos rodeados de salas cuadradas, edificios cuadrados, mesas cuadradas, pantallas cuadradas en auditorium cuadrados, con sillas inmóviles arregladas en filas mirando hacia el escenario donde actúa el solitario dictador... de cátedra). La búsqueda de lo predecible, calculable y controlable lo domina todo, a pesar de discursos sobre la libertad, la creatividad y el pensamiento crítico. Ese es el currículo oculto (un componente clave de la ecología del conocimiento académico urbano) y se convierte en el medio y el proceso que configura el mensaje que se entrega a los estudiantes.

Es un verdadero milagro que tanta creatividad humana continué brotando en una situación tan alejada de la sinfonía de la naturaleza. El diseño del agroecosistema campesino es casi exactamente lo contrario: es curvilíneo, diverso en especies y formas. La presencia de la complejidad de la vida es el tema dominante. A diferencia de la ciudad y su sala de clase, la "sala de clases" de los campesinos está llena de "compañeros de curso" de otras especies y formas de vida. La diversidad y complejidad de la vida urbana es inmensa, pero es íntegramente intra e inter-humana. La diversidad de la vida campesina es entre especies distintas.

### **¿Que tipo de "sala de clases" haría posible el desarrollo de los policultivos de la mente?**

Sostenemos que los policulivos de la mente proporcionan claves para la búsqueda del tipo de educación que se necesita para apoyar la transformación cultural de una sociedad que experimenta una crisis de sustentabilidad. No nos interesa romantizar o idealizar la vida de los campesinos, que sufren de marginalidad, deben trabajar casi sin descanso, experimentan discriminación, pobreza, explotación, migraciones y un constante estrangulamiento de su modo de vida y de sus comunidades. El intelecto del campesino no es ni mejor ni peor que el de los habitantes de la ciudad. *Simplemente, lo que es de particular interés es como se forma su sensibilidad ecológica* que les ha llevado a formar un movimiento social de gran vitalidad y que representa una resistencia cultural muy importante ante los impactos de una globalización que tiende a desplazarlos y arrebatarles de tierra y los ecosistemas en los que viven. Es su sensibilidad ecológica, aunque no la llamen así, la que les permite tener la capacidad de sostener con solo recursos locales y con una base muy reducida de tierra una agricultura que alimenta todavía a millones de latinoamericanos con bajos impactos ambientales (aunque no es así cuando se les desplaza e impone las peores condiciones para subsistir). Además es impresionante que logren aquello con muy poca o ninguna educación formal, siendo muchos analfabetos y poco o nada saben de computadoras.

El otro aprendizaje importante para la educación en sustentabilidad es la experiencia campesina de lograr seguridad y soberanía alimentaria a través de la movilización de recursos locales y sistemas de intercambio local o regional, con muy bajo "kilometraje alimentario", bajas emisiones de gases de efecto invernadero y relativamente pequeñas huellas ecológicas (Global Footprint Network 2008).

### **El gran auditorium**

El gran auditorium es aquel donde brota y se desenvuelve la vida, no solo la vida humana. Los niños aman las criaturas vivas y mientras más y más temprano estén expuestos a ellas, más aprenderán sobre ellas, les importarán más y estarán más interesados y dispuestos a defenderlas.

Los bosques, las playas y el cielo son el gran auditorium donde las conexiones entre todas las formas de vida y su sinergismo están presentes. Los estudiantes, al igual que los campesinos, aprenderán mas y mejor acerca de los procesos ecológicos y acerca de las practicas sustentables si son *directamente* expuestos a esas relaciones *además* de estar expuestos conceptual y virtualmente "online" o en clase.

Ser "directamente expuestos" puede significar una amplia gama de experiencias educativas. La investigación- acción, el acto de involucrarse en comunidades, el servicio comunitario, son también formas de estar expuestos directamente, otras formas de "estar ahí" ... en el "mundo real", que ciertamente se recrea constantemente con las influencias del "mundo electrónico". Restaurar un paisaje urbano a la biodiversidad, plantar un huerto comunitario, trabajar con gente real, en sus lugares de vida y trabajo, en sus problemas, experiencias, memorias, esperanzas y sueños, regala un conocimiento de incomparable profundidad, que se puede compartir solamente hasta cierto punto por medios electrónicos (lo que no los hace menos indispensables...)

Así por ejemplo, si tengo una memoria de experiencia propia acerca de lo que debo aprender y si se me invita a compartirla en un relato; si tengo un sueño acerca de lo que debo aprender y se me invita a compartirlo, entonces mi encuentro con el conocimiento experto me permitirá ver críticamente que a pesar de que me entregara una gran riqueza de conocimiento sistemático, no será nunca la realidad entera, "tal cual es". Entenderé que no hay hechos o datos que no sean mediados por la experiencia y la emoción. La ironía es que si el *buen conocimiento es el conocimiento adaptativo* los humildes que practican los policultivos de su mente lo han hecho mejor que los practicantes de los monocultivos de la mente y no han amenazado nunca al nivel de estos últimos a las comunidades biológicas y la vida con sus demandas excesivas.

El gran auditorium se puede inspirar también y aprender de los movimientos campesinos y del tipo de redes y conocimiento que generan. Frente a la marginalización han creado formas de cooperación, apoyo y ayuda mutua que se ha traducido en la creación de conocimientos para la sustentabilidad: bancos de semillas para el (verdaderamente libre) comercio local y el intercambio horizontal, de campesino a campesino (Holt Jiménez 1996), de sus mejores experiencias. Aprendizaje con la vida. Son escuelas que no tienen más campus que el campito de alguien. Hacer redes tiene esa cualidad de crear conocimiento que se relaciona con otros, tan distinto al conocimiento atomizado, puramente individualista y competitivo que se produce para obtener poder y prestigio "patentado"

### **Hacia una ecología para la integración del conocimiento**

Hemos informado recientemente en un par de publicaciones acerca de nuestros intentos de implementar

una pedagogía basada en comunidades de aprendizaje y en una ecología de la integración del conocimiento (Rojas 2009, Rojas *et al* 2007, Rojas, 2006). Se trata de experiencias que resumen lo que hemos descrito en otros trabajos como una aproximación pedagógica denominada "Aprendizaje con la vida" (Rojas 2008, Rojas *et al.* 2007) y que se nutre significativamente de elementos claves de la tradición de educación popular en América Latina, que naciera precisamente del estudio de las formas de aprendizaje del campesinado (Freire 1973, Freire y Araujo-Freire 2004, Fals Borda 1985), modificándolas para reflejar los desafíos que enfrentamos en la época del cambio climático y de la vulnerabilidad ambiental y alimentaria.

Cuestionando la eficacia de formas de entrega curricular convencionales en la enseñanza de la sustentabilidad, hemos experimentado explícitamente durante los últimos diez años con una aproximación guiada por una ecología para la integración del conocimiento. El aspecto mas importante de este proceso educativo es su acercamiento a las comunidades, y procesos altamente participativos de colaboración en equipos y que sacan a los estudiantes afuera de la sala de clase y los vincula con otras comunidades, dentro y fuera de la universidad.

Nuestros estudiantes están trabajando también en proyectos de investigación en nuestros cursos, con los proveedores de comida en el campus de la universidad para transformar el sistema alimentario de esta universidad donde comen 50,000 personas diariamente. Se busca transitar a en un sistema alimentario universitario mas sustentable, caracterizado por reducciones en la distancia que viaja la comida que se consume y desecha y su recuperación productiva y por una reducción de la huella ecológica y de emisiones de la universidad (Rojas *et al.* 2007, Richer y Rojas 2008).

Tenemos también en la UBC una granja organica de 16 acres donde se ensayan métodos agroecológicos, muchos similares a los que usan los campesinos. Abandonada hace 12 años, fue la movilización de nuestros estudiantes apoyados por un puñado de profesores y empleados técnicos que la han rescatado hasta ahora del apetito por desarrollos habitacionales comerciales. La granja es un "parque de trabajo", abierto al publico, manejado y trabajado por nuestros estudiantes. Es un laboratorio viviente para aprender acerca de la interacción entre el desarrollo urbano y la agricultura urbana (indispensable para el futuro). Entrega a los proveedores de comida en el campus algunos menús locales y a través de su pequeño mercado y feria de alimentos se ha convertido en un nódulo de gran importancia en la red de los agricultores locales que rodean la ciudad de Vancouver. Es la única granja urbana en funcionamiento dentro del perímetro de la ciudad y en pleno campus. Nuestro incipiente programa de agroecología (rebautizado ahora "Alimentación y Medio Ambiente" para facilitar su difusión) y otros cursos están aprendiendo a utilizarla y hacer de ella el "gran auditorium" donde se

complementen en diversos grados el aprendizaje intramuros que han experimentado también importantes cambios (UBC Farm 2008). Todo esto por supuesto, no ocurre libre de tensiones...

## Conclusiones

A pesar de la disminución en números y en área de tierra trabajada por los campesinos, la contribución de la agricultura campesina en la alimentación de la población de América Latina continua siendo crítica. Más aún, la nueva articulación de los movimientos campesinos con las preocupaciones ecológicas de nuestro tiempo, los convierten en un actor cultural y político potente que ha entrado con vigor sin precedentes al debate acerca de que se debe hacer para superar las vulnerabilidades del sistema alimentario a nivel global, nacional, regional y local.

El proceso de aprendizaje campesino que conduce a adquirir los policultivos de la mente, sistematizados y amplificados por la agroecología, entrega muchas lecciones de gran significación para los investigadores interesados en la educación para la sustentabilidad y los elementos para entender una nueva ecología del conocimiento. El campesino y su mundo, ignorado y mirado con bastante desprecio por las elites intelectuales urbanas, ha terminado enseñándonos mucho más que lo que nunca hubiésemos imaginado acerca de cómo vivir más livianamente en este planeta. En una era en la que el futuro de la humanidad se ha hecho incierto, y en una época en la que finalmente estamos reconociendo que tenemos problemas ecológicos graves, el legado campesino nos está proporcionando claves muy importantes acerca de hacia donde ir. La dirección ciertamente no será el retorno a un pasado que no puede ser recreado, ni aun si fuese deseable. Sin embargo, las lecciones aprendidas y la emergencia de una incipiente economía verde, acompañada de una cultura verde y su visión de futuro, dependiendo de una también nueva voluntad política, podrían abrir un futuro nuevo para el campesinado y para toda la humanidad.

## Agradecimientos

Agradezco la significativa contribución a este trabajo de mi hermano Andrés Rojas Wainer, Master California Certified Organic Farmer. Sausalito Springs. Petaluma, California.

## Referencias

Adorno T, Popper K, Dahrendorf K, Habermas J, Albert H, Pilot H. 1973. La disputa positivista en la sociología alemana. Editorial Grijalbo, Barcelona.  
 Agroecology in Action 2008. <http://www.agroeco.org/>.  
 Altieri MA. 2008. Small farms as a planetary ecological asset: Five key reasons why we should support

the revitalization of small farms in the Global South. Food First. Posted May 9th, 2008. <http://www.foodfirst.org/en/node/2115>  
 Altieri MA. 2000. Ecological Impacts of Industrial Agriculture and the Possibilities for Truly Sustainable Farming. In F. Magdoff, J. Bellamy Foster, and F.H. Buttel (eds.), *Hungry for Profit*. New York: Monthly Review Press, pp. 77-92.  
 Altieri MA. 1995. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, Boulder, Co.  
 Altieri M.A. 1987. *Agroecology. The Scientific Basis of Alternative Agriculture*. Boulder, Colorado: Westview Press.  
 Anderson EN. 1996. *Ecologies of the heart. Emotion, belief and environment*. New York: Oxford University Press.  
 Barraclough S. 1973. *Agrarian structure in Latin America*. Lexington, Massachusetts: D.C. Heath.  
 Bastien J. 1985. *The Mountain of the Condor*. New York: West publishing.  
 Bateson G. 2000. *Steps to ecology of the mind*. Chicago: Chicago University Press.  
 Bateson G. 1980. *Mind and nature: A necessary unit*. New York: Bantam Books.  
 Berger P, Luckman T. 1966. *The Social Construction of Reality: A Treatise in the Sociology of Knowledge*. Garden City, NY: Doubleday, 1966  
 Beydoun M, Wang Y. 2007. Effect of socio-economic status on fruit and vegetable consumption and diet quality among US adults: Is it modified by nutrition knowledge and beliefs? *American Journal of Preventive Medicine*. 32(4):257-63.  
 Bessesen DH. 2008. Update on obesity. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 93 (6): 2027-34.  
 Brown Lester. 2004. *Plan B. Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization in Trouble*. New York: Earth Policy Institute, Norton.  
 FAO. 2008. *Global Forum on Food Security Food* <http://km.fao.org/fsn/>  
 Fernandez de Amesto, F. 1998. *London. Truth*. Black Swan.  
 Fals-Borda O. 1985. *Knowledge and People's Power: Lessons with Peasants in Nicaragua, Mexico, and Colombia*. New Delhi, India: Indian Social Institute.  
 Freire P. 1973. *Education for critical consciousness*. New York: Continuum.  
 Freire P, Araujo-Freire AM. 2004. *Pedagogy of hope: re-living Pedagogy of the oppressed*. Translated by Robert R. Barr. New York: Continuum 2004.  
 Gliessman S. 2006. *Agroecology. The Ecology of Sustainable Food Systems*. Taylor: CIRC Press, Francis Group.  
 Global Footprint Network. 2008. <http://www.footprint-standards.org/>  
 Hecht S. 1991. "The evolution of agroecological thought". *Agroecología y Desarrollo* 1: 2-16.  
 Holt-Gimenez E. 1996. *The Campesino a Campesino Movement: Farmer-led Sustainable Agriculture in*

- Central America and Mexico. Institute for Food and Development Policy, Food First Development Report. Oakland: CA, Food First.
- IPCC. 2007. Agriculture. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Metz OR, Davidson PR, Bosch R, Dave LA, Meyer, eds.). Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press and New York, NY, USA. 2007.
- Kay C. 2000. Latin American Agrarian Transformation: Peasantization and Proletarianization. In Bryceson, D. Kay, C., and Moij, J. Disappearing Peasantries? Rural Labor in Africa, Asia and Latin America. London: Intermediate Technology Publications, pp. 128:129
- Kuhn TS. 1970. The Structure of Scientific Revolutions, 2nd. ed., Chicago: Univ. of Chicago Press.
- Lang T, Heasman M. 2004. Food Wars. The Global battle for Mouths, Minds and Markets. London: Earthscan.
- Moran EF. 2000. Human Adaptability: Introduction to Ecological Anthropology. Boulder, Colorado: Westview Press.
- Mumford L. 1967. The Pentagon of Power. The Myth of the Machine. New Cork: Harcourt Brace.
- Murra J. 1984. Andean Societies. Annual Reviews of Anthropology. 13:119-41.
- Murra J. 1970. Current Research and Prospects in Andean Ethnohistory. Latin American Research Review 5(1):3-36.
- Nestle M. 2002. Food Politics. How the food industry influences nutrition and health. Berkeley: University of California Press.
- Orrego JP. 1985. On rooted and uprooted peoples. Toronto: Faculty of Environmental Studies, York University.
- Pengue W. 2007. Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina. La transgénesis de un continente? Buenos Aires: CEPAMA, Universidad de Buenos Aires. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. PNUMA
- Pimentel D, Pimentel S. 2008. Food, energy and society. Boca Raton: CRC Press.
- Pretty J. 2008. Agroecological Approaches to Agricultural Development. RIMISP-Latin American Centre for Rural Development and IDRC. 2008 [http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2008/Resources/2795087-1191427986785/PrettyJ\\_AgroecologicalApproachesToAgriDev%5B1%5D.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2008/Resources/2795087-1191427986785/PrettyJ_AgroecologicalApproachesToAgriDev%5B1%5D.pdf)
- Pretty J. 2002. Agri-Culture. Reconnecting People, Land and Nature. London: Earthcan.
- Pretty J. 1995. Regenerating Agriculture. Washington D.C.: Henry Press.
- Rojas A. 2009. Towards integration of knowledge through sustainability education and its potential contribution to environmental security. In *Addressing Global Environmental Security Through Innovative Educational Curricula* (Allen S, (ed.)). NATO Science for Peace and Security Programme. Springer Verlag. pp 131-154.
- Rojas A. 2006. La investigación-acción sobre el sistema alimentario es un tesoro pedagógico para la educación acerca de sustentabilidad. *Ambiente y Desarrollo* 21(3): 5-10.
- Rojas A, Richer L, Wagner J. 2007. The University of British Columbia Food System. *EcoHealth* 4:86-94.
- Richer L, Rojas A. 2008. The University of British Columbia Food System Project 2008. [http://www.landfood.ubc.ca/research/faculty\\_webpages/rojas.htm](http://www.landfood.ubc.ca/research/faculty_webpages/rojas.htm)
- Shiva V. 1993. Monocultures of the Mind. London: Zed Books.
- SOCCLA (Sociedad Latinoamericana de Agroecología). 2008. <http://www.agroeco.org/socla/>
- The Ecologist. 2008. 10 reasons why organic can feed the world Can organic farming feed the world? Ed Hamer and Mark Anslow say yes, but we must farm and eat differently. The Ecologist online, 01/03/2008 [http://www.theecologist.org/archive\\_detail.asp?content\\_id=1184](http://www.theecologist.org/archive_detail.asp?content_id=1184)
- Toledo VM. 1995: Peasantry, Agroindustriality, Sustainability: The Ecological and Historical Basis of Rural Development. Interamerican Council for Sustainable Agriculture, Working Paper #3, Morelia, Mexico: UNAM.
- Toledo VM. 1992. Utopía y Naturaleza. El Nuevo movimiento ecológico de los campesinos e indígenas de América Latina. Nueva Sociedad 122: 72-85.
- Toledo VM, Barrera-Bassols N. 2008. La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Mexico: Icaria.
- UBC Farm, 2008. <http://www.landfood.ubc.ca/ubcfarm/>
- Via Campesina. 2008. Via Campesina International Peasant Movement [http://viacampesina.org/main\\_en/index.php](http://viacampesina.org/main_en/index.php)
- Wang Y. 2001. Cross-national comparison of childhood obesity: the epidemic and the relationship between obesity and socioeconomic status. *International Journal of Epidemiology* 30:1129-1136.
- Williams N, Bains G (eds). 1993. Traditional ecological knowledge: Wisdom for Sustainable Development. Centre for Resources and Environmental Studies. Canberra: Australian National University.
- Whitehead AN. 1925. Science and the Modern World. Lowell Lectures, New York: The Macmillan Company.
- Whitehead AN. 1933. Adventures of Ideas. New Cork: The Macmillan Cas. Second Edition. Cambridge University Press.
- Worster D. 1994. Nature's Economy. A history of Ecological Ideas. Cambridge University Press, Cambridge, UK



# ESCALONANDO LA PROPUESTA AGROECOLÓGICA PARA LA SOBERANÍA ALIMENTARIA EN AMÉRICA LATINA

**Miguel A Altieri**

*Department of Environmental Science, Policy and Management, Division of Insect Biology, University of California, Berkeley, 137 Mulford Hall-3114, Berkeley, CA 94720-3114. E-mail: agroeco3@nature.berkeley.edu*

## Resumen

Este artículo analiza la contribución que hacen los campesinos en América Latina hacia la producción de la mayor parte de los alimentos que las comunidades rurales y urbanas necesitan, a pesar del cambio climático y los elevados costos energéticos. Este potencial productivo se puede potenciar aun mas con la aplicación de los principios agroecológicos, pero para esto los investigadores y los profesionales del desarrollo rural tendrán que involucrarse en procesos participativos de gestión de manera de traducir estos principios universales de manejo de recursos naturales en recomendaciones prácticas directamente relevantes a las necesidades y las circunstancias de los campesinos. Pero para escalar miles de experiencias agroecológicas locales exitosas, se deberán también promover cambios en políticas agrarias que den acceso a los agricultores a tierra, semillas, crédito, servicios de extensión, etc., casi como acceso a mercados locales y precios justos.

**Palabras clave:** Agroecología, soberanía alimentaria, movimientos sociales, América Latina

## Summary

### Scaling up an agroecological strategy for food sovereignty in Latin America

This text analyzes the food production contribution of Latin American peasants and their contribution to food security in urban and rural areas, despite climate change and the rising costs of energy. This productive potential can be enhanced even more with agroecological approaches that require a participatory process by which principles emerging from research can be translated into practical natural resource management applications relevant to the needs and circumstances of peasants. In order to scale up hundreds of successful agroecological experiences, agrarian policies are needed so that farmers can have access to land, seeds, water, credit, research and extension as well as local markets and just prices.

**Key words:** Agroecology, food sovereignty, rural movements, Latin America.

## Introducción

Tanto fuerzas mundiales como internas cuestionan la capacidad de América Latina para alimentarse redefiniendo el significado y el papel de este sector agrícola que históricamente ha sido de naturaleza dual. Por un lado hay un competitivo sector agrícola de monocultivos orientado a la exportación, el cual contribuye de forma significativa a las economías nacionales, al tiempo que además de crear dependencia, trae una variedad de problemas económicos, ambientales y sociales, incluyendo impactos negativos a la salud pública, la integridad de ecosistemas, la calidad alimentaria y, que en muchos casos, trastornan los sustentos rurales tradicionales al acelerar el endeudamiento de miles de agricultores. Las consecuencias regionales de la especialización de monocultivos son variadas, incluyendo el alto uso de agroquímicos (pesticidas y fertilizantes) que

están relacionados con una serie de problemas ambientales, el empeoramiento de las infestaciones de insectos plaga y a una frecuencia más alta de enfermedades, ligadas a la simplificación y uniformidad genética de las variedades modernas de cultivos. Además la eficacia del uso de los insumos aplicados está disminuyendo; en muchos cultivos claves se está alcanzando niveles de rendimientos decrecientes.

La creciente presión hacia la industrialización y la mundialización con su énfasis en cultivos de exportación, como la soya transgénica para alimentar el ganado para lugares como China, Europa, EE.UU y otros, y la rápida demanda creciente de cultivos para biocombustibles (caña de azúcar, maíz, soya, palma de aceite, eucalipto, etc.) transforma cada vez más la agricultura de la región y el suministro de alimentos, con impactos y riesgos económicos, sociales y ecológicos aún desconocidos.



Por otro lado, existe un sector campesino o de pequeñas fincas que representan casi dos tercios de la población rural total de América Latina y que aunque controlan alrededor del 20 % del área arable son claves para la producción agrícola que sostiene el consumo doméstico. Muchos sistemas tradicionales de agricultura todavía representan microcosmos de agricultura local que ofrece modelos prometedores para promover la biodiversidad, sostener la producción sin agroquímicos y conservar la integridad ecológica necesaria para alcanzar la seguridad alimentaria.

Cuando las tendencias modernizantes se propagaron en la región, los conceptos de soberanía alimentaria y sistemas de producción basados en la agroecología ganaron mucha atención en las dos últimas décadas. Los nuevos métodos y tecnologías que implican la aplicación de la ciencia agrícola moderna complementada con sistemas de conocimiento indígena, encabezados por miles de agricultores, organizaciones no gubernamentales y algunas instituciones gubernamentales y académicas están demostrando que la aplicación de la agroecología puede mejorar la seguridad alimentaria conservando los recursos naturales, la agrobiodiversidad, el suelo y agua en cientos de comunidades rurales de la región. La ciencia de la agroecología, la cual se define como la aplicación de conceptos y principios ecológicos al diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles, proporciona un marco para tasar la complejidad de los agroecosistemas. La idea de la agroecología es ir más allá del uso de prácticas alternativas y desarrollar agroecosistemas con una dependencia mínima de altos insumos de agroquímicos y energía, enfatizando sistemas agrícolas complejos en los cuales las interacciones y sinergismos ecológicos entre componentes biológicos proporcionen los mecanismos para que los sistemas patrocinen su propia fertilidad de suelo, productividad y protección de la cosecha (Altieri 1995). Además de suministrar una base científica para la productividad sostenible mejorada, la agroecología enfatiza la capacidad de las comunidades locales para innovar, evaluar, y adaptarse por medio de métodos de investigación participativa y de extensión campesino a campesino. Los métodos tecnológicos agroecológicos enfatizan la diversidad, sinergia, reciclaje e integración, y procesos sociales que valoren la participación de la comunidad, que es clave pues el desarrollo del recurso humano es la piedra angular de cualquier estrategia que apunte a aumentar las opciones de la gente rural y sobre todo de agricultores de pocos recursos (Gliessman 1998).

Claramente los susodichos esfuerzos reflejan la creciente conciencia de la necesidad de diseñar una nueva agricultura que mejore el medio ambiente, preserve los cultivos locales y la biodiversidad asociada, promueve la soberanía alimentaria y las múltiples funciones de la agricultura de pequeñas granjas. El desafío inmediato para nuestra generación es transformar la agricultura

industrial al alejar los sistemas alimentarios del mundo de la dependencia de los combustibles fósiles, desarrollar una agricultura que sea resiliente a la variabilidad climática y promover formas locales de agricultura que aseguren la soberanía alimentaria y el sustento de las comunidades rurales. En este artículo analizamos los motivos fundamentales por los cuales la promoción de un paradigma de desarrollo agrícola basado en la revitalización de pequeñas granjas que enfatice la diversidad, la sinergia, el reciclaje y la integración, y los procesos sociales que valoren la participación y el empoderamiento de las comunidades, son la única opción viable para satisfacer las necesidades alimentarias de la región, en esta época de crecientes precios del petróleo y cambio climático. También analizamos los impactos que han tenido cientos de proyectos agroecológicos, a lo largo de América Latina, en el medioambiente y la producción de alimentos; y lo que se necesitaría para que una gran cantidad de agricultores diseminara y adoptara ampliamente los principios agroecológicos en áreas geográficas amplias para que la agroecología lograra un efecto regional sustancial sobre la soberanía alimentaria de la región.

### **Los campesinos son claves para la seguridad alimentaria de la región**

En América Latina, las unidades de producción campesina alcanzaron alrededor de 16 millones a finales de 1980 ocupando casi 60.5 millones de hectáreas, o el 34.5 % del total de tierra cultivada. La población campesina comprende alrededor de 75 millones de personas, que representan casi dos tercios de la población rural total de América Latina (Ortega 1986). El tamaño de granja promedio de estas unidades es aproximadamente 1.8 hectáreas, aunque la contribución de la agricultura campesina al suministro general de alimentos en la región es significativa. En la década de 1980, alcanzó aproximadamente el 41% de la producción agrícola para el consumo doméstico y es responsable de producir el 51% del maíz, el 77% del frijol y el 61% de las papas a nivel regional. Sólo en Brasil, hay aproximadamente 4.8 millones de agricultores familiares (aproximadamente el 85% de la cantidad total de agricultores) que ocupan el 30% del total de la tierra agrícola del país. Tales granjas familiares controlan alrededor del 33% del área sembrada de maíz, el 61% de frijol y el 64% dedicado a la mandioca, produciendo así el 84% del total de mandioca y el 67% del frijol (Altieri 2004). En Ecuador, el sector campesino ocupa más del 50% del área dedicada a las cosechas de alimentos como maíz, frijol, cebada y quimbombó. En México, los campesinos ocupan al menos el 70% del área destinada al maíz y el 60% del área con frijol. Además del sector campesino y de granjas familiares, hay alrededor de 50 millones de individuos que pertenecen a aproximadamente 700 diferentes

grupos étnicos indígenas que viven y utilizan las regiones tropicales húmedas del mundo. Aproximadamente dos millones de éstos viven en el Amazonas y el sur de México. En México, la mitad de la zona tropical húmeda es utilizada por comunidades indígenas y “ejidos” que presentan sistemas de silvicultura agrícola integrados con la producción destinada a la subsistencia y los mercados locales y regionales (Toledo *et al.* 1985).

### **Las granjas pequeñas son más productivas y conservadoras de los recursos que los monocultivos a gran escala**

Aunque la ciencia agronómica convencional considera que las pequeñas granjas familiares son atrasadas e improductivas, la investigación muestra que las granjas pequeñas son mucho más productivas que las granjas grandes si se considera la producción total, en vez de la producción de una sola cosecha. Los sistemas de agricultura integrados en los cuales el agricultor a pequeña escala produce cereales, frutas, verduras, heno y productos de origen animal comprenden la producción total, en oposición a la producción de monocultivos como maíz de granjas a gran escala. Una granja grande puede producir más maíz por hectárea que una pequeña en la cual el maíz se cultiva como parte de un policultivo, que además incluye frijol, calabaza, papa y heno. En los policultivos desarrollados por minifundistas la productividad, en términos de productos cosechables por área de unidad, es mayor que en el monocultivo bajo el mismo nivel de manejo. Las ventajas de producción pueden ser del 20 al 60 por ciento, ya que los policultivos reducen las pérdidas debido a malezas, insectos y enfermedades; y hacen un uso más eficiente de los recursos disponibles como agua, luz y nutrientes (Beets 1982). En México, una parcela de 1.73 hectárea tiene que sembrarse con un monocultivo de maíz para que produzca la misma cantidad de comida que produce una hectárea sembrada con una mezcla de maíz, calabaza, y frijol. Además, el policultivo de frijol-calabaza- maíz produce hasta 4t ha<sup>-1</sup> de materia seca que cae al suelo, comparado con las 2t en un monocultivo de maíz. En Brasil, los policultivos que contienen 12.500 ah<sup>-1</sup> plantas de maíz y 150.000 plantas de frijol por hectárea mostraron una beneficio de producción del 28% (Gliessman 1998).

En cuanto a producción total, la granja diversificada produce mucho más comida, aún si se mide en dólares. En los EE.UU los datos muestran que las granjas de dos hectáreas más pequeñas produjeron 15.104\$ dólares por hectárea y un neto aproximado de 2.902\$ dólares por ha... Las granjas más grandes, con un promedio de 15.581 hectáreas, produjeron 249\$ dólares por hectárea y un neto aproximado de 52\$ dólares por hectárea. Las pequeñas y medianas granjas no sólo mostraron producciones más altas que las logradas por agricultores convencionales, sino que lo hacen con un impacto

negativo medioambiental muy inferior. Las pequeñas granjas son “multifuncionales”, más productivas, más eficientes y contribuyen más al desarrollo económico que las granjas grandes. Las comunidades rodeadas por pequeñas granjas populosas tienen economías más sanas que las comunidades rodeadas por grandes granjas mecanizadas despobladas. Los minifundistas también cuidan mejor los recursos naturales, incluso reducen la erosión del suelo y conservan mas la biodiversidad (Rosset *et al.* 2006).

La relación inversa entre tamaño de granja y producción puede atribuirse a que los minifundistas hacen un uso más eficiente de la tierra, el agua, la biodiversidad y otros recursos agrícolas. Así que en términos de convertir ingresos en egresos, la sociedad estaría mejor con agricultores a pequeña escala. Crear economías rurales fuertes en el sur basadas en una agricultura a pequeña escala productiva permitirá que la gente del sur permanezca con sus familias y ayudará a contener la marea migratoria. Y como la población sigue creciendo y la cantidad de tierras de labranza y el agua disponibles para cada persona siguen disminuyendo, una estructura de granjas pequeñas puede llegar a ser crucial para alimentar el planeta, sobre todo cuando la agricultura a gran escala se dedica a llenar los tanques de los carros al producir biocombustibles en vez de comida.

### **Granjas tradicionales como modelos de sostenibilidad**

En América Latina, la persistencia de más de tres millones de hectáreas agrícolas aun bajo el antiguo y tradicional manejo en forma de campos elevados, terrazas, policultivos, sistemas agroforestales, etc., documentan una estrategia agrícola indígena acertada y comprende un tributo a la “creatividad” de los agricultores tradicionales. Este microcosmos de agricultura tradicional ofrece modelos prometedores para otras áreas ya que promueven la biodiversidad, prosperan sin agroquímicos y sostienen producciones todo el año (Altieri 1999). Un ejemplo son las chinampas en México que según Sanders (1957) a mediados de 1950 mostró producciones de maíz de 3.5 a 6.3 t ha<sup>-1</sup>. Para ese entonces, éstas fueron las producciones más altas logradas en todo México. En comparación, en 1955 las producciones promedio de maíz en los Estados Unidos fueron 2.6 t ha<sup>-1</sup>, y no pasaron el margen de 4 t ha<sup>-1</sup> hasta 1965. Cada hectárea de chinampa podía producir suficiente comida para 15-20 personas al año, a los niveles modernos de subsistencia. Una reciente investigación indicó que cada chinampero puede trabajar aproximadamente tres cuartos de una hectárea de chinampa al año (Jiménez-Osornio y del Amo 1986), significando que cada agricultor puede mantener de 12 a 15 personas.

Otro sistema tradicional es el “frijol tapado” que aun se usa para producir frijol en áreas de mediana altura de

Centro América, en cuevas escarpadas con altas cantidades de lluvia, donde se cultiva la mayor parte del frijol en la región. Para comenzar el proceso, los agricultores eligen un campo en barbecho que tenga de dos a tres años de modo que la vegetación arbolada domine las hierbas. Si el período de barbecho es menor a dos años, entonces las hierbas podrán competir con las plantas de frijol emergentes y la fertilidad del suelo no se habrá restaurado totalmente desde la última cosecha. Después, con machetes se abren caminos en el campo y las semillas de frijol se lanzan en la vegetación en barbecho. Finalmente, la vegetación en barbecho se reduce en un pajote que se deja descomponer para que proporcione nutrientes a las plántulas de frijol que comienzan a crecer. Aproximadamente doce semanas después de la siembra se hace la recolecta del cultivo. En Costa Rica, se calcula que del sesenta al setenta por ciento del frijol del se produce como frijol tapado. Comparado con los métodos más intensivos de producción de frijol basados en agroquímicos que usan algunos minifundistas, el sistema tapado tiene una mejor eficiencia en el uso de recursos locales y mano de obra y exhibe costos inferiores (Buckles *et al.* 1998).

El sistema tapado posibilita una producción de frijol para el consumo doméstico y para obtener dinero que complementa los escasos ingresos durante tiempos de recesión financiera. Las ventajas rentables incluyen: (1) ninguna necesidad de productos químicos costosos y potencialmente tóxicos como fertilizantes y pesticidas; y (2) una demanda de trabajo relativamente baja. La erosión de suelo se minimiza debido a una continua capa de vegetación que previene la exposición de la tierra desnuda a las fuertes lluvias.

Al entender la lógica del "frijol tapado", un descubrimiento contemporáneo, el uso "de abonos verdes", ha proporcionado un camino ecológico a la intensificación de la milpa, en áreas donde largos barbechos ya no son posibles a causa del crecimiento demográfico o de la conversión del bosque en pasto. Después de que el maíz se recolecta, el campo se abandona al crecimiento espontáneo de *Mucuna pruriens* sembrada, dejando una gruesa capa de pajote todo el año. Uno de los efectos principales de la capa de pajote del frijol terciopelo es que mejora la nutrición mineral en la cosecha de maíz y la fertilidad acumulativa de suelo además de reducir de la erosión del suelo (Altieri 2004).

Las experiencias en América Central muestran que los sistemas de maíz basados en "mucuna" son bastante estables ya que permiten niveles de producción respetables, por lo general de 2-4 ton/ha cada año. En particular, el sistema parece disminuir enormemente el estrés de sequía porque la capa de pajote ayuda a conservar el agua en el perfil de suelo. Con suficiente humedad, los nutrientes quedan disponibles al instante, en buena sincronización con el consumo principal del cultivo. Además, la mucuna suprime malezas, ya sea porque el

frijol terciopelo físicamente les impide germinar y emerger, o porque el enraizamiento superficial de las malezas en la capa superior del suelo las hace más fácil de controlar. Los datos muestran que este sistema basado en el conocimiento de agricultores, que involucran la rotación continua anual de frijol terciopelo y maíz, puede sostenerse durante al menos quince años a un nivel razonablemente alto de productividad, sin ninguna decadencia aparente en la base de los recursos naturales (Flores 1989). Como lo ilustra el sistema "mucuna", el entendimiento de la agroecología y la etnoecología de los sistemas de agricultura tradicionales son necesarios para continuar desarrollando los sistemas contemporáneos. Esto sólo puede resultar de estudios integrales que determinan la mirada de factores que condicionan la forma en que los agricultores perciben su ambiente y posteriormente cómo lo modifican para más tarde traducir tal información en términos científicos modernos.

Indudablemente, el conjunto de prácticas tradicionales de manejo aún utilizadas por muchos agricultores de pocos recursos, representa un recurso rico para los investigadores que buscan crear nuevos agroecosistemas bien adaptados a las circunstancias agroecológicas y socioeconómicas locales de los campesinos. Los campesinos usan una diversidad de técnicas, muchas de las cuales se ajustan bien a las condiciones locales. Las técnicas tienden a ser de conocimiento intensivo, más que intensivas en capital, pero claramente no todas son eficaces o aplicables, por lo tanto puede que se necesiten modificaciones y adaptaciones. El desafío es mantener las fundaciones de tales modificaciones basadas en la lógica y conocimiento de los campesinos.

### **Las pequeñas fincas son más resistentes al cambio climático**

En agroecosistemas tradicionales el predominio de sistemas de cultivos complejos y diversificados tiene una importancia clave para la estabilidad de los sistemas agrícolas campesinos, permitiendo que las cosechas alcancen niveles de productividad aceptables aun en medio de condiciones ambientalmente estresantes. En general, los agroecosistemas tradicionales son menos vulnerables a la pérdida catastrófica ya que cultivan una amplia variedad de cultivos y variedades en diferentes disposiciones espaciales y temporales. La investigación reciente sugiere que muchos minifundistas se adaptan y hasta se preparan para el cambio climático, minimizando el fracaso de las cosechas por medio de un uso mayor de variedades locales tolerantes a la sequía, policultivos, cosecha de agua, agroforestería y una serie de otras técnicas tradicionales (Bowder 1989).

En general los policultivos exhiben una mayor estabilidad de producción y menor decadencia de productividad durante una sequía que los monocultivos. Natarajan y Willey (1986) examinaron el efecto de la sequía

en producciones de policultivos al manipular el estrés de agua en las siembras intercaladas de sorgo (*Sorghum bicolor*) y cacahuete (*Arachis* spp.), de mijo (*Panicum* spp.) y cacahuete, y sorgo y mijo. Todas las asociaciones sobreprodujeron consistentemente a cinco niveles de la disponibilidad de humedad, oscilando entre 297 a 584 mm del agua aplicada durante la temporada del cultivo. Sorprendentemente, el índice de sobreproducción realmente aumentó con el estrés de agua, tanto que las diferencias relativas de productividad entre monocultivos y policultivos se acentuaron más a medida que el estrés aumentó. Los policultivos exhibieron una mayor estabilidad de producción y menor decadencia de productividad durante una sequía. Muchos agricultores cultivan bajo diseños de agroforestería y la sombra de los árboles protege los cultivos contra las fluctuaciones extremas del microclima y humedad de suelo. Los agricultores influyen en el microclima reteniendo y sembrando árboles, que reducen la temperatura, la velocidad de viento, la evaporación y la exposición directa a los rayos solares, e interceptan el granizo y la lluvia. Lin (2007) encontró que en agroecosistemas de café en Chiapas, las fluctuaciones de temperatura, humedad y radiación solar aumentaron considerablemente cuando la sombra disminuyó, entonces ella concluyó que la sombra estuvo directamente relacionada con la mitigación de la variabilidad en el microclima y la humedad de suelo para la cosecha de café.

Mediciones realizadas en laderas después del Huracán Mitch en América Central mostraron que los agricultores que usan prácticas sostenibles, como cultivos de cobertura de "mucuna", cultivos intercalados y agroforestería sufrieron menos "daño" que sus vecinos convencionales. El estudio que abarca 360 comunidades y 24 departamentos en Nicaragua, Honduras y Guatemala mostró que las parcelas diversificadas tenían del 20% al 40% más de capa vegetal, mayor humedad de suelo, menos erosión y experimentaron pérdidas económicas inferiores que sus vecinos convencionales (Holt-Gimenez 2001). Esto indica el hecho de que una reevaluación de la tecnología indígena puede servir como fuente clave de información sobre las capacidades de adaptación y de resiliencia expuestas por las pequeñas granjas, rasgos de importancia estratégica para que los agricultores mundiales se enfrenten al cambio climático. Además, las tecnologías indígenas a menudo reflejan una cosmovisión y un entendimiento de nuestra relación con el mundo natural que es más realista y más sostenible que aquellas que heredamos de Europa Occidental.

Además de la adopción de una estrategia basada en la diversidad interespecífica, muchos agricultores de escasos recursos también explotan la diversidad intraespecífica cultivando al mismo tiempo y en el mismo campo, variedades diferentes de un mismo cultivo. En una revisión mundial de la diversidad varietal asociada a 27 cultivos, Jarvis *et al.* (2007) encontraron que una diver-

sidad genética considerable de cultivos aun permanece en las fincas en forma de variedades de cultivos tradicionales básicos. En la mayoría de los casos, los agricultores mantienen la diversidad como un seguro para enfrentar un futuro cambio ambiental o necesidades socioeconómicas. Muchos investigadores han concluido que la riqueza de variedades mejora la productividad y reduce la variabilidad de la producción.

### **Mejorando la productividad de pequeños sistemas agrícolas a través de la agroecología**

A pesar de la evidencia de las ventajas de adaptabilidad y productividad de los sistemas agrícolas a pequeña escala y tradicionales, muchos científicos y agentes de desarrollo sostienen que el rendimiento de la agricultura de subsistencia no es satisfactorio y que la intensificación de la producción es esencial para la transición de la subsistencia a la producción comercial. Mientras la pequeña escala generalmente carece del potencial para producir un significativo excedente mercadable, la agricultura de subsistencia realmente asegura la seguridad alimentaria. Muchas personas incorrectamente creen que los sistemas tradicionales no producen más porque las herramientas manuales y las bestias de arrastre limitan la productividad. La productividad puede ser baja, pero la causa parece ser social, no técnica. Cuando el agricultor de subsistencia tiene éxito en la comida que provee, no hay ninguna presión para innovar o mejorar las producciones. Sin embargo, la investigación muestra que los cultivos tradicionales y las combinaciones con animales a menudo pueden adaptarse para aumentar la productividad cuando la estructuración agroecológica de la granja se mejora y el trabajo y los recursos locales se usan con eficacia. Este método contrasta fuertemente con muchos proyectos modernos de desarrollo agrícola, caracterizados por recomendaciones tecnológicas a gran escala, que han hecho caso omiso de la heterogeneidad de la agricultura tradicional, causando una incongruencia inevitable entre desarrollo agrícola y las necesidades y potenciales de los habitantes locales y las localidades (Altieri 2004).

El fracaso del desarrollo impuesto desde arriba se ha hecho aún más alarmante porque el cambio económico, impulsado por la penetración de capital y del mercado globalizado, están llevando a una crisis ecológica que comienza a destruir la sostenibilidad de la agricultura tradicional. Después de crear sistemas que conservan el recurso durante siglos, los cultivos tradicionales en áreas como Mesoamérica y los Andes están ahora siendo minados por fuerzas políticas y económicas externas. La biodiversidad disminuye en las granjas, la degradación del suelo se acelera, la comunidad y la organización social están en crisis, los recursos genéticos están siendo erosionados y las tradiciones se están perdiendo. Bajo esta panorámica y dada las presiones



comerciales y demandas urbanas, muchos agentes de desarrollo sostienen que el rendimiento de la agricultura de subsistencia no es satisfactoria y que la intensificación de la producción es esencial para la transición de la subsistencia a la producción comercial. Realmente, el desafío es cómo dirigir tal transición de manera que la producción y los ingresos se incrementen, sin que aumente la deuda de los campesinos y exacerbe la degradación ambiental. Afirmamos que esto se puede hacer generando y promoviendo tecnologías basadas en la conservación de los recursos agroecológicos, cuya fuente son los mismísimos sistemas tradicionales que la modernidad está destruyendo.

### **Potencial ecológico de algunos sistemas tradicionales**

Mientras la incapacidad de la Revolución Verde de mejorar la producción y los ingresos de los agricultores se hizo evidente, el nuevo entusiasmo por antiguas tecnologías motivo una búsqueda en Latinoamérica de tecnologías baratas, y ambientalmente sanas que mejoren la productividad de las granjas pequeñas conservando los recursos. Uno de los primeros proyectos que abogaron por este acercamiento agroecológico ocurrió a mediados de 1970 cuando el entonces existente Instituto Nacional de Investigaciones sobre los Recursos Bióticos de México (INIREB) reveló un plan para construir "chinampas" en la región cenagosa de Veracruz y Tabasco. Perfeccionada por los habitantes aztecas del Valle de México antes de la Conquista española, la agricultura de chinampas implica la construcción de camellones agrícolas elevados en lagos o pantanos poco profundos, y representa un sistema autónomo que ha funcionado durante siglos como uno de los más intensivos y productivos ideado por los humanos. Hasta hace pocas décadas, no se necesitaba inversiones significativas de capital, sin embargo mantenían producciones extraordinariamente altas año tras año. Una amplia variedad de cosechas básicas, verduras y flores se mezclaban con una serie de frutas de árboles pequeños y arbustos. La abundante vida acuática en los canales proveía de valiosas fuentes proteínicas a la dieta local (Gliessman 1998).

Amenazadas por el crecimiento de Ciudad de México, las chinampas casi han desaparecido, a excepción de algunas áreas aisladas en Mixquic. Aunque reducido, este sistema todavía ofrece un modelo prometedor para otras áreas ya que promueve la diversidad biológica, prospera sin insumos químicos y sostiene producciones todo el año. Así es cómo el ahora extinto INIREB comenzó sus experiencias con la transferencia del sistema chinampa a las tierras bajas del trópico en el sureste de México. Aunque la implementación y adopción de las Chinampas en Tabasco resultó en un éxito variado, algunos críticos creen que no se exploró ninguna salida al mercado para los productos que la comunidad pro-

dujo. Las "sementeras flotantes" de Tabasco (o camellones chontales) todavía están en plena operación en los pantanos de esta región, y por lo visto, los indios Chontal aun mantienen control total de ellos. Con métodos tradicionales las nuevas sementeras elevadas producen una gran variedad de productos que producen ingresos y seguridad alimentaria a estos "agricultores del pantano".

En una ecorregión totalmente diferente en los Andes, en la década del 90 varias instituciones participaron en programas para restaurar terrazas abandonadas y construir nuevas en varias regiones del país. En el Valle Colca al sur de Perú, PRAVTIR (Programa de Acondicionamiento territorial y Vivienda Rural) patrocinó la reconstrucción de terrazas ofreciendo a las comunidades campesinas préstamos a bajos intereses o semillas y otros insumos para restaurar grandes áreas de terrazas abandonadas. Las principales ventajas de usar terrazas consisten en que éstas minimizan los riesgos en tiempos de helada y/o sequía, reducen la pérdida del suelo, amplían las opciones de cosecha debido al microclima y las ventajas hidráulicas de las terrazas, y mejoran las producciones de las cosechas. Los datos de producción de nuevas gradas de las terrazas mostraron un aumento de producción del 43-65% de papas, maíz, y cebada; comparado con las producciones de estos cultivos en laderas sin terrazas. Una de las coacciones principales de esta tecnología es que es que emplea mucha mano de obra, requiriendo aproximadamente 350-500 trabajadores/día/hectárea. Tales demandas, sin embargo, se pueden amortiguar cuando las comunidades se organizan y comparten tareas (Altieri 1995).

En Perú los arqueólogos han destapado remanentes de miles de hectáreas de 'campos surcados' en busca de soluciones a los problemas contemporáneos de la agricultura a gran altitud. Un ejemplo fascinante es el renacimiento de un sistema ingenioso de campos elevados que se desarrollaron en las altas llanuras de los Andes peruanos, hace 3.000 años aproximadamente. De acuerdo con la evidencia arqueológica estas plataformas de suelo o Waru-Warus rodeadas de zanjas llenas del agua, podían producir cosechas abundantes, a pesar de las inundaciones, sequías, y heladas comunes en altitudes de casi 4.000m (Denevan 1995).

La combinación de camellones elevados y canales ha demostrado tener importantes efectos que moderan las temperaturas, ampliando el tiempo de cultivo y llevando a una productividad más alta en el Waru-Warus, comparado con los suelos normales de La Pampa fertilizados con químicos. En el distrito Huatta, waru warus reconstruidos produjeron cosechas impresionantes, exhibiendo una producción constante de papas de 8-14 toneladas/ha/año. Estas cifras contrastan favorablemente con el promedio de las producciones de papas de Puno que promedia de 1-4 toneladas/ha/año. En Camjata los campos de papas alcanzaron 13 toneladas/ha/año en



Waru-Warus. Se considera que la construcción inicial, reconstruyendo cada 10 años, y la plantación anual, el deshierbe, la cosecha y el mantenimiento de los campos cultivados requieren 270 personas-días/ha/año.

En la Isla Chiloe al sur de Chile, un centro secundario del origen de papas, miembros de CET una ONG local iniciaron hace mas de una década el rescate del conocimiento etnobotánico de las ancianas Huilliche en un esfuerzo por retardar la erosión genética y recuperar un poco del germoplasma original de la papa nativa. La ONG intenta poner este material genético ancestral a disposición de los empobrecidos agricultores pobres de la región, desesperados por la necesidad de variedades adaptadas a la localidad que puedan producir sin agroquímicos. Después de recorrer varios agroecosistemas de Chiloe, los técnicos de la ONG recolectaron cientos de muestras de papas nativas que las agricultoras indígenas todavía cultivan, y con este material y la colaboración de las agricultoras, establecieron bancos de semillas comunitarios donde más de 120 variedades tradicionales se cultivan año tras año sujetas a la selección y mejoramiento participativo de semillas. De esta manera, se inició un programa de conservación in-situ que involucra a varios agricultores de varias comunidades rurales, asegurando la conservación y el intercambio activo de variedades entre los agricultores participantes. A medida que más agricultores se unieron, esta estrategia permitió un suministro continuo de valiosas semillas para la subsistencia de los agricultores de escasos recursos y también proporcionó un depósito de diversidad genética vital para los futuros programas regionales de mejora de cultivos (Altieri 2002).

### **Movimientos sociales rurales, agroecología y soberanía alimentaria**

El desarrollo de la agricultura sostenible requerirá significativos cambios estructurales, además de innovación tecnológica y solidaridad entre los agricultores. Esto es imposible sin movimientos sociales que sean capaces de crear voluntad política entre los funcionarios con poder de decisión, para desmontar y transformar las instituciones y las regulaciones que actualmente frenan el desarrollo agrícola sostenible. Por esta razón, muchos autores sostienen que se necesita una transformación más radical de la agricultura. Una transformación que esté dirigida por la noción de que el cambio ecológico de la agricultura no puede promoverse sin cambios comparables en las arenas sociales, políticas, culturales y económicas que conforman y determinan la agricultura. Los movimientos campesinos e indígenas organizados que se basan en la agricultura (por ejemplo la Vía Campesina) hace mucho tiempo sostienen que los agricultores necesitan la tierra para producir la comida para sus propias comunidades y la población del país, y por esta razón han abogado por verdaderas reformas agrarias que les brinden acceso y

control de la tierra, el agua, la agrobiodiversidad, etc., las cuales son de vital importancia para que las comunidades sean capaces de satisfacer las crecientes demandas de comida. La Vía Campesina sostiene que a fin de proteger los sustentos, los empleos, la seguridad alimentaria y la salud de la gente, así como el medioambiente, la producción de alimentos tiene que permanecer en las manos de los agricultores de pequeña escala que usan métodos sostenibles y que no se puede dejar bajo el control de las grandes compañías agroindustriales o las cadenas de supermercados. Sólo al cambiar el modelo industrial agrexportador y basado en el libre comercio se puede frenar la espiral descendente de la pobreza, los salarios bajos, la migración rural, el hambre y la degradación ambiental (Rosset 2006). Los movimientos rurales sociales abrazan el concepto de soberanía alimentaria como una alternativa al modelo neoliberal que perpetua un comercio internacional injusto e incapaz de solucionar el problema de alimentos en el mundo. En su lugar, los esfuerzos deben enfocarse en la autonomía local, los mercados locales, los ciclos locales de producción-consumo, la soberanía energética y tecnológica, y la redes de agricultor a agricultor.

Varias exigencias están implícitas en el concepto de soberanía alimentaria (Rosset 2006, Rosset *et al.* 2006):

- Un cambio en el papel de subvenciones que apoyan a la gran producción, que causa excedentes de alimentos que inundan los países más pobres, hacia un sistema de incentivos ofrecidos a las familias agricultoras para mantenerlos en las tierras y apoyar economías rurales vibrantes y subvenciones que asistan con conservación del suelo, la transición a prácticas de agricultura sostenibles y mercados locales que paguen precios justos a los agricultores.
- La capacidad de priorizar la seguridad alimentaria local, regional, nacional por encima de la producción de exportación y la dependencia de las importaciones.
- Un cambio lejos de la agricultura intensiva de monocultivos, que depende del uso de altos niveles de pesticidas y cultivos transgénicos.
- La reconstrucción de economías e infraestructuras rurales, disminuyendo la inequidad en áreas rurales y entre áreas rurales y urbanas.
- Reforma agraria y redistribución y/o mejor acceso a las tierras.
- Un cambio en el equilibrio del poder en el escenario de la decisión de prioridades sobre aspectos relacionados a la seguridad alimentaria, hacia el control nacional, alejado de Corporaciones Transnacionales (auspiciado por las reglas de comercio de la OMC, NAFTA, etc.).

Es imperativo entender que la liberalización comercial sin control es el mecanismo clave que expulsa a los

agricultores de sus tierras y el principal obstáculo para el desarrollo económico y la soberanía alimentaria local. También es crucial entender que un enemigo clave de los agricultores son los precios bajos. Y los precios al productor siguen cayendo incluso mientras los precios al consumidor suben. Esto se debe a que la principal fuerza que fija los precios bajos al agricultor es la misma que fija los precios altos al consumidor: el control de monopolio que las corporaciones como Cargill, Archer Daniels Midland, Dreyfuss, Bunge, Nestlé, y otros ejercen sobre el sistema alimentario. Esto significa que deshacer estos monopolios a través del cumplimiento de las leyes anti monopolísticas a escala nacional y mundial, es un paso clave para asegurar que los agricultores puedan ganarse la vida con la tierra y los consumidores puedan tener acceso a comida barata, nutritiva y sana.

Estos movimientos entienden que dismantlar el complejo agroindustrial de los alimentos y restaurar los sistemas alimentarios locales se deben acompañar de la construcción de alternativas que satisfagan las necesidades de los productores a pequeña escala y los consumidores de bajos ingresos, y esto se opone al control corporativo de producción y consumo. Las estrategias apuntan a la ayuda en pro de la soberanía alimentaria y los movimientos campesinos de agricultura sostenible para documentar y compartir sus alternativas entre amplios sectores de la población rural y urbana capaces de crear voluntad política y alternativas avanzadas del sistema alimentario dirigidas al campesino.

### Perspectivas

No hay ninguna duda de que los campesinos en América Latina pueden producir la mayor parte de los alimentos que las comunidades rurales y urbanas necesitan, a pesar del cambio climático y los surgientes costos energéticos (Uphoff y Altieri 1999, Pretty *et al.* 2003). La evidencia es concluyente: los nuevos métodos agroecológicos y tecnologías encabezados por agricultores, ONGs y algunas instituciones locales ya están contribuyendo lo suficiente para la seguridad alimentaria a nivel local, regional y nacional. En muchos países, diferentes métodos agroecológicos y participativos muestran resultados muy positivos hasta en condiciones ambientales adversas. Entre estos potenciales se encuentran: aumentar las cosechas de cereal del 50 al 200 por ciento, incrementar la estabilidad de la producción a través de la diversificación, mejorar las dietas y los ingresos, contribuir a la seguridad alimentaria nacional e incluso exportar y conservar la base de los recursos naturales y la agrobiodiversidad (Uphoff y Altieri 1999). Muchos estudios muestran que las pequeñas granjas diversificadas pueden producir de 2 a 10 veces más por unidad de área que las granjas corporativas más grandes. En muchos países, la mayoría de granjas de pequeño y mediano tamaño muestran producciones

más altas que los agricultores convencionales, así como un impacto ambiental menor. Las granjas pequeñas son "multifuncionales," más productivas, más eficientes y contribuyen más al desarrollo económico que las granjas grandes. Las comunidades rodeadas por granjas pequeñas tienen economías más sanas que las comunidades rodeadas por despobladas granjas industriales de monocultivo. Los minifundistas también cuidan mejor los recursos naturales, incluyendo la reducción de la erosión del suelo y la conservación de la biodiversidad.

Para que el potencial y la difusión de estas miles de innovaciones agroecológicas locales se realicen, dependerá de varios factores y acciones. En primer lugar, las estrategias agroecológicas propuestas tienen que apuntar deliberadamente a los pobres, y no solamente a aumentar la producción y conservar los recursos naturales, sino también a generar empleo, brindar acceso a los mercados locales y/o nacionales. Las nuevas estrategias tienen que enfocarse en facilitar el aprendizaje del agricultor para que se conviertan en expertos en agroecología y aprovechen las oportunidades en sus diferentes ambientes (Uphoff 2002).

En segundo lugar, los investigadores y los profesionales del desarrollo rural tendrán que traducir los principios ecológicos generales y los conceptos de manejo de recursos naturales en recomendaciones prácticas directamente relevantes a las necesidades y las circunstancias de los campesinos. Un enfoque en tecnologías de conservación de recursos, que utilice eficazmente el trabajo, y en sistemas de agricultura diversificados basados en procesos de ecosistema naturales serán esenciales. Esto implica un claro entendimiento de la relación entre biodiversidad y función de agroecosistemas y la identificación de prácticas y diseños de manejo que mejorarán la clase de biodiversidad apropiada, la cual a su vez contribuirá al mantenimiento y productividad de los agroecosistemas (Altieri 1995, Gliessman 1998).

Cualquier intento serio por desarrollar tecnologías agrícolas sostenibles tiene que utilizar conocimientos y habilidades locales en el proceso de investigación (Richards 1995, Toledo *et al.* 1985). Se debe involucrar a los agricultores en la formulación de la agenda de investigación y en su participación activa en el proceso de innovación y diseminación tecnológica a través de metodologías de Campesino a Campesino que se enfoquen en compartir las experiencias, fortalecer las capacidades la investigación local y de resolver problemas (Holt-Gimenez 2006).

En tercer lugar, se tienen que dar grandes cambios en las políticas, las instituciones, la investigación y el desarrollo para asegurar que se adopten las alternativas agroecológicas, y que sean accesibles amplia y equitativamente, y se multipliquen con el fin de que se pueda obtener todo su beneficio para la seguridad alimentaria general. Se tienen que dismantlar los subsidios y los incentivos de política existentes para los métodos quí-

micos convencionales. Tiene que cuestionarse el control corporativo sobre el sistema alimentario. Los gobiernos y las organizaciones públicas internacionales tienen que motivar y apoyar alianzas eficaces entre organizaciones no gubernamentales, universidades locales, y organizaciones de agricultores con el objetivo de asistir y ponderar a los agricultores pobres para que alcancen seguridad alimentaria, generación de ingresos, y la conservación de los recursos naturales.

También hay una necesidad de aumentar los ingresos rurales a través de intervenciones más que de mejorar las producciones, tales como el mercadeo y actividades de procesos complementarios como la pequeña agroindustria. Por eso es que también se deben desarrollar oportunidades equitativas de mercado, enfatizando un comercio justo y otros mecanismos que unan a agricultores y consumidores más directamente. El desafío máximo es incrementar la inversión y la investigación en agroecología y difundir las lecciones derivadas de aquellos proyectos que han demostrado ya ser exitosos para miles de agricultores. Esto generará un impacto significativo en los ingresos, la seguridad alimentaria, y el bienestar ambiental de la población del mundo, sobre todo de los millones de agricultores pobres que la tecnología agrícola moderna no ha tocado.

Se necesita una acción concertada para que las compañías multinacionales y los funcionarios del gobierno sientan la demanda de los movimientos sociales, presionándolos para asegurar que todos los países retengan el derecho de alcanzar la soberanía alimentaria al desarrollar sus propias políticas locales alimentarias y agrícolas que respondan a las verdaderas necesidades de sus agricultores y todos los consumidores, sobre todo los pobres.

Considerando la urgencia de los problemas que afectan la agricultura, se requieren coaliciones entre agricultores, organizaciones de la sociedad civil (incluyendo consumidores), así como importantes organizaciones de investigación comprometidas, que puedan promover con rapidez la agricultura sostenible. Avanzar hacia una agricultura socialmente justa, económicamente viable, y ambientalmente sana, será el resultado de la acción coordinada de movimientos sociales emergentes en el sector rural en alianza con organizaciones de la sociedad civil que están comprometidas apoyando las metas de estos movimientos de agricultores. La expectativa consiste en que a través de la presión política constante de los agricultores organizados y los grupos aliados de la sociedad civil, los políticos sean más responsables de desarrollar y lanzar políticas que conduzcan a mejorar la soberanía alimentaria, preservar la base del recurso natural, y asegurar una igualdad social y una viabilidad económica.

El nuevo orden del día de la investigación requerirá realineamientos institucionales y, si es relevante para el pequeño y mediano agricultor, debe ser bajo la in-

fluencia de la agroecología con su énfasis en sistemas complejos de agricultura, técnicas exigentes de mano de obra, y uso de recursos orgánicos y locales. Esto significa que las soluciones tecnológicas tendrán que ser específicas de sitio y mucho más intensas en información, en vez de intensas en capital. A su vez esto implicará utilizar más el conocimiento campesino y además el brindar apoyo a los agricultores para que aumenten sus habilidades de manejo, como por ejemplo se hace con éxito en Cuba desde la caída del bloque socialista (Funes *et al.* 2001).

Mucho más importante, el proceso agroecológico requiere la participación y el mejoramiento del nivel cultural ecológico del agricultor sobre sus granjas y recursos, sentando las bases para la potenciación y la continua innovación por las comunidades rurales. Depende de inversiones políticas y cambios de actitud por parte de investigadores y políticos, para que el potencial y la extensión de estas miles de innovaciones agroecológicas locales se realicen. Los principales cambios tienen que darse en las instituciones, la investigación y desarrollo, y las políticas para asegurar que las alternativas agroecológicas se adopten, sean equitativa y ampliamente accesibles y se multipliquen de modo que pueda manifestarse su beneficio total para la seguridad alimentaria. Tiene que desmontarse las subvenciones existentes y los incentivos políticos para los métodos químicos convencionales. También tiene que cuestionarse el control corporativo del sistema alimentario. Los gobiernos y las organizaciones públicas internacionales deben fomentar y apoyar sociedades eficaces entre organizaciones no gubernamentales, universidades locales y organizaciones de agricultores a fin de asistir y dar poder a agricultores pobres para que obtengan seguridad alimentaria, generación de ingresos y conservación de recursos naturales.

Las oportunidades de mercados equitativos también deben desarrollarse, enfatizando los esquemas de distribución y comercialización local, los precios justos y otros mecanismos que unen a agricultores y consumidores más directamente y de manera más solidaria. El desafío máximo es aumentar la inversión y la investigación en agroecología, y perfeccionar los proyectos que ya mostrado ser exitosos para miles de agricultores. Esto generará un impacto significativo en los ingresos, la seguridad alimentaria y el bienestar ambiental de toda la población, en especial de minifundistas que han sido afectados negativamente por la política moderna y la tecnología agrícola convencional.

"Greening", la revolución verde, no será suficiente para reducir el hambre y la pobreza; ni para conservar la biodiversidad. Si las causas primordiales del hambre, la pobreza y la injusticia no se enfrentan cara a cara, las tensas relaciones entre el desarrollo social equitativo y la conservación ecológica sana, se acentuarán obligatoriamente. Los sistemas de agricultura ecológica que

no cuestionen la naturaleza del monocultivo y dependen de insumos externos así como en costosos sellos de certificación extranjeros, o de sistemas de comercio justos destinados sólo a la agro-exportación, ofrecen muy poco a los minifundistas, ya que estos se hacen dependientes de ingresos externos y mercados extranjeros volátiles. Los mercados orgánicos o justos para los ricos del norte, presentan los mismos problemas de cualquier esquema de agro-exportación que no prioriza la soberanía alimentaria perpetuando la dependencia y el hambre. Al mantenerse la dependencia de los agricultores sobre métodos de sustitución de insumos, contribuye muy poco para guiar a los agricultores hacia una optimización productiva de los agroecosistemas que los aleje de la dependencia de ingresos externos y dependa más del diseño agroecológico que privilegia los procesos más que los insumos.

## Referencias

- Altieri MA. 2002. Agroecología: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93: 1-24.
- Altieri MA. 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and Environment* 2: 35-42.
- Altieri MA. 1995. Agroecología: the science of sustainable agriculture. Westview Press, Boulder.
- Altieri MA. 1999. Applying agroecología to enhance productivity of peasant farming systems in Latin America. *Environment, Development and Sustainability* 1: 197-217.
- Browder JO. 1989. Fragile lands in Latin America: strategies for Sustainable Development. Westview Press, Boulder.
- Beets WC. 1982. Multiple cropping and tropical farming systems. Westview Press, Boulder.
- Buckles D, Triomphe B, Sain G. 1998. Cover crops in hillside agriculture: farmer innovation with Mucuna. International Development Research Center, Ottawa, Canada.
- Denevan WM. 1995. Prehistoric agricultural methods as models for sustainability. *Advanced Plant Pathology* 11: 21-43.
- Flores M. 1989. El frijol terciopelo: an alternative to improve small farmers' agriculture. *ILEIA Newsletter* 5: 8-9.
- Funes F, García L, Bourque M, Pérez N, Rosset P. 2001. Transformando el campo Cubano: avances de la agricultura sostenible. ACTAF, Habana.
- Gliessman SR. 1998. Agroecología: ecological process in sustainable agriculture. Ann Arbor Press, Michigan.
- Holt-Gimenez E. 2006. Campesino a Campesino: voices from Latin America's Farmer to Farmer movement for sustainable agriculture. Food First Books, Oakland. 226p.
- Holt-Gimenez E. 2001. Measuring farms agroecológico resistance to Hurricane Mitch. *LEISA* 17: 18-20.
- Jarvis DI, Padoch C, Cooper D (eds.). 2007. Managing biodiversity in agricultural ecosystems. Columbia University Press, New York.
- Jiménez-Osornio J, del Amo S. 1986. An intensive Mexican traditional agroecosystem: the chinampa. Proc. 6th International Scientific Conference IFOAM, Santa Cruz, California.
- Lin BB. 2007. Agroforestería management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 144: 85-94.
- Natarajan M, Willey RW. 1996. The effects of water stress on yield advantages of intercropping systems. *Field Crops Research* 13: 117-131.
- Ortega E. 1986. Peasant agriculture in Latin America. Joint ECLAC/FAO Agriculture Division, Santiago.
- Pretty J, Morrison JIL, Hine RE. 2003. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95: 217-234.
- Richards P. 1985. Indigenous Agricultural Revolution: ecology and food production in West Africa. West View Press, Boulder.
- Rosset PM. 2006. Food is different: why we must get the WTO out of agriculture. *Mundial Issues*. Fernwood Publishing, Nova Scotia.
- Rosset PM, Patel R, Courville M. 2006. Promised land: competing visions of agrarian reform. Food First Books, Oakland.
- Sanders WT. 1957. Tierra y agua: a study of the ecological factors in the development of Meso-American civilizations. PhD Dissertation, Harvard University.
- Toledo VM, Carabias J, Mapes C, Toledo C. 1985. Ecología y Autosuficiencia Alimentaria. Siglo Veintiuno Editores, Mexico City.
- Uphoff N. 2002. Agroecológico innovations: increasing food production with participatory development. Earthscan, London.
- Uphoff N, Altieri MA. 1999. Alternatives to conventional modern agriculture for meeting world food needs in the next century. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development. Ithaca, NY. 37 p.

# LA SOBERANÍA ALIMENTARIA: CULTIVANDO NUEVAS ALIANZAS ENTRE CAMPO, BOSQUE Y CIUDAD

**Bruce G. Ferguson<sup>1</sup>, Helda Morales<sup>1</sup>, Aldo González Rojas<sup>2</sup>, Felipe de Jesús Íñiguez Pérez<sup>3</sup>, María Elena Martínez Torres<sup>4,5</sup>, Kathleen McAfee<sup>6</sup>, Ron Nigh<sup>5</sup>, Ivette Perfecto<sup>7</sup>, Stacy M. Philpott<sup>8</sup>, Lorena Soto Pinto<sup>1</sup>, John Vandermeer<sup>7</sup>, Rosa María Vidal<sup>9</sup>, León Enrique Ávila Romero<sup>10</sup>, Héctor Bernardino<sup>10</sup>, Rosario Realpozo Reyes<sup>10</sup>**

<sup>1</sup>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), <sup>2</sup>Unión de Organizaciones de la Sierra Juárez de Oaxaca (UNOSJO), <sup>3</sup>Movimiento Agroecológico Latinoamericano (MAELA), <sup>4</sup>Desarrollo Alternativo A.C. (DESAL), <sup>5</sup>Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) del Sureste, <sup>6</sup>San Francisco State University, <sup>7</sup>University of Michigan, <sup>8</sup>University of Toledo, <sup>9</sup>Pronatura Chiapas, <sup>10</sup>Universidad Intercultural de Chiapas. E-mail: bgfecosur@gmail.com.

## Resumen

En junio de 2008 convocamos un foro-taller en Chiapas, México para potencializar alianzas entre organizaciones campesinas, conservacionistas y académicos. Los ponentes trazaron la evolución de las relaciones entre sistemas productivos, bosques y biodiversidad desde la época prehispánica hasta la actual crisis de la economía neoliberal y la agricultura industrial. También delinearon un nuevo paradigma para la conservación en donde los campesinos son protagonistas. En grupos de trabajo, elaboramos propuestas para cimentar una agenda común entre los distintos sectores representados. Las redes de cooperación emergieron como estructuras para coordinar acción y facilitar el intercambio de información y apoyo a distintas escalas geográficas. Los mercados solidarios son la confluencia de diversos intereses en donde se pueden constituir dichas redes. También identificamos algunos temas específicos de trabajo, entre ellos: los agrocombustibles y la soberanía energética, los servicios ambientales y la educación para el campo. La biodiversidad y la soberanía alimentaria y territorial son los ejes de esta agenda de cooperación, que forma parte de una lucha internacional para reconstruir nuestros sistemas alimenticios.

**Palabras clave:** Agrocombustibles, biodiversidad, educación agroecológica, mercados solidarios, redes de cooperación, servicios ambientales, soberanía energética.

## Summary

### Food sovereignty: Cultivating new alliances among fields, forests and cities

In June, 2008, we convoked a forum and workshop in Chiapas, Mexico to strengthen alliances among farmers' organizations, conservationists and academics. Speakers outlined the evolution of the relations among production systems, forests and biodiversity from the prehispanic era through the current crisis in the neoliberal economic model and industrial agriculture. They also framed a new conservation paradigm that prioritizes the role of farmers. We formed working groups that elaborated proposals for collaboration among the participating sectors. Cooperative networks emerged as appropriate structures for coordinating action and facilitating the exchange of information and support at various geographic scales. Solidarity-based markets are a venue where diverse interests converge, favoring the formation of such networks. We also identified some specific issues for collaboration, including: agrofuels and energy sovereignty, environmental services and rural education. Biodiversity and food sovereignty are the two axes of this agenda for cooperation that forms part of an international struggle to reconstruct our food systems.

**Key words:** Agroecological education, agrofuels, biodiversity, cooperative networks, energy sovereignty, environmental services, solidarity-based markets.

## Introducción

La pobreza rural en el Sur global, la degradación de los recursos naturales y la pérdida de la biodiversidad

tropical tienen raíces comunes. No obstante, el potencial para colaboración entre campesinos y conservacionistas regularmente no se realiza, en parte por la desconfianza que se ha desarrollado alrededor del control



de la tierra y los recursos naturales. En pocos lugares ha llegado esta desconfianza a tal extremo como en Chiapas, en parte por la política del estado al encubrir y justificar su campaña contrainsurgente como esfuerzo de conservación de bosques (Harvey 2001).

Sin embargo, también se debe a la persistencia de ortodoxias dentro de la comunidad conservacionista y el sector de la sociedad civil que vela por los derechos campesinos. Muchas ONG conservacionistas internacionales y biólogos de la conservación mantienen una visión de la naturaleza prístina cada vez más fragmentada y acosada por la actividad humana. En su formulación más simplista, esta visión trata al campesino como el agente directo de la degradación y destrucción, y aunque puede haber simpatía por sus motivos, ve urgente parar sus avances para proteger lo poquito que nos queda de la naturaleza. Frente a este escenario, las comunidades campesinas e indígenas y la sociedad civil frecuentemente rechazan iniciativas de conservación y de investigación alrededor del tema. Para ellos, el riesgo de pérdida de control local sobre los recursos pesa más que el posible beneficio de colaboración.

La agroecología, como movimiento social y campo académico, ofrece alternativas a esta confrontación. Reconoce que el ser humano es una especie clave en la estructuración de los ecosistemas. Valora el conocimiento acumulado en el manejo tradicional de la tierra. Aprecia la diversidad biológica presente en las tierras bien manejadas, y el papel de estas tierras como corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. A la vez, reconoce que la productividad agrícola y el bienestar de las comunidades rurales dependen del funcionamiento ecológico y la diversidad biológica a nivel de parcela y de paisaje. Bajo esta visión, la sociedad rural y la diversidad biológica son mutuamente dependientes y ambas están amenazadas por las estructuras de los mercados internacionales, el cambio climático, la migración, la corrupción y la falta de inversión en el campo. Este enfoque facilita alianzas entre campesinos, conservacionistas y agroecólogos frente a sus retos compartidos.

Para fomentar dichas alianzas, representantes de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), El Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), El Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano (CECCAM), Desarrollo Alternativo A.C. (DESAL), y el New World Agriculture and Ecology Group (NWAEG) organizamos un Foro-Taller en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México el 19 y 20 de junio de 2008 con el tema "Bosques, Agricultura y Sociedad: Cultivando Nuevas Alianzas". Buscamos identificar temas de interés común y estructuras para colaboración. Asistimos 168 personas entre académicos, representantes campesinos, instancias de gobierno y diversas ONG de América, Europa y Asia. Los temas tratados reflejan el contexto político-social del momento; el mundo ya se encontraba en crisis alimentaria y energética, con alzas súbitas

en los precios en estos sectores, y empezaba además la crisis financiera. Dedicamos el primer día del encuentro a ponencias para estimular el diálogo. El segundo día, formamos mesas de trabajo para discutir posibles ejes de colaboración. Los temas de las mesas incluyeron la crisis alimentaria, los agrocombustibles, y la soberanía alimentaria; estrategias y estructuras para la colaboración campesina-científica-conservacionista; los pagos por servicios ambientales; y la relación bosques-suelos-alimentos-salud como base para una nueva relación entre campo y ciudad.

En este documento, los organizadores, ponentes y vocales de mesas de discusión pretendemos sintetizar las diversas perspectivas expresadas<sup>1</sup>. Nuestros argumentos se fundamentan en una corriente emergente en la biología de la conservación y en la historia y actualidad de la relación bosques-campesinos, por lo que iniciamos con una reseña de este contexto antes de presentar propuestas. Enfatizamos los puntos de acuerdo general, pero también las diferencias tanto de visión como de estrategia. Señalamos los vacíos de información identificados en el foro, invitando a los agroecólogos a que los cubran en sus investigaciones científicas. Por el contexto del foro, nos referimos mucho al sur de México, pero presentamos ideas y ejemplos de muchos lugares, y consideramos que la relevancia de nuestras conclusiones es amplia.

### **Un nuevo paradigma para la conservación** (Vandermeer)

Durante la última década, la ecología de poblaciones ha pasado por un cambio fundamental. Los ecólogos han reconocido que, aún en ambientes uniformes, las poblaciones de organismos se distribuyen en manchas. Una población compuesta de subpoblaciones distribuidas de esta manera se llama metapoblación. Hay migración entre manchas de organismos, y las poblaciones constantemente van apareciendo en un parche de hábitat y extinguiéndose en otro. Reconocemos ahora que estas extinciones locales son un aspecto ubicuo e inevitable de la naturaleza. Cuando las extinciones locales están balanceadas por la migración se evita la extinción global, y cuando la migración disminuye, la extinción global es más probable.

El hábitat para muchas especies tropicales está fragmentado, pero la matriz agropecuaria entre los parches de hábitat no es uniforme. El manejo agrícola determina la calidad de la matriz, y consecuentemente la tasa de migración y la probabilidad de sobrevivencia o extinción de las metapoblaciones y especies. La agricultura campesina diversificada, como las milpas y los cafeta-

1 Atribuimos algunas ideas a los ponentes específicos nombrados entre paréntesis. Dado que el texto resume las ponencias y discusiones, no presentamos citas bibliográficas sistemáticas.

les tradicionales, forma una matriz de alta calidad, facilitando la migración. La agricultura industrial, monocultivos dependientes de insumos químicos, impide la migración. Al analizar la teoría de metapoblaciones en conjunto con la realidad del campo latinoamericano, resulta imprescindible buscar un nuevo paradigma para la conservación de la biodiversidad. Los esfuerzos para la conservación serán más eficaces si se enfocan menos en las extinciones locales y más en las tasas de migración. Es decir, las organizaciones conservacionistas, los ecólogos y los biólogos de la conservación debemos preocuparnos más por lo que está pasando en la matriz de ecosistemas manejados. La siguiente sección discute cómo la agricultura mesoamericana se ha desarrollado en íntima relación con el bosque, y cómo ha quedado marginado a raíz de la colonización, la industrialización de la agricultura, y las políticas neoliberales de comercio y conservación.

### **Dinámica de la relación entre pueblos y paisajes mesoamericanos**

#### **1. Evolución de la cultura agroforestal maya (Nigh)**

Domina la idea en la academia de que los mayas destruyeron su bosque y que esta fue la razón del colapso de la sociedad clásica. Sin embargo, basándonos en nuevos datos genéticos, paleoecológicos y arqueológicos, mantenemos que es equivocada la idea de un antagonismo intrínseco entre su agricultura y el bosque.

A nivel mesoamericano durante los últimos 10000 años, hay una tendencia a largo plazo hacia un clima más seco y fresco, pero con periodos de inestabilidad debido principalmente a oscilaciones en las corrientes oceánicas, en particular El Niño. Estos son periodos de gran precipitación y tormentas y otros periodos de sequía que duran hasta 30 años (Haug *et al.* 2003, Hillebrand *et al.* 2005). Fue durante uno de estos periodos de inestabilidad, hace 4000 a 3000 años, que se empieza a establecer el patrón de vida hoy llamado Maya. Pensamos que este patrón de vida, incluyendo la domesticación de muchos cultivos, fue una respuesta creativa a estos grandes cambios. Hubo un período de 2000 años o más, en que la gente cultivaba una gran canasta de productos en íntima relación con la selva, no en pueblos. Postulamos durante este periodo se forma la cultura ecológica mesoamericana, fuente del gran conocimiento que todavía guía a los pueblos en nuestras zonas (Nigh 2008).

La milpa maya es un sistema agroforestal de pequeños claros inmersos en una matriz de bosque. Esta configuración asegura la regeneración forestal, conserva las condiciones microecológicas ideales, protege contra plagas, y mantiene la biodiversidad. Una herramienta fundamental para la agricultura maya es la quema de baja temperatura que aporta carbón de materia vegetal no completamente quemada. Este carbón negro se

mantiene en el suelo durante siglos y contribuye a la fertilidad. Los milperos controlan de varias maneras los procesos de regeneración de los bosques, acelerándolo y enriqueciendo el barbecho con plantas útiles, incluyendo plantas que enriquecen el suelo (Diemont *et al.* 2006, Diemont y Martin 2009). Así que la Selva Maya que hoy vemos es un bosque construido durante miles de años de manejo intencional (Nigh 2008). Las milpas tradicionales de los Lacandones y otros Mayas de hoy aún demuestran esta íntima relación con el bosque.

#### **2. La época colonial y la revolución mexicana (González Rojas)**

Para los pueblos originarios el humano es solo un ser más que convive con el resto de seres vivos materiales y espirituales. Por eso, hay una alta correspondencia entre los territorios indígenas y la biodiversidad. Pero los territorios de los pueblos originarios de México han sido permanentemente acosados y fragmentados. En la época de la colonia no se reconocieron las tierras de las comunidades indígenas como tradicionalmente se habían delimitado, y muchas veces un pedazo de tierra fue dotado a dos comunidades vecinas con la intención de que lucharan entre sí. De esa manera los colonizadores españoles mantenían el control político de esas comunidades. Los valles fueron ocupados por los colonizadores, y posteriormente por la gente que se dedicó a formas de agricultura y ganadería comerciales que perjudicaron la naturaleza. Los indígenas fueron empujados hacia tierras quebradas y montañas, donde hasta la fecha mantienen altos niveles de biodiversidad.

Como resultado de la Revolución Mexicana, el artículo 27 de la Constitución de 1917 reconoció el derecho de las comunidades que podían comprobar su posesión de sus tierras de recibir un título como comunidad agraria, mientras que los campesinos o indígenas que no tuvieron tierras fueron dotados del ejido. Esto ha sido una de las ganancias históricas más importantes para estos pueblos.

#### **El auge de la agricultura industrial**

El modelo de agricultura industrial impulsado por las empresas productoras de insumos, los gobiernos y la academia desde el fin de la segunda guerra mundial, ha transformado nuestras relaciones con los alimentos y los bosques (Vandermeer). Este modelo busca sustituir con abonos químicos, plaguicidas, semillas híbridas (y ahora transgénicas), combustibles fósiles y maquinaria la función que siempre había cumplido la biodiversidad, la semilla criolla, los suelos vivos, los barbechos manejados y las manos y mente del productor en el agroecosistema. Los bosques tropicales han sido fragmentados y los monocultivos industriales inhiben la migración de diversos organismos entre los parches de bosque, resultando en extinciones locales y eventualmente globales (Vandermeer).

El rompimiento de la relación íntima del bosque con la agricultura también rompe los ciclos de nutrientes, y como resultado, el deteriora la calidad de los alimentos (Nigh). Los productos de la agricultura convencional contienen niveles menores de muchos nutrientes (Halweil 2007, Davis 2009) y la deficiencia de nutrientes es una de las causas del auge de las enfermedades crónicas degenerativas, la diabetes, varias formas de cáncer y problemas cardiovasculares. Las consecuencias para México de una dieta cada vez más industrializada han sido drásticas. La obesidad es cada vez más prevalente y la tasa de diabetes en adultos, ahora la causa número uno de muerte, es de 8.1%.

La ganadería basada en monocultivos de gramíneas ha sido particularmente perjudicial para los bosques porque ha recibido muchos apoyos gubernamentales, emplea quemas a gran escala, y figura entre las estrategias dominantes de manejo de la tierra (Vidal). La ganadería basada en monocultivos de pastos va degradando los suelos y desplazando tanto los bosques (Vidal) como los modos tradicionales de producción (González Rojas) y amenazando las áreas protegidas (Vidal).

En contraste, los cafetales de sombra son sistemas agroforestales que, por su estructura, manejo y coincidencia con zonas de alta biodiversidad, juegan un papel importante en varias regiones tropicales a nivel global (Moguel y Toledo 1999, Perfecto *et al.* 2007, Philpott *et al.* 2008). Sin embargo, también se encuentran amenazados por la industrialización de la agricultura. Durante los últimos 50 años, aproximadamente, los gobiernos y extensionistas agrícolas han impulsado la simplificación o eliminación total de la sombra, un proceso que se está acelerando en el Soconusco de Chiapas. La eliminación de la sombra no necesariamente aumenta la producción de café (Soto Pinto *et al.* 2002), pero puede aumentar los costos de manejo, y eliminar diversos productos de los árboles del cafetal que diversificaban los ingresos de los productores y contribuían a su soberanía alimentaria.

El sector forestal también depende cada vez más de los monocultivos industriales (Íñiguez Pérez). La FAO y algunos gobiernos definen estas plantaciones como "bosques" pero las comunidades las ven como "desiertos verdes" u otros términos similares. Los numerosos efectos sociales y ambientales de las plantaciones incluyen la destrucción de la biodiversidad, y la degradación del suelo y los mantos freáticos. Por las divisiones de labores tradicionales, las mujeres muchas veces son las más afectadas por estos impactos. Con el fin de repensar el papel de los conocimientos científicos y la tecnología frente al hambre, la pobreza y la degradación ambiental, el IAASTD realizó la evaluación global de la agricultura (IAASTD 2009a, b). En el panel, formado por expertos del mundo entero, se contó con la participación de la sociedad civil como autores del documento y como tomadores de decisiones. La conclusión central de ISTAAD es que perpetuar el status quo en la agricultura y alimentación no es una opción viable.

### Estrategias de desarrollo y conservación en la época neoliberal

La apertura de los mercados internacionales y otros "ajustes estructurales" impulsados por políticas neoliberales han restado el control de la tierra a las comunidades campesinas e indígenas (IAASTD 2009a). En México, se dio marcha atrás a las ganancias de la revolución con la reforma constitucional de 1992 que permite que las tierras de los pueblos indígenas se conviertan en ejidos, y que los ejidos se conviertan en pequeña propiedad (González Rojas, Vidal). La reforma también da acceso a estas tierras o a los recursos existentes en ellas a terceros, incluyendo a empresas transnacionales (González Rojas). Desde entonces, ha habido cambios estructurales profundos en el campo mexicano, incluyendo la desarticulación de los ejidos y su visión común del manejo de sus bosques y otros recursos. Estos "ajustes" han provocado una gran oleada de migración hacia las ciudades, los destinos turísticos y el extranjero.

La apertura de los mercados al "libre comercio", el "dumping" de excedentes de producción del extranjero ha debilitado al sector campesino (IAASTD 2009b). En el sector forestal, el libre comercio ha permitido la entrada de madera barata que no da oportunidad a la madera producida por los campesinos (Vidal).

Muchos de los programas diseñados para implementar los tratados acordados en la cumbre de Río en 1992, han sido contruidos en base a una estrategia que podemos denominar "vendiendo la naturaleza para salvarla." Estos programas traducen los beneficios de la naturaleza a bienes intercambiables con valor de mercado (McAfee, González Rojas).

Los productos forestales no maderables y los servicios ambientales han sido de particular interés en México (González Rojas). Se han impulsado nuevos negocios entre las comunidades y agentes externos relacionados con los productos no maderables. Estos agentes externos incluyen a empresas transnacionales como Sandoz (ahora Novartis) que firmó un convenio con cuatro comunidades de la Sierra Juárez para la extracción de hongos microscópicos. Este convenio causó consternación en comunidades vecinas, quienes por compartir una herencia cultural y ecológica muy parecida con las comunidades firmantes, estaban preocupadas de perder derechos relacionados con las especies en sus territorios.

Se puede considerar que los pagos por acceso a la biodiversidad en los territorios indígenas y campesinos constituyeron el primer mercado global en servicios ambientales (McAfee). Los pagos por servicios ambientales (PSA) funcionan bajo el supuesto erróneo (González Rojas, Íñiguez Pérez) de que los campesinos no tienen interés o razones para conservar su bosque más que una razón económica (McAfee). Los PSA supuestamente tienen muchos beneficios: las compañías se podrían beneficiar por las ventas de sus productos, luego las comunidades podrían tener acceso a

fondos mediante la venta de material genético u otro servicio, y la naturaleza gana porque la gente se interesa más en conservar los bosques. Sin embargo, en realidad pocos fondos han sido transferidos del norte al sur.

Más recientemente, se están desarrollando mercados en otros servicios ambientales, incluyendo la protección de cuencas hidrográficas, la captura de agua, y sobre todo, la captura de carbono (McAfee). Los políticos y ambientalistas de los países más ricos, decidieron hace poco que gran parte de la solución para los problemas globales ambientales, en especial el cambio climático y la extinción de especies, puede lograrse al convencer a los gobiernos y a las personas de países tropicales a conservar sus bosques y reforestar. Entonces los gobiernos y organismos como el Banco Mundial están desarrollando mercados para créditos que pueden comprar las empresas contaminadoras para compensar sus emisiones. Menos de la mitad (a veces la décima parte) de este dinero es invertida en programas que contribuyen a la captura y almacenamiento de carbono en el sur global.

Los sistemas de certificación o “sellos verdes” son otra herramienta de mercado propuesta para fomentar el desarrollo sustentable. En México, estas certificaciones han ganado particular importancia en los mercados de café (Philpott *et al.* 2007). Actualmente, existen sellos para el café orgánico, de sombra (el sello de amigable con las aves del Smithsonian, y el de Rainforest Alliance) y de comercio justo. Sin embargo, cada esquema de certificación tiene sus puntos débiles: los de comercio justo y Rainforest Alliance permiten el uso de plaguicidas; el sello orgánico no tiene criterios cuantitativos respecto a la sombra; el de Rain Forest Alliance permite eliminar la sombra en parte de la parcela si se conserva el bosque en otra parte; el de comercio justo limita el número de participantes y no garantiza un sobreprecio cuando el mercado del café está bueno; ni Rainforest Alliance ni Smithsonian ofrece un sobreprecio; y los criterios del Smithsonian son muy difíciles de cumplir. Las certificaciones tienen costos de inscripción e inspección entre otros y los beneficios varían de programa a programa, a veces sin dejar un beneficio económico para los productores. Las certificaciones de café son incentivos de mercado en primer lugar y se manejan desde los Estados Unidos, Alemania y Holanda. Como los PSA, los mercados de nicho para productos de exportación pueden ser un elemento en una estrategia de desarrollo, pero no el eje central.

### **Propuestas para cultivar nuevas alianzas entre productores y conservacionistas**

Este documento enfatiza las propuestas que involucran a los académicos, pero también señalamos aspectos que deben trabajarse desde las comunidades y a otros niveles institucionales y de gobiernos. Además indicamos los puntos donde no alcanzamos un consenso sobre cómo proceder, con el fin de que sirva de insumo para futuras discusiones.

En nuestras discusiones, la soberanía surgió como el eje central para estructurar alianzas para enfrentar los retos del campo y los sistemas agroalimentarios. La Vía Campesina y muchas organizaciones más han adoptado la soberanía alimentaria como un principio organizador. Según la Red de Soberanía Alimentaria, “Soberanía alimentaria es el derecho de los pueblos a definir su propia alimentación y agricultura, a proteger y regular la producción y comercialización nacional a fin de lograr objetivos de desarrollo sostenible...” Este concepto se puede extender hacia todos los territorios habitados y manejados por los campesinos. Encaja perfectamente con una visión de conservación en los paisajes y sistemas agrícolas, al vincular la conservación con la alimentación (Perfecto *et al.* 2009). Los académicos y conservacionistas deben de ponerse al servicio de este amplio movimiento social para la soberanía alimentaria.

### **Valorando los conocimientos tradicionales**

En muchos agroecosistemas tradicionales, la energía, los materiales, los nutrientes y los organismos domésticos y silvestres fluyen de manera eficiente en paisajes que integran a los agroecosistemas con los bosques. La producción agroecológica parte de una visión holística similar, y no de la simple sustitución de insumos orgánicos como sustituir un insecticida químico con uno biológico, o un fertilizante químico por humus de lombriz. Muchos campesinos latinoamericanos ya practican la agroecología aunque no lo conozcan por ese nombre, y los agroecólogos podemos aprender mucho de ellos.

A veces se detiene este acercamiento por la desconfianza a los investigadores, ya sea por experiencias previas o por falta de conocimiento. Algunos estudios utilizan el conocimiento local sin reconocer su papel. Algunos entregan resultados a la comunidad pero en una forma que le resulta inútil porque no saben o no les interesa comunicarse de una forma sencilla y clara. Además, algunos investigadores llegan con una actitud de superioridad y desacreditan el conocimiento local.

Tristemente, en muchos casos los mismos campesinos tampoco valoran su conocimiento o el conocimiento de sus ancestros. Al documentar y explorar los mecanismos detrás del conocimiento local, los académicos pueden ayudar a que este sea revalorado por los mismos agricultores, brindándoles mejores elementos para hacer suyas o rechazar nuevas tecnologías que les presenten el gobierno u otras organizaciones. Propuestas concretas para alcanzar este objetivo son: 1. Hacer llegar los resultados de nuestros estudios sobre el conocimiento local a las comunidades, 2. Facilitar la formación de grupos de trabajo locales que se involucren en el proceso educativo en la comunidad y 3. Entregar certificados de excelencia a los productores destacados por su trabajo en pro de la producción agrícola y la conservación de los recursos naturales y culturales.



### **Valorando (y revalorando) los conocimientos científicos**

El papel que la investigación científica juega en la toma de decisiones es innegable. Los estudios sobre temas como las prácticas agroecológicas, el conocimiento tradicional, los mercados locales, las consecuencias del pago por servicios ambientales, los agrocombustibles, los cultivos transgénicos, los plaguicidas y el manejo del paisaje pueden servir en la búsqueda de la soberanía alimentaria y territorial.

No obstante, en algunas comunidades se ha desvirtuado el trabajo científico. Esto se puede deber a que algunos estudios carecen de pertinencia social, muestran una falta de consciencia del contexto sociopolítico y están desvinculados de los retos inmediatos de los productores. Estas limitaciones surgen en parte porque las instituciones exigen investigación de punta, no la resolución de problemas utilizando técnicas ya conocidas. Las políticas institucionales y los financiamientos muchas veces no facilitan vínculos entre campesinos, ONG y académicos. Las pocas agencias que facilitaban la comunicación entre campesinos e investigadores prácticamente desaparecieron con los ajustes neoliberales. Algunas agencias no gubernamentales atienden los problemas del campo, pero generalmente están desvinculadas con los centros de investigación, les faltan recursos económicos y materiales, y ante la crisis económica se están debilitando aún más. Las experiencias de colaboración entre campesinos e investigadores son casos aislados que han logrado algún éxito por la buena voluntad de ambas partes.

La mesa que discutió este tema propuso que se puede abordar problemas inmediatos y así construir una colaboración capaz de explorar preguntas más complejas. Al llevar tecnologías que impacten rápida e impresionantemente se puede generar confianza. Sin embargo, no siempre encontraremos problemas sencillos a resolver con las técnicas que manejamos. Debemos de encontrar mecanismos alternativos para el acercamiento.

Para lograr un impacto a escala mayor son necesarios mecanismos institucionales que faciliten la comunicación y aumenten las capacidades locales. Construir relaciones de confianza puede tardar años y requiere de atención a temas de interés de todas las partes, procesos que no siempre generarán resultados publicables en revistas científicas. Es por ello importante que los académicos sean evaluados no solamente por su productividad científica, sino también por su trabajo de vinculación con comunidades y organizaciones campesinas.

Aunque estuvimos de acuerdo que los temas de investigación deben tener aplicabilidad, algunos argumentan que parte del deber de los académicos es adelantarse a los problemas y allí la importancia de la ciencia básica. Incluso la investigación de ciencia básica puede servir para emplear y capacitar a algunos miembros de la comunidad. Es indispensable saber explicar la importancia de estos estudios.

### **Hacia un encuentro de saberes**

Para poder realizar investigación participativa debemos de buscar la forma de superar barreras tanto dentro de las comunidades, como de parte de los investigadores. Algunas comunidades están acostumbradas a recibir conocimiento o dinero bajo esquemas paternalistas, circunstancias que impiden la investigación basada en el conocimiento local. Dentro de muchas comunidades hay divisionismo y poderes que impiden las relaciones con agentes externos. Aun en donde se toman decisiones por consenso, puede faltar un entendimiento pleno de las consecuencias de un proyecto dado. Los investigadores deben de explicar, además de sus objetivos y métodos, de dónde vienen los fondos del proyecto, cuales son los intereses del financiador y como serán utilizados los datos generados.

En el caso ideal, las propuestas de investigación surgen desde las comunidades campesinas. Sin embargo, encontrar fuentes de financiamiento, elaborar propuestas y dar seguimiento a los proyectos supera las capacidades de muchas comunidades. Tanto para la elaboración de proyectos propios como para participación en proyectos gestionados por otros actores, las comunidades requieren del apoyo de organizaciones campesinas honestas que les ayuden a tomar decisiones informadas. Por su parte, los académicos deberían de proporcionar información de calidad para que estas organizaciones tomen decisiones informadas y ofrecer su apoyo en la elaboración de propuestas y búsqueda de financiamiento.

El desacreditar el conocimiento científico o el conocimiento de los campesinos, así como pensar que cualquiera de los dos tiene toda la razón es incorrecto. Los académicos tienen conocimientos amplios pero superficiales. Cuentan con bases teóricas, acceso a la literatura, y oportunidades para viajar e interactuar con colegas de todo el mundo. El conocimiento de los campesinos es profundo, pero tiende a ser estrecho, enfocado en sus propios agroecosistemas y modos de vida. La clave está entonces en el diálogo entre los dos para lograr conocimientos que sean al mismo tiempo amplios y profundos. El reto es buscar estructuras que permitan dar a conocer el conocimiento de los campesinos sin disminuir su soberanía sobre sus recursos y territorios. En este proceso, es imprescindible que los investigadores hagan el esfuerzo para hablar el mismo idioma de los campesinos con los que trabajan o recurrir a traductores o comunicadores que puedan llevar la voz.

Los científicos pueden contribuir al desarrollo de las capacidades necesarias para que las mismas comunidades resuelvan sus problemas. Ante nuevos retos, como el cambio climático y la crisis económica, es imprescindible que los campesinos tengan acceso a información para desarrollar alternativas y evaluar las propuestas que vienen de afuera de sus comunidades. Temas tan diversos como el control biológico, biología del suelo, funcionamiento de mercados, certificación participativa e inocuidad alimentaria pueden



resultar novedosos y útiles. Sugerimos que la capacitación debe darse en el marco de escuelas campesinas y el fortalecimiento de las relaciones de campesino a campesino, buscando relaciones horizontales entre participantes.

Además de publicar en revistas internacionales, debemos buscar llegar a las poblaciones locales a través de los medios a los que ellos tienen acceso, como la radio, el periódico y foros en las comunidades. Una mesa propuso un foro campesino para discutir información que ya existe sobre la situación actual del campo, pero que no ha llegado a las comunidades.

### **Hacia la soberanía energética**

Aunque las colaboraciones entre campesinos, conservacionista y científicos tendrán que desarrollar su agenda de trabajo según los intereses de todas las partes, podemos identificar algunos temas relevantes en la actualidad. Entre ellos, figura la expansión de los agrocombustibles. Las plantaciones a gran escala de monocultivos destinados a la producción de etanol o biodiesel están desplazando otros cultivos y bosques alrededor de los trópicos. Por los cambios en uso del suelo que impulsan y los insumos utilizados en su producción, los agrocombustibles industriales como se han desarrollado hasta el momento no son una solución a las crisis energética ni climática. Se han implicado también en el alza de los precios de los alimentos. Por varios mecanismos, entonces, los agrocombustibles amenazan la soberanía alimentaria y territorial de pueblos alrededor del mundo.

Al mismo tiempo, no podemos negar que el sector campesino se ve afectado por la crisis energética y los cambios climáticos, y que debe de ser parte de la solución. Proponemos que las respuestas se deben de buscar primero a nivel local. Los agroecosistemas integrados logran eficiencias en el uso de espacio y energía, minimizando los insumos basados en combustibles fósiles. La urbanización de la agricultura minimiza el transporte de alimentos y de mano de obra. También existen muchas tecnologías apropiadas para generar energía a escala pequeña comprobadas alrededor del mundo, incluyendo la energía eólica, el biogás, la energía geotérmica y la energía solar. Incluso los agrocombustibles podrían contribuir cuando son basados en productos secundarios de las granjas pequeñas o de la pequeña agroindustria. Se requiere de investigación colaborativa para adaptar estas tecnologías a los materiales y modos de vida de cada región. También se requiere de capacitación en la implementación de estas tecnologías, y en la formación de cooperativas en el caso de tecnologías que se aplican mejor al nivel comunitario.

### **La polémica de los servicios ambientales**

Los participantes estuvimos de acuerdo en que no son aceptables los esquemas de PSA bajo condiciones impuestas por el gobierno, las empresas transnacio-

nales y las bolsas de valores. Algunos de los asistentes, principalmente científicos sociales y representantes de organizaciones campesinas se oponen totalmente a los PSA. Argumentan que el concepto economicista de los PSA exige a la naturaleza pagar su derecho de existir en el mercado global. En su lugar, la sociedad entera debe de conservar los servicios ambientales y mantenerlos al alcance de todos, sin buscar mecanismos para desplazar la carga hacia los campesinos y los ecosistemas que manejan. Los campesinos guardan una cultura ambiental, las semillas de nuestros alimentos, el conocimiento de cómo hacerlas producir, y nuestra cocina. Debemos apoyarlos como sociedad, luchando a favor de la diversidad cultural que mantiene los servicios ambientales y la biodiversidad. Si un PSA pone en riesgo la soberanía de una comunidad, esto se debe de rechazar.

Otros participantes, principalmente de las ciencias naturales, ven los PSA como una oportunidad para el desarrollo local y regional, y para contribuir a la solución de problemas globales. Están conscientes de las tensiones alrededor del tema, pero creen que estos se pueden convertir en oportunidades si se discuten y resuelven los problemas locales. Proponen que deben ser los productores los que deciden cómo aprovechar (o no) los fondos públicos y privados destinados a los PSA. Proponen que los llamemos servicios ecosistémicos, reconociendo que estos servicios son propiedades de ecosistemas funcionales que no se dan de una manera aislada. Argumentan que los recursos que entran por estos pagos podrían invertirse en prácticas agroecológicas ligadas a los servicios ecosistémicos como compostaje, mejores prácticas de cultivo, manejo de sombra, agroforestería y rotaciones. También se podría invertir en fuentes alternas de energía, como las arriba citadas. Proponen que construyamos modelos autóctonos de pago por servicios ecosistémicos en vez de reaccionar a lo que nos viene de fuera. Los proyectos contruidos desde la comunidad, deberían incluir aspectos culturales, sociales y de infraestructura. Para esto, consideran necesario convocar a seminarios entre diversos sectores donde se aclare el marco conceptual, los actores, las políticas y leyes, y la organización del mercado de los servicios ecosistémicos. Invitar a los grupos de campesinos a participar en estos eventos sería un paso para abrir el diálogo, para que puedan tomar una decisión bien informada respecto su colaboración con algún proyecto de PSA en sus comunidades de origen.

### **Acción política**

Los académicos deben de formar un frente común con organizaciones campesinas, esforzándonos para que nuestras investigaciones en el campo sean conocidas y tomadas en cuenta por los políticos tanto a nivel local como internacional. El impulso a los sistemas agroforestales y la agricultura orgánica son fundamentales. Este apoyo no será muy costoso puesto que en la mayo-

ría de comunidades latinoamericanas aún se mantienen elementos de los sistemas agroecológicos tradicionales y los conocimientos ancestrales que los sustentan.

Los científicos sociales y naturales reconocen el valor del conocimiento campesino, y deben insistir que los políticos y otros tomadores de decisiones lo tomen en cuenta como parte de la solución a las crisis económica y ambiental. Se han documentado la eficiencia de los pequeños productores, las aportaciones de los campesinos a la diversidad genética de los cultivos y el papel de la agricultura tradicional en la soberanía alimentaria y la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales. Incluso el Banco Mundial exige que este conocimiento local se tome en cuenta al establecer proyectos de desarrollo, pero este reconocimiento no redundará en acciones.

Por ejemplo, en Chiapas, la alimentación aún se basa en el maíz, el frijol y la calabaza. En ese sistema tradicional, la eficacia del manejo de plagas y de la fertilidad del suelo, así como el valor de las variedades locales, han sido bien documentadas por académicos. También se ha documentado el valor de la milpa para la conservación de la biodiversidad. Lamentablemente, los pocos apoyos que llegan a los campesinos son en forma de herbicidas, fertilizantes químicos y variedades mejoradas, amenazando las prácticas sustentables desarrolladas en la región por los campesinos. Productores, ONG y académicos formaron la Red de Maíz Criollo y lograron que en el 2008, el programa de Maíz Solidario ofreciera un paquete orgánico, lo cual fue muy bien recibido por los productores. Sin embargo, para el 2009 se discontinuó este modo de apoyo y se sigue reproduciendo el modelo de la revolución verde.

Aunque no podemos seguir esperando para que el gobierno ofrezca alternativas viables para los pequeños productores, es esencial que las organizaciones campesinas, académicas y conservacionistas nos mantengamos informadas de las propuestas de leyes. Mucha de la legislación que se está gestando es hostil a las soluciones que estamos promoviendo. Por ejemplo, el Codex alimentarius que entrará en vigencia en nuestros países al finalizar el 2009 es un acuerdo que impondrá en las leyes nacionales las normas de la agricultura industrial. Será un golpe duro para los pequeños productores y la producción agroecológica. El Codex permitirá el uso de drogas y hormonas que actualmente se prohíben en la producción animal por la amenaza que representan hacia la salud humana. Siete de los 9 plaguicidas peligrosos prohibidos por la Convención de Estocolmo, más otros 206, serán aceptados en nuestros alimentos. Se prohibirá la etiquetación de productos transgénicos y se degradará la agricultura orgánica al hacer los estándares más laxos. Necesitamos documentar estos peligros y exigir a nuestros legisladores que no se implemente el Codex hasta que se demuestre que estos insumos son inocuos para los productores, consumidores y el ambiente.

El IAASTD (2009a, b, descrito arriba), puede ser utilizado para presionar a los gobiernos hacia la soberanía

alimentaria y hacia la nueva conservación, especialmente en los 58 países que firmaron el documento (de América Latina firmaron Belice, Brasil, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Honduras, Panamá, República Dominicana Paraguay y Uruguay). Además de criticar la agricultura industrial, el IAASTD ofrece opciones para enfrentar los problemas de hambre y desnutrición en el mundo, y éstas giran alrededor de apoyos a la pequeña producción.

### **Redes de cooperación y mercados**

Para incidir en la mayoría de los puntos señalados aquí es necesario que coordinemos esfuerzos a diversas escalas. Nuestras acciones locales serán más eficaces si son informadas por esfuerzos paralelos en otros lugares. Nuestra voz política tendrá más fuerza si unimos diversos sectores en distintos lugares. Las redes de cooperación están emergiendo como un modelo para formar alianzas entre productores, consumidores, técnicos e instituciones educativas. Un ejemplo es la REDSAG, que vincula a personas de diversas profesiones comprometidas con la soberanía alimentaria en Guatemala. Al nivel latinoamericano, MAELA une a agricultores, académicos, conservacionistas y ONG's. Proponemos que La Sociedad Científica Latinoamérica de Agroecología además de fomentar vínculos profesionales entre agroecólogos a nivel regional, estreche sus relaciones con MAELA, la Vía Campesina, el MST y otras organizaciones luchando a favor de la soberanía alimentaria.

Los mercados locales son una manifestación de la diversidad cultural y biológica, un punto de encuentro natural entre el campo y la ciudad, y pueden ser un pilar del desarrollo sostenible y la soberanía alimentaria. Desafortunadamente, muchos consumidores ya no compran en los mercados locales, lo que aleja a los consumidores de los productores y la tierra. En algunas ciudades ya ni existen mercados de campesinos. Sin embargo, en otros lugares están surgiendo nuevamente mercados donde los campesinos llevan a ofrecer directamente sus productos. Algunos se organizan por iniciativa de los productores, mientras otros, como en el caso del mercado de Guelatao de Juárez, Oaxaca y el tianguis "Comida Sana y Cercana" de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, han surgido de la iniciativa de jóvenes estudiantes o de madres preocupadas por la alimentación de sus hijos.

Tanto estos mercados nuevos como los tradicionales son oportunidades para la organización de redes de cooperación entre productores y entre consumidores. En México, la Red de Tianguis Orgánicos, además de promover el establecimiento de mercados de productores, brinda apoyo a los productores y fomenta conciencia entre los consumidores.

Muchos consumidores empiezan a comprar en los mercados locales por su preocupación por la salud de su familia, pero pueden adquirir una conciencia mayor de su papel en las crisis de energía, alimentos, clima y biodiversidad. Por ejemplo desde los mercados se puede impulsar a

los consumidores a tomar decisiones responsables en relación al transporte y la construcción además de la comida. También se debe fomentar la agricultura urbana, ya que cultivar una maceta con tomate, con chile o con yerbas de olor o tener árboles frutales, una pequeña milpa, o gallinas en el patio puede iniciar un acercamiento con la tierra. Los ciudadanos al poner este ejemplo, con mayor ánimo y autoridad moral pueden exigir a los políticos que ayuden a poner al alcance de todos alimentos y energía limpios y sustentables, así como un ambiente saludable.

Los académicos deben apoyar los movimientos que promueven productos locales sanos, economías solidarias, empresas que buscan cumplir una función social y cultural de los alimentos. Pueden brindar sus conocimientos, infraestructura y conexiones para apoyar a los productores, vincularlos a procesos a nivel regional y documentar las consecuencias de los mercados sobre la biodiversidad, la economía y la cultura. También pueden ayudar a concientizar a la población de las consecuencias de sus hábitos de consumo y apoyar en la recuperación de la cultura gastronómica basada en los ingredientes locales y frescos.

Un elemento clave en la operación de los mercados solidarios son los sistemas participativos de certificación de los productos limpios y locales. Normalmente, estos productos se mezclan en los mercados con productos de la agricultura industrial. Por las razones arriba descritas en relación a la certificación de café, los productos agroecológicos locales raramente cuentan con alguna certificación, y los esquemas internacionales de certificación no necesariamente promueven la producción limpia, los mercados solidarios ni la protección de los recursos locales. De allí la importancia de establecer sistemas de garantía a nivel local o regional, donde tengan voz tanto los productores, los consumidores y los técnicos. La Red de Tianguis Orgánicos de México brinda apoyo técnico para la certificación participativa, pero cada tianguis acomoda las reglas y procedimientos a sus propias condiciones. Los agroecólogos debemos de ofrecer nuestro conocimiento técnico y seguimiento a los productores participantes en estos procesos. La participación de biólogos de la conservación también puede ser de gran ayuda para asegurarse que las prácticas del reglamento sean amigables con la biodiversidad y los servicios ambientales.

Los mercados de comercio justo mejoran la calidad de vida de los campesinos, pero, como en el caso de las certificaciones orgánicas o amigables con el ambiente, debemos exigir sean más incluyentes y equitativos. Los economistas, antropólogos y sociólogos pueden ayudar a asegurar que la certificación de comercio justo vele por la conservación de las culturas y la calidad de vida de los hogares de los productores.

### Educación para el campo

Es imprescindible que se reestructure el currículo en las escuelas rurales. En la mayoría de los países latinoameri-

canos, el sistema educativo prepara a los estudiantes para salir del campo, no para quedarse. Los métodos utilizados en la educación formal son muy distintos a la enseñanza tradicional en las familias indígenas y alejan a los niños de su propia cultura. Es urgente que el currículo gire alrededor de la agricultura orgánica y el manejo sustentable de los recursos naturales, integrando el conocimiento local y el conocimiento científico. El currículo debe además impulsar las artes y actividades culturales para mejorar la calidad de vida de la comunidad. Es imprescindible también que se establezcan programas educativos para la mujer rural. Ante la migración de campesinos a las ciudades y al extranjero, muchas mujeres se han quedado solas a cargo de las parcelas y el cuidado de los niños. Habrá que buscar formas creativas para que el aprendizaje pueda integrarse fácilmente a las múltiples tareas que ellas realizan diariamente. Algunas estrategias útiles podrían ser programas educativos por la radio y el establecimiento de guarderías en zonas rurales.

A nivel universitario, la formación de los biólogos, agrónomos y otros profesores con conocimientos relevantes a la soberanía alimentaria y territorial generalmente no brinda una visión holística de como enfrentar los problemas, ni como comunicar su ciencia a los tomadores de decisiones ni como trabajar en equipo y con otras disciplinas. Es necesario reconocer estas deficiencias y hacer alianzas con gente que sí tiene ese entrenamiento. Para preparar a las futuras generaciones, debemos superar la división entre ciencias naturales y sociales. Los biólogos y agrónomos necesitan entender las implicaciones sociales de los procesos biológicos que estudian.

También deben de capacitarse y capacitar a las futuras generaciones en la investigación-acción, una estrategia que ofrece frutos tanto a las comunidades como a los científicos. Un primer paso para ello sería rescatar el programa de servicio a la comunidad que aún realizan algunos estudiantes de licenciatura antes de graduarse. Lamentablemente en muchas universidades este ha sido remplazado por pasantías en empresas, que en general alejan al estudiante del campo y la comunidad. Es imprescindible que rediseñemos el currículo para formar profesionales que sepan cómo abordar la situación actual del campo y el desarrollo que queremos lograr.

Estas acciones podrían formar parte de una estrategia para atraer a jóvenes, en particular los de origen campesino, para estudiar carreras relacionadas con el campo. Estos jóvenes podrán ser los nuevos líderes comunitarios quienes impulsan el desarrollo orientado hacia la soberanía alimentaria y territorial. En muchos casos será necesario formar relaciones con escuelas rurales para ayudarles a mejorar su nivel educativo, reorientar la educación hacia el medio rural, y animar a los jóvenes a seguir sus estudios.

### Conclusiones

Los temas de nuestras discusiones fueron diversos y las perspectivas expresadas aún más. No obstante, los puntos

de acuerdo fueron más numerosos e importantes que las diferencias. Destacan estas conclusiones generales:

1. Estamos en un momento de crisis para la agricultura industrial y el modelo neoliberal.
2. No obstante, la gran capital es capaz de llenar cualquier vacío. Urge definir propuestas coherentes para definir el rumbo de la agricultura post-neoliberal.
3. La soberanía alimentaria y territorial es un eje de nuestra agenda para crear lazos solidarios entre campo y ciudad.
4. La biodiversidad, por su valor inherente y por sostener nuestros sistemas productivos, es el segundo eje.

Actualmente, en América Latina y en todo el mundo, hay organizaciones luchando a favor de estos principios. Cada grupo es como una hormiga que actúa por su propia cuenta y en su propio ámbito. Sin embargo, al observarlas en su conjunto, nos damos cuenta de que forman un nido de hormigas con la misma idea de construir un mundo mejor. Una hormiga es fácil de aplastar, pero como entiende cada buen agricultor, las hormigas trabajando juntas son una fuerza de la naturaleza imparable.

### Agradecimientos

Agradecemos profundamente a todos los participantes en el Foro-Taller "Bosques, Agricultura y Sociedad," el apoyo de personal de ECOSUR, CIESAS y el Museo del Ámbar y el de los traductores voluntarios, además del apoyo financiero de la Fundación Ford, CIESAS en el marco de su 35 aniversario, el proyecto "Cuantificación de carbono y evaluación del impacto de sistemas agroforestales" del Fondo Sectorial de Investigación para la Educación a cargo de L. Soto Pinto y la Unión Europea a través del proyecto REFORLAN (INCODEV contrato PL 032132).

### Referencias

Davis DR. 2009. Declining fruit and vegetable nutrient composition: What is the evidence? *HortScience* 44:15-19.

Diemont SAW, Martin JF. 2009. Lacandon Maya ecosystem management: sustainable design for subsistence and environmental restoration. *Ecological Applications* 19: 254-266.

Diemont SAW, Martin JF, Levy Tacher SI, Nigh RB, Ramirez Lopez P, Golicher JD. 2006. Indigenous Maya forest management: Restoration of soil fertility using native tree species. *Ecological Engineering* 28:205-212.

Haug GH, Gunther D, Peterson LD, Sigman DM, Hughen KA, Aeschlimann B. 2003 Climate and the collapse of Maya civilization. *Science* 299:1731-1735.

Halweil B. 2007. Still No Free Lunch: Nutrient levels in U.S. food supply eroded by pursuit of high yields. The Organic Center: [www.organic-center.org](http://www.organic-center.org).

Harvey N. 2001. Globalisation and resistance in post-cold war Mexico: difference, citizenship and biodiversity conflicts in Chiapas. *Third World Quarterly* 22:1045-1061.

Hillesheim MB, Hodel DA, Leyden BW, Brenner M, Curtiss JH, Anselmetti FS, Ariztegui D, Buck DG, Guilderson T, Rosenmeir MF, Schnurrenberger DW. 2005. Climate change in lowland Central America during the late deglacial and early Holocene. *Journal of Quaternary Science* 20:363-376.

IAASTD. 2009a. International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development. Summary for decision makers: Latin America and Caribbean Report. Washington DC: Island Press.

IAASTD. 2009b. International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development: The synthesis report (McIntyre BD, Herren HR, Wakhungu J, Watson RT, eds.). Washington DC: Island Press.

Moguel P, Toledo VM. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13:11-21.

Nigh R. 2008. Trees, fire and farmers: Making woods and soil in the Maya forest. *Journal of Ethnobiology* 28:231-243.

Perfecto I, Armbrrecht I, Philpott SM, Soto-Pinto L, Dietsch TV. 2007. Shaded coffee and the stability of rainforest margins in Latin America. In *The stability of tropical rainforest margins, linking ecological, economic and social constraints of land use and conservation* (Tschardtke T, Leuschner C, Zeller M, Guhadja E, Biddin A, eds). Heidelberg and New York: Springer Environmental Science Series, pp. 227-264.

Philpott SM, Arendt W, Armbrrecht I, Bichier P, Dietsch T, Gordon C, Greenberg R, Perfecto I, Soto-Pinto L, Tejada-Cruz C, Williams G, Valenzuela J. 2008. Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: reviewing evidence on ants, birds, and trees. *Conservation Biology* 22:1093-1105.

Philpott SM, Bichier P, Rice R, Greenberg R. 2007. Field testing ecological and economic benefits of coffee certification programs. *Conservation Biology* 21:975-985.

Perfecto I, Vandermeer J, Wright A. 2009. *Nature's matrix: Linking agriculture, conservation and food sovereignty*. London: Earthscan.

Soto-Pinto L, Perfecto I, Caballero-Nieto J. 2002. Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems* 55:37-45.



# LOS IMPACTOS ECOLÓGICOS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES A BASE DE MONOCULTIVOS A GRAN ESCALA EN AMÉRICA

**Miguel A Altieri**

*Department of Environmental Science, Policy and Management, Division of Insect Biology, University of California, Berkeley, 137 Mulford Hall-3114, Berkeley, CA 94720-3114. E-mail: agroeco3@nature.berkeley.edu*

## Resumen

Este artículo examina la expansión de los agrocombustibles en América y los impactos ecológicos asociados a las tecnologías usadas en la producción de monocultivos a gran escala de maíz y soya. Además de la deforestación y el desplazamiento de tierras dedicadas a alimentos debido a la expansión de los agrocombustibles, el uso masivo de cultivos transgénicos y la entrada de agroquímicos, principalmente de fertilizantes y herbicidas que se usan en la producción de los agrocombustibles, plantean graves problemas medioambientales.

**Palabras claves:** Biocombustibles, monocultivo, deforestación, impactos ecológicos.

## Summary

### The ecological impacts of large scale biofuel monocultures in the Americas

The paper examines the expansion of biofuels in the American continent and the ecological impacts of the agrochemical technologies linked to soybean and maize monocultures. In addition to deforestation and displacement of lands devoted to food production, the massive use of transgenic crops and agrochemicals (fertilizers and pesticides) used in the production of biofuels represent grave environmental risks.

**Key words:** Biofuels, monocultures, deforestation, ecological impacts.

## Introducción

Varias corporaciones, gobiernos, instituciones científicas y algunas organizaciones ambientales están promocionando los agrocombustibles como una alternativa prometedor al petróleo afirmando que servirán como una alternativa que reemplazará al petróleo, mitigando el cambio climático, reduciendo las emisiones de gas de invernadero, mejorando los ingresos del agricultor y promoviendo el desarrollo rural (Demirbas 2009). Sin embargo, investigación y análisis rigurosos conducido por ecologistas y científicos sociales respetados sugieren que el auge industrial a gran escala de los agrocombustibles resulta ya ser desastroso para pequeños y medianos agricultores, el medioambiente, la biodiversidad y los consumidores, en particular los pobres (Bravo 2006).

Este artículo analiza las implicaciones ecológicas de los sistemas de producción de agrocombustibles, sosteniendo que al contrario de las falsas afirmaciones de las corporaciones que promueven estos "combustibles verdes," el cultivo masivo de maíz, caña de azúcar, soya, palma de aceite, y otras cosechas actualmente fomentadas por la industria de combustibles, no reducirá las

emisiones de gas de invernadero, sino que desplazará decenas de miles de agricultores, reducirá la seguridad alimentaria en muchos países, acelerará la deforestación y profundizará la huella ecológica de la agricultura industrial, causando una variedad de nuevos problemas económicos, ambientales, y sociales. La consolidación y el poder sin precedentes de una serie de corporaciones, las cuales aprovechan las débiles políticas nacionales que favorecen la expansión de los agrocombustibles, han puesto en marcha la expansión de un sistema de producción especializado que se basa en grandes granjas con monocultivos de cultivos manejados con niveles altos de agroquímicos, en especial de herbicidas y fertilizantes nitrogenados que cuando se aplican masivamente dejan como resultado consecuencias ambientales (Altieri y Bravo 2007). En regiones ya bajo estrés de agua, la producción de agrocombustibles puede disminuir posteriormente la futura disponibilidad de agua para la irrigación y otras opciones de desarrollo (Shattuck 2008).

Los agrocombustibles se están introduciendo en un mundo gobernado en gran parte por políticas neoliberales con reglas comerciales que tienen una tendencia fuerte contra la regulación y cualquier "restricción co-



mercial" para proteger el medioambiente, el clima o las comunidades. Qué cosechas se cultivan, cuánto, cómo y dónde se determina, en términos generales, por un mercado que favorece los agrocombustibles más baratos, es decir, la producción más alta de plantas tropicales, como la palma de aceite y la caña de azúcar. Los cultivos inferiores pueden capturar el mercado si los costos se mantienen bajos y los gobiernos garantizan un suministro ilimitado de tierras y subsidios nuevos. El biodiesel de soya y el etanol de maíz son ejemplos fundamentales (Shapouri y McAloon 2004). Los bosques, la biodiversidad, el suelo sano, el agua limpia, y las emisiones de gas de invernadero permanecen como "externalidades" en los reportes, que inevitablemente se están sacrificando por verdaderas ganancias rápidas. A pesar de que en algunos países, como Argentina, Brasil y los Estados Unidos, el modelo de producción de los agrocombustibles parece tener éxito a un nivel macroeconómico, los impactos ambientales asociados a la producción de los agrocombustibles se acumulan en porcentajes alarmantes y no se reflejan en los indicadores económicos. Hasta ahora no hay ningún sistema claro para cuantificar los costos ambientales de estos nuevos modelos de desarrollo.

### **Los agrocombustibles: Extensión, expansión y niveles de producción**

Mientras los Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea daban cuenta del 75% de la producción global de biocombustibles en 2006, ésta se está expandiendo con rapidez a otras partes del mundo alcanzando aproximadamente el 3 % del área agrícola cosechada a nivel mundial, que era alrededor de 850 millones de hectáreas en 2005 (Scharlemann y Laurance 2008).

El área global cultivada con cosechas transgénicas alcanzó 114.3 millones de hectáreas en 2007, con la mayoría del maíz y soya transgénicos usados para la producción de biocombustible. Del área global, el 57% (58.6 millones de hectáreas) está dedicado a la soya Roundup Ready (RR). Sólo En Brasil, aproximadamente 750.000 ha de soya RR se usaron en 2007 para la producción de biodiesel. En Argentina en el 2007/2008, 16.0 millones de hectáreas se usaron para cultivar soya biotecnológica y 2.8 millones de hectáreas se usaron para cultivar el maíz transgénico (James 2007). Los investigadores están manipulando genéticamente variedades de caña de azúcar y de maíz que contienen la enzima alfa-amilasa, que facilitaría la elaboración de etanol.

#### **1. Producción de etanol**

Desde el año 2000 ha habido un crecimiento exponencial del sector de los biocombustibles. Sólo entre 2004 y 2005, la producción global de etanol subió casi el 13%, de 10.77 mil millones de galones a 12.15 mil millones de galones; entre 2005 y 2006 hubo un aumento

adicional del 11% a 13.49 mil millones de galones. Se espera que el etanol derivado del maíz constituya el 99% de todo el biocombustible usado en los Estados Unidos y que su producción exceda los objetivos para el 2012 de 7,5 mil millones de galones por año (Pimentel 2003). En los Estados Unidos la cantidad de maíz que se cultiva para producir etanol en las destilerías se ha triplicado, de 18 millones de toneladas en 2001 a 55 millones de toneladas en 2006 (Bravo 2006). El área cultivada de maíz en los Estados Unidos aumentó de 78 millones de acres en 2006 a 92 millones de acres en 2007.

Brasil ha producido azúcar para combustible de etanol desde 1975. A partir del 2005, había 313 plantas procesadoras de etanol, con una capacidad de producción de 16 millones de metros cúbicos. Brasil es el productor más grande de caña de azúcar en el mundo y produce el 60 % del etanol de azúcar total del mundo con la caña cultivada en 3 millones de hectáreas (Jason 2004). En 2005, la producción alcanzó un record de 16.5 mil millones de litros, de los cuales 2 mil millones de litros se destinaron para la exportación.

Dedicando toda la producción actual de maíz y soya estadounidense a los biocombustibles supliría sólo el 12% de las necesidades de gasolina del país. El área de tierra agrícola de los Estados Unidos suma 625.000 acres cuadrados. Con los porcentajes actuales, satisfacer la demanda de aceite de los biocombustibles requeriría 1.4 millón de millas cuadradas de maíz para etanol. Dakota del Sur e Iowa ya dedican más del 50% de su maíz a la producción de etanol, lo cual ha llevado a la disminución del suministro de maíz para la alimentación de los animales y del consumo humano. Aunque una quinta parte del maíz estadounidense cosechado se dedicó a la producción de etanol en 2006, sólo satisfizo el 3% del total de las necesidades de combustible de los Estados Unidos (Pimentel y Patzek 2005).

#### **2. Biodiesel**

La producción de biocombustibles también está aumentando. En el 2006, el biocombustible dio cuenta del 12.35% de la producción global de biocombustibles, es decir 15.39 mil millones de galones. Los principales países productores de biodiesel (explicando al menos el 10% del área de tierra global destinado a los biocombustibles) son China, India y Canadá para la colza; la Federación Rusa, Ucrania e India para la semilla de girasol; Malasia, Indonesia, Colombia y Nigeria para palma de aceite; y los Estados Unidos, Brasil, Argentina y China para la soya. Actualmente, más del 95% de la materia prima para el biodiesel lo suministra la colza (el 84%), la semilla del girasol (13%), la palma africana (1%), y la soya (1%). Incluso si la mitad de la producción agrícola de estas principales materias primas fueran dedicadas a la producción de biodiesel (el área actual de tierra global con cultivos para el biodiesel –150.6 millones de hectáreas– con una capacidad de producción eficaz de

biodiesel de 120 millones de toneladas/año), aún satisfaría aproximadamente menos del 60% –156.7 millones de toneladas/año– de la capacidad requerida para 2050 (Pahl 2008).

En los Estados Unidos, la producción de biodiesel se triplicó de 25 millones de galones en 2004 a 75 millones de galones en 2005. En 2006, los Estados Unidos produjeron 250 millones de galones de biodiesel, un aumento de 10 veces desde el 2004. Alrededor de 67 nuevas refinerías están en construcción, con inversiones de gigantes de la agroindustria como ADM y Cargill. Alrededor del 1.5% de la cosecha de soya produce 68 millones de galones de biodiesel, equivalente a menos del 0.1% del consumo de gasolina. Por lo tanto, si toda la cosecha de soya se dedicara a la producción de biodiesel, abastecería sólo el 6% de las necesidades nacionales de diesel; se requerirían casi 8.8 millones de millas cuadradas de soya para la autosuficiencia de biodiesel, más de 8 veces la tierra arable de Estados Unidos (Pimentel y Patzek 2005). Puesto que los Estados Unidos no será capaz de producir localmente suficiente biomasa de biocombustibles para satisfacer su apetito de energía, están aumentando el área bajo cultivos de energéticos en el hemisferio sur. Grandes plantaciones de caña de azúcar, palma de aceite y soya reemplazan ya bosques, prados y cosechas de comida en Brasil, Argentina, Colombia, Ecuador y Paraguay.

## **Impactos ecológicos del modelo de producción de agrocombustibles**

### **1. Deforestación y pérdida del hábitat**

Los aumentos de la demanda de biocombustibles en los Estados Unidos y la Unión Europea tienen un impacto profundo en el modelo de producción agrícola y el uso de tierra global, poniendo en peligro las tierras forestales de los países en vía de desarrollo. Aumentar la producción de agrocombustibles para cumplir con las exigencias de energía de los países industrializados, implica un aumento sustancial de la extensión de los cultivos energéticos, lo cual llevará a conflictos potenciales relacionados al uso de la tierra, en especial con la necesidad de conservar hábitats naturales restantes en el mundo (Donald 2004). Cálculos conservadores sugieren que, usando los cultivos con valores de energía netos más altos, se requeriría un mínimo de 2.5 a 27.5 veces de la tierra global potencialmente cultivable para producir suficiente biocombustible para satisfacer las demandas globales de combustible fósil. Obviamente esto podría afectar dramáticamente el medioambiente al aumentar la pérdida y la fragmentación del hábitat, disminuyendo la biodiversidad e impactando la calidad del suelo y disponibilidad del agua de manera negativa (Jason 2004).

Cálculos conservadores sugieren que el escenario de la producción biodiesel basada en la soya para satisfacer la futura demanda global de biodiesel causaría

probablemente la mayor pérdida de hábitat (76.4-114.2 millones de hectáreas) comparado con escenarios alternativos de producción de biodiesel con semilla de girasol (56.0-61.1 millones de hectáreas), de colza (25.9-34.9 millones de hectáreas) y palma de aceite (0.4-5.4 millones de hectáreas). Brasil es un buen ejemplo, donde el total de tierra para la producción de soya aumentó el 3.2 % por año (320.000 ha por año). Hoy en día la soya, junto con la caña de azúcar, ocupa el área más grande de cualquier cultivo en Brasil, el 21% del total de la tierra cultivada. El total de tierra utilizada para los cultivos de soya ha aumentado por un factor de 57 desde 1961, y el volumen de la producción se ha multiplicado 138 veces. El cincuenta y cinco por ciento de la cosecha de soya, o 11.4 millones de hectáreas, es genéticamente modificada. Brasil tendría que aumentar su producción en unos 135 mil millones de litros adicionales por año, y se espera que la agricultura basada en agrocombustibles se expanda a las tierras forestales (Morton *et al.* 2006). El área sembrada se amplía rápidamente en la región del Cerrado, cuya superficie de vegetación natural se espera que haya desaparecido para el 2030. El sesenta por ciento de las tierras donde se cultiva caña de azúcar son manejadas por 340 grandes destilerías que controlan más del 60% del área cultivada de caña de azúcar (Klink y Machado 2005).

Considerando el nuevo contexto de energía global, los políticos e industriales brasileños han formulado una nueva visión para el futuro económico del país, enfocado a la producción de fuentes de energía (principalmente la caña de azúcar) para desplazar el 10 % del uso mundial de gasolina en los próximos 20 años. Esto requeriría quintuplicar el área de tierra dedicada a la producción de azúcar, de 6 a 30 millones de hectáreas. Los nuevos cultivos inducirán una deforestación en nuevas áreas comparable con la deforestación de la región de Pernambuco, donde permanece sólo el 2.5 % de la superficie forestal original (Fearnside 2001). En Paraguay, los cultivos de soya ocupan más del 25% de toda la tierra agrícola. Esta expansión ha sido acompañada por una intensa deforestación: por ejemplo, la mayor parte del bosque Atlántico de Paraguay se ha limpiado, en parte para la producción de soya que comprende el 29 % del uso de la tierra agrícola del país (Altieri y Penque 2006).

En los 9 años pasados, según cifras oficiales, 2.5 millones de hectáreas de bosques nativos se han perdido, especialmente al norte de Argentina, debido a la expansión de la soya, un equivalente en 2007, a un promedio de unas 821 ha de bosque perdido por día. Entre 1972 y 2001, 588.900 ha (aproximadamente el 20 % de los bosques) se deforestaron en el semiárido del Chaco. Después de 1997 la deforestación se ha acelerado, alcanzando >28.000 ha/año. La deforestación inicial tuvo que ver con la cultivación de frijol negro después del aumento de lluvias durante la década de 1970. En la década

da de 1980, los altos precios de la soya estimularon una deforestación posterior. Finalmente, la introducción de soya transgénica en 1997 redujo los costos de siembra y estimuló un aumento adicional en la deforestación, alcanzando niveles de más que 300.000 ha (Grau *et al.* 2005).

## 2. La huella ecológica de maíz

La escala de producción que se necesita para producir la biomasa proyectada para el etanol, estimula métodos industriales de producción de monocultivos de maíz que dependen del uso intenso de herbicidas y fertilizantes químicos nitrogenados, con drásticos efectos ambientales secundarios. La producción de maíz lleva a más erosión del suelo que cualquier otra cosecha estadounidense. Cuando el uso del etanol hace subir más los precios del maíz, los agricultores abandonan cada vez más la tradicional rotación de maíz y soya, animando a los agricultores a sembrar maíz año tras año. Una intensificación que promueve la erosión del suelo, pero también la demanda de fertilizantes y pesticidas (Pimentel *et al.* 1995).

A lo largo del medio oeste, el promedio de erosión del suelo aumentó de 2.7 toneladas por acre anualmente a 19.7 toneladas en tierras que abandonaron las rotaciones de cultivos (Pimentel y otros, 1995). La carencia de la rotación de cultivos también ha aumentado la vulnerabilidad a plagas y, por lo tanto, requiere dosis más altas de pesticidas que la mayoría de los cultivos en los Estados Unidos, aproximadamente el 41 % de todos los herbicidas y el 17 % de todos los insecticidas se aplican al maíz (Pimentel y Lehman 1993). La especialización en la producción de maíz puede ser peligrosa: a principios de 1970, cuando los híbridos uniformes de maíz de alto rendimiento constituían el 70% de todo el maíz cultivado, una enfermedad foliar que afectó a estos híbridos llevó a una pérdida del 15 % en las producciones de maíz a lo largo de la década. Puede esperarse que esta clase de vulnerabilidad de las cosechas se dé en nuestro clima cada vez más cambiante, causando un efecto dominó en todo el suministro de alimentos (Cassman 2007).

El cultivo de maíz generalmente implica el uso del herbicida atrazina, un conocido disruptor endocrino. Dosis bajas de disruptores endocrinos pueden causar daño en el desarrollo interfiriendo con los activadores hormonales en puntos claves del desarrollo de un organismo. Los estudios muestran que la atrazina puede causar anomalías sexuales en poblaciones de ranas, incluso el hermafroditismo (Hayes *et al.* 2002).

El maíz requiere grandes cantidades de fertilizantes químicos nitrogenados, que llevan a la contaminación del agua superficial y subterránea. Los fertilizantes lixiviados que viajan por el Río Misisipí han disminuido el oxígeno de una parte del Golfo de México llamada la zona muerta, que hace pocos años alcanzó el tamaño de Nueva Jersey. Los porcentajes medianos de aplicación del nitrato en tierras de labranza estadounidenses oscilan de 120 a 550

kilogramos de nitrógeno por hectárea. Los residuos cargados de nitrógeno son el resultado del uso ineficiente de fertilizantes de nitrógeno en los cultivos que alcanzan el agua superficial y el agua subterránea. La contaminación de acuíferos por nitratos es bastante extensa, y a niveles peligrosamente altos, en muchas regiones rurales. En los Estados Unidos, se considera que más del 25 % de los pozos de agua potable contiene niveles de nitrato por encima del estándar de seguridad de 45 partes por millón (Conway y Pretty 1991). Altos niveles de nitrato son peligrosos para la salud humana, y estudios han relacionado el consumo de nitrato a la metahemoglobinemia en los niños y a cáncer gástrico, de vejiga y de esófago en adultos (Altieri 2007).

Los fertilizantes sintéticos de nitrógeno también pueden convertirse en contaminadores del aire y han estado implicados recientemente al contribuir al calentamiento global y a la destrucción de la capa de ozono. El N<sub>2</sub>O es liberado a la atmósfera por la aplicación de fertilizantes nitrogenados, y tiene casi 300 veces el potencial de calentamiento global que una misma masa de CO<sub>2</sub>. Para el biodiesel de colza, un análisis disponible indica que el calentamiento global por N<sub>2</sub>O es en promedio de 1.0 a 1.7 veces más grande que el efecto de enfriamiento debido a la emisión de "CO<sub>2</sub> fósil liberado", excluyendo el ingreso de energía fósil (Searchinger *et al.* 2008).

El excesivo uso de fertilizantes químicos nitrogenados puede llevar a desequilibrios alimenticios en plantas, dando como resultado una frecuencia más alta del daño por parte de parásitos y enfermedades de insectos (Conway y Pretty 1991, McGuinness, 1993). Al revisar 50 años de investigación relacionada con la nutrición de las cosechas y el ataque de insectos, Scriber (1984) encontró 135 estudios que demuestran el daño incrementado y/o el crecimiento de insectos que se comen las hojas, o ácaros en cosechas fertilizadas con nitrógeno, contra menos de 50 estudios en los cuales el perjuicio herbívoro se redujo por medio de regímenes normales de fertilización. En total, estos resultados sugieren una hipótesis con implicaciones para los modelos de uso de fertilizantes en la agricultura, a saber: que los ingresos altos en nitrógeno pueden precipitar niveles altos del perjuicio herbívoro en las cosechas.

El auge del etanol ha elevado vertiginosamente la demanda de agua. La expansión del maíz en áreas más secas, como Kansas, requiere irrigación, aumentando la presión en las fuentes subterráneas ya disminuidas, como el acuífero Ogallala al Suroeste de los Estados Unidos. En partes de Arizona, el agua subterránea se está bombeando ya a un ritmo de 10 veces del ritmo de recarga natural de estos acuíferos (Pimentel *et al.* 1997).

## 3. Impactos ambientales de los cultivos de soya

Altos índices de erosión acompañan la producción de soya, sobre todo en áreas donde no se implemen-

tan ciclos largos de rotación de cultivos. La pérdida de la superficie del suelo tiene un promedio de 16 toneladas por hectárea en soja en el oeste medio de los Estados Unidos. Se considera que la pérdida de suelo de Argentina y Brasil promedia entre 19 y 30 toneladas por hectárea, dependiendo de las prácticas de manejo, clima y pendiente. Las variedades de soja tolerantes a herbicidas han aumentado la viabilidad de la producción de soja para agricultores, muchos de los cuales empezaron a cultivar en tierras frágiles propensas a la erosión (Jason 2004).

En Argentina, el cultivo intensivo de soja ha llevado a la reducción masiva de nutrientes del suelo. Se considera que la continua producción de soja ha causado la pérdida de 1 millón de toneladas métricas del nitrógeno y 227.000 toneladas métricas de fósforo de los suelos a escala nacional. El costo para reabastecer esta pérdida nutritiva con fertilizantes se estima en \$910 millones de dólares. El aumento de nitrógeno y fósforo en varias cuencas de ríos de Latinoamérica está seguramente ligado al aumento de la producción de soja (Pengue 2005).

La producción de monocultivos de soja en la cuenca del Amazonas ha dejado gran parte del suelo estéril. Los suelos pobres requieren que se incremente la aplicación de fertilizantes industriales para lograr niveles competitivos de producción. En Bolivia, la producción de soja se está expandiendo hacia el este, y las áreas del este ya sufren de suelos compactados y degradados. Cien mil hectáreas de tierras de soja agotadas han sido dejadas al pasto para ganado, lo cual lleva a la degradación adicional del suelo (Fearnside 2001).

La mayoría de la soja de los Estados Unidos es transgénica, creada por Monsanto para que resista su propio herbicida, el Roundup, (30.3 millones de hectáreas de soja RR se cultivaron en el 2006, más del 70% de la cosecha doméstica). En Brasil, se sembraron 14.5 millones de hectáreas de soja RR en 2007 (James 2007). La dependencia de la soja resistente al herbicida lleva a un incremento de los problemas de resistencia de malezas y la pérdida de la vegetación natural. La presión industrial impuesta, aumenta el uso de herbicidas, incrementando las cantidades de tierra que serán tratadas con glifosato. Ya se ha registrado la resistencia al glifosato en poblaciones australianas de raigrás, agropiro, cuernecillo y *Cirsium arvense*. En Iowa, las poblaciones de la maleza *Amaranthus rudis* muestra señales de retraso en la germinación que le permite adaptarse mejor a aspersiones tempranas, la maleza velvetleaf demostró tolerancia al glifosato, y en Delaware se documentó la presencia de resistencia al RR en la maleza horseweed. Incluso en áreas donde la resistencia de maleza no se había observado, los científicos han notado aumentos de la presencia de especies de malezas más fuertes, como la hierba mora del Este en Illinois y el cáñamo acuático en Iowa (Cerdeira y Duke 2006). Los cultivos resistentes al

glifosato tienen una alta probabilidad de convertirse en problemas como cosechas voluntarias. Los transgenes resistentes al glifosato se han encontrado en campos de canola que supuestamente no son transgénicos. En algunas circunstancias, el mayor riesgo de las cosechas resistentes al glifosato puede ser el flujo de transgenes (introgresión) de los cultivos a especies relacionadas que podrían llegar a ser problemas en ecosistemas naturales. Es poco probable que los mismos transgenes resistentes al glifosato sean un riesgo en poblaciones de plantas silvestres, pero cuando se unen a transgenes que pueden dar ventajas de adaptabilidad fuera de la agricultura (p.ej, resistencia a insectos), se podrían ver afectados los ecosistemas naturales (Rissler y Mellon 1996).

En la Pampa argentina, la aplicación de glifosato a campos de soja OGM aumentó de 1'000.000 a 160'000.000 de litros en 8 años. La aplicación continua de este herbicida ha causado la aparición de malezas resistentes al glifosato: *Parietaria debilis*, *Petunia axilaris*, *Verbena litoralis*, *V. bonariensis*, *Hybanthus parviflorus*, *Iresine diffusa*, *Commelina erecta* e *Ipomoea* sp. La aparición de resistencia implica un aumento adicional del uso de herbicidas, que incluye las combinaciones del glifosato con otros herbicidas, restableciendo el uso del viejo herbicida 2,4-D (Pengue 2005).

Actualmente no existen datos a nivel de residuos de Roundup en el maíz y la soja, porque los productos de grano no se incluyen en estudios convencionales del mercado que monitorean residuos de pesticida. Sin embargo, se sabe que debido a que el glifosato es un herbicida sistémico (aplicado en 12 millones de acres de tierras de labranza en los Estados Unidos), llega a las partes cosechadas de plantas y no se metaboliza fácilmente, acumulándose así en regiones meristemáticas, incluyendo raíces y nódulos (Duque *et al.* 2003).

Aunque, la información sobre los efectos biológicos de este herbicida en el suelo es incompleta, no obstante la investigación ha demostrado que las aplicaciones de glifosato están probablemente ligadas a los siguientes efectos (Buffin y Topsy 2001, Cerdeira y Duke 2006, Motavalli *et al.* 2004, Yamada 2009):

- La investigación experimental sugiere que algunas importantes bacterias y hongos benéficos del suelo, incluyendo bacterias y hongos que fijan el nitrógeno, y otros responsables de la descomposición de materia orgánica, se ven afectados por el glifosato. Algunos estudios han mostrado que los impactos del tratamiento con glifosato pueden durar por varios meses. Esto sugiere que el glifosato pueda permanecer activo en el suelo y ser tomado por organismos del suelo.
- Además de afectar las bacterias que fijan el nitrógeno, se ha encontrado que el glifosato inhibe los hongos micorrízicos que ayudan a que las plan-



tas absorban nutrientes y ayudan a la protección contra enfermedades o la sequía. Se inhibió la formación de nódulos que fijan el nitrógeno en las raíces del trébol a niveles entre 2 y 2 000 mg/kg de glifosato. El efecto persistió 120 días después del tratamiento. La fertilidad del suelo y el crecimiento de los cultivos se pueden ver afectadas drásticamente por una disminución en la presencia de microorganismos en el suelo, los cuales realizan funciones regeneradoras necesarias que incluyen la descomposición de materia orgánica, la liberación de nutrientes y la supresión de organismos patógenos. En resumen el efecto neto de las aplicaciones de glifosato parece ser el desbalance de las comunidades micobiales del suelo al estimular unas poblaciones y suprimir otras.

- También se encontró que el glifosato afecta negativamente a las lombrices. Un estudio en Nueva Zelanda reveló que las repetidas aplicaciones quincenales en porcentajes bajos de glifosato (1/20 de los porcentajes típicos) causaron una reducción del crecimiento, un aumento del tiempo de madurez y de la mortalidad de la lombriz que comúnmente se encuentra en suelos agrícolas.
- Se ha encontrado que el glifosato y sus formulaciones comerciales, tienen efectos de toxicidad directos e impactos indirectos al destruir su hábitat, sobre poblaciones de insectos benéficos, ácaros, y arañas. Un estudio descubrió que la exposición al glifosato mató más del 80% de la población de un escarabajo predador y el 50% de las poblaciones de avispas parasitoides, comején, mariquitas, y ácaros predadores. Un estudio en campos de trigo de invierno en Carolina del Norte descubrió que las poblaciones de carábidos predadores grandes disminuyeron después del tratamiento con una formulación de glifosato y no se recuperaron durante 28 días. Se insinuó que el incremento en la frecuencia de brotes de pulgón del cereal en campos tratados se debió a la disminución en el número de artrópodos predadores y la baja densidad de malezas subsecuente al uso de herbicidas.
- Las aplicaciones de glifosato pueden tornar ciertas cosechas más vulnerables a enfermedades. El glifosato aumentó la patogenicidad y la supervivencia de una enfermedad causada por el hongo *Gaeumannomyces graminis*. El hongo causa el "mal del pie" en las cosechas de trigo. Además, disminuyó la proporción de hongos del suelo que actuaban como antagonistas del hongo del mal del pie. El glifosato aumentó la susceptibilidad de las leguminosas a la enfermedad parasitaria antracnosis. También, se encontró que rociar Roundup antes de sembrar cebada aumentaba la *Rhizoctonia* en la cosecha y disminuía su producción. De hecho se sabe que muchas enfermedades como la pudri-

ción de la raíz en soja causada por *Corynespora*, son estimuladas por la exudación de glifosato desde las raíces de malezas o cultivos. El mecanismo involucrado en la proliferación de estas enfermedades asociadas a las raíces es la disrupción de la síntesis de sustancias de defensa (fitoalexinas) predisponiendo a las plantas al ataque de hongos patógenos del suelo.

- Aunque el glifosato está destinado al uso terrestre, puede contaminar el agua superficial directamente como consecuencia de su uso en el control de malezas acuáticas o indirectamente cuando el glifosato adsorbido a las partículas del suelo es arrastrado a los ríos o quebradas. El glifosato, que contiene el surfactante polietoxilado tallowamine es aproximadamente 30 veces más tóxico para los peces e invertebrados acuáticos que el glifosato.

Estudios han mostrado que la toxicidad aguda del glifosato varía según la especie y edad del pez y bajo condiciones ambientales diferentes, como la dureza, el pH y la temperatura del agua. Un estudio en Luisiana probó el efecto de las concentraciones subletales del glifosato en una especie de caracol acuático, *Pseudosuccinea columella*. El estudio descubrió que niveles bajos de glifosato afectan negativamente la reproducción y el desarrollo del caracol (Buffin y Topsy 2001). Relyea (2005) encontró que el Roundup causó una disminución del 70% en la biodiversidad de anfibios y una disminución del 86% en la población total de renacuajos.

### Seguridad alimentaria y el futuro de los agricultores

Quienes proponen la biotecnología defienden la expansión del cultivo de soja como un ejemplo exitoso de adopción de la tecnología transgénica por los agricultores. Pero estos datos ocultan el hecho de que la expansión de soja lleva a la concentración extrema de tierras e ingresos. En Brasil, el cultivo de soja desplaza a 11 trabajadores agrícolas por cada nuevo trabajador que emplea. Esto no es un fenómeno nuevo, en la década de 1970, 2.5 millones de personas fueron desplazadas por la producción de soja en Paraná, y 300.000 fueron desplazados en Río Grande do Sul. Muchas de estas personas ahora sin tierras se trasladaron al Amazonas donde, sin otra opción, deforestaron los bosques prístinos. En la región del Cerrado donde la producción de soja transgénica se está expandiendo, el desplazamiento ha sido relativamente moderado ya que el área no está densamente poblada (Altieri Pengue 2006).

En Argentina, quebraron más de 60.000 granjeros cuando casi se triplicó el área sembrada de soja RR. En 1998, había 422.000 granjas en Argentina, mientras que en el 2002 había sólo 318.000, una reducción de un cuarto. En una década, el área de soja aumentó el 126% a expensas de la producción láctea, maíz, trigo, y frutas.



En la época de cultivos 2003/2004 se sembraron 13.7 millones de hectáreas de soya, pero hubo una reducción de 2.9 millones en las hectáreas de maíz y 2.15 millones de hectáreas de girasoles. En la provincia noreste del Chaco, donde el algodón era la cosecha tradicional, la invasión de la soya redujo la población rural del 40 % al 20 %. Para el país, esto significa más importaciones de alimentos básicos, por lo tanto la pérdida de la soberanía alimentaria, el aumento de los precios de los alimentos y el hambre, sobre todo en la región noreste donde la soya es el rey, y donde el 37% de la gente está por debajo del umbral de la pobreza y no se pueden alimentar debidamente (Pengue 2005).

El avance "de la frontera agrícola" para los biocombustibles es un atentado contra la soberanía alimentaria de naciones en vía de desarrollo, ya que la tierra para la producción de alimentos se dedica cada vez más a alimentar los automóviles de personas en el Norte. La producción de los biocombustibles también afecta directamente a los consumidores al aumentar el precio de los alimentos. Muy pronto el precio del maíz, la soya y la caña de azúcar será determinado por su valor como materia prima para el biocombustible más que por su importancia como alimento para las personas o comida para el ganado. Los agricultores a gran escala en países que dan cuenta de la mayoría de la producción de biocombustibles, disfrutarán de la promesa de precios de materias primas e ingresos marcadamente más altos. En contraste, los pobres urbanos y rurales en países que importan alimentos pagarán precios mucho más altos por los principales alimentos básicos y habrá menos cereal disponible para la ayuda humanitaria (Shattuck 2008).

A medida que se siembra más maíz, se desplaza el trigo y la soya, aumentando sus precios en el mercado. Puesto que el maíz estadounidense da cuenta de casi el 40 % de la producción global, la expansión de agrocombustibles estadounidense afecta los mercados globales para todos los cereales y exacerba la inflación del precio de los alimentos en todo el mundo. En 2006-2007, en los Estados Unidos, el auge del etanol llevó a un rápido aumento en los precios del maíz y otros productos, ya que la tierra se desvió de otras cosechas a la de maíz, en particular la de soya. En un año el precio de maíz subió de \$2.20/bu (\$87/mt) a \$3.50/bu (\$138/mt) o más alto, un aumento del 60%. Los precios de los alimentos han aumentado, pero no proporcionalmente al precio de los biocombustibles ya que hay otros factores implicados en los aumentos del precio de los alimentos. La carne de aves y los huevos están enfrentando el mayor impacto ya que el maíz constituye aproximadamente dos tercios de la ración avícola. En consecuencia, el costo total de producir carne de aves y huevos ha aumentado casi el 15 %, pasando el aumento de costo a los consumidores. Cálculos recientes ubican el aumento del costo de alimentos del consumidor hasta ahora, debido al etanol de maíz, entre el 1.5% y el 25% los consumidores esta-

dounidenses pagaron aproximadamente \$22 mil millones de dólares más por los alimentos en 2007 debido a los biocombustibles. La demanda de biocombustibles en los Estados Unidos también se relacionó con un aumento masivo del precio del maíz, el cual llevó a un reciente aumento del 400% de los precios de la tortilla en México (Holt-Giménez y Peabody 2008).

## Conclusiones

El progresivo agotamiento del petróleo ha proporcionado una oportunidad para la creación de potentes sociedades globales entre corporaciones de cereales, de ingeniería genética, petrolera y automotriz. Estas nuevas alianzas de alimentos y combustibles cada vez más deciden el futuro de los paisajes agrícolas del mundo. El auge de los biocombustibles consolidará posteriormente su dominio de los sistemas alimentarios y de combustibles, y les permitirá determinar qué, cómo, y cuánto se cultivará, causando más pobreza rural, destrucción ambiental y hambre. Los beneficiarios finales de la revolución del biocombustible serán los gigantes comercializadores de cereales, incluyendo a Cargill, ADM, y Bunge; las compañías petroleras como BP, Shell, Chevron, Neste oil, Repsol, y Total; las compañías automotrices como General Motors, Volkswagen AG, FMC-Ford France, PSA Peugeot-Citroen, y Renault; y los gigantes de la biotecnología, como Monsanto, DuPont y Syngenta. Los perdedores son los pequeños y medianos agricultores, los consumidores, y el medioambiente.

Hoy en día, los monocultivos de agrocombustibles están aumentando en porcentajes dramáticos por todo el mundo, principalmente vía una expansión geográfica a expensas de bosques con pérdida de hábitats naturales y desplazamiento de áreas dedicadas a cultivos alimenticios, amenazando la seguridad alimentaria de regiones enteras. Las tecnologías que facilitan este cambio hacia estos monocultivos a gran escala son la mecanización, la mejora de variedades de cultivos a través de la ingeniería genética, y la aplicación de cantidades masivas de fertilizantes y herbicidas químicos. La inversión corporativa y la seducción de los gobiernos han sido claves en el estímulo de la expansión de los agrocombustibles. Claramente, los ecosistemas de las áreas en las cuales se están produciendo los biocombustibles se están degradando rápidamente, no sólo debido a la deforestación sino también debido a los impactos ecológicos asociados con las tecnologías de producción de los cultivos (fertilizantes nitrogenados, herbicidas, y cultivos transgénicos) y la mayor emisión de gases de invernadero (Searchinger *et al.* 2008). Por estos y otros motivos, la producción de agrocombustibles no es sostenible ni ambiental ni socialmente ahora o en el futuro.

La industria biotecnológica está utilizando la actual fiebre por los biocombustibles para limpiar su imagen desarrollando y desplegando semillas transgénicas

para la producción de energía y no para la producción de alimentos. Dada la creciente desconfianza pública y el rechazo de y hacia los cultivos transgénicos como alimentos, la biotecnología será utilizada por las corporaciones para mejorar su imagen afirmando que ellos desarrollarán nuevos cultivos genéticamente modificados para la producción de biomasa mejorada o que contengan la enzima alfa-amilasa, lo cual permitirá que el proceso del etanol comience mientras el maíz todavía está en el campo, una tecnología que aseguran no tener ningún impacto negativo en la salud humana o el medioambiente. El despliegue de tales cosechas en el medioambiente añadirá una amenaza ambiental adicional a aquellas ya relacionadas con el maíz transgénico, que en 2006 alcanzó 32.2 millones de hectáreas: la introducción de nuevos rasgos en la cadena alimenticia humana ha ocurrido ya con el maíz Starlink y el arroz LL601.

Cuando los gobiernos son persuadidos por las promesas del mercado del biocombustible global, ellos idean proyectos de biocombustibles nacionales que promueven una producción basada en monocultivos a gran escala, que dependen del uso intensivo de herbicidas y fertilizantes químicos, desviando así millones de hectáreas de valiosa tierra cosechable de la producción de alimentos muy necesitados. Hay una gran necesidad de un análisis social y ecológico para anticipar las implicaciones ambientales y de seguridad alimentaria del despliegue de los proyectos de biocombustibles de países pequeños como Ecuador. Este país espera ampliar la producción de caña de azúcar en 50.000 has, y limpiar 100.000 has de bosques naturales para dar paso a las plantaciones de palma de aceite. Las plantaciones de palma de aceite están causando ya un gran desastre ambiental mayor en la región Chocoana de Colombia (Bravo 2006).

También es inquietante que las universidades públicas y los sistemas de investigación caigan víctimas de la seducción de grandes cantidades de dinero y de la influencia del poder político y corporativo. La intrusión del capital privado en la formulación de la agenda de investigación y composición de la facultad, que deteriora la misión pública de las universidades a favor de intereses privados, minando la libertad académica y la facultad de gobernar. Estas alianzas apartan a las universidades de tomar parte en la investigación imparcial e impiden que el capital intelectual explore alternativas realmente sostenibles a la crisis energética y al cambio climático.

No cabe duda de que la conglomeración del petróleo y el capital de la biotecnología decidirán cada vez más el destino de los paisajes rurales del continente americano. Sólo las alianzas estratégicas y la acción coordinada de movimientos sociales (las organizaciones de agricultores, los movimientos ambientales y de trabajadores agrícolas, las organizaciones no gubernamentales, las

confederaciones de consumidores, miembros del sector académico comprometidos, etc.) pueden presionar a los gobiernos y a las compañías multinacionales para asegurar que estas tendencias sean detenidas. Más importante aún, tenemos que trabajar juntos para asegurar que todos los países retengan el derecho de conseguir la soberanía alimentaria por medio de sistemas locales de producción, reforma agraria, acceso al agua, semillas y otros recursos, y políticas alimentarias y de desarrollo agrícola local basados en la agroecología que respondan a las necesidades verdaderas de los agricultores y de todos los consumidores, sobre todo los pobres.

## Referencias

- Altieri MA. 2007. Fatal harvest: Old and new dimensions of the ecological tragedy of modern agriculture. In *Sustainable resource management* (Nemetz PN, ed). Cheltenham, UK: Edward Elgar, pp. 189-213.
- Altieri MA, Bravo E. 2007. The ecological and social tragedy of crop-based biocombustible production in the Americas. Retrieved March 27, 2009, from <http://www.foodfirst.org/en/node/1662>
- Altieri MA, Pengue W. 2006. GM soybean: Latin America's new colonizer. Seedling. Retrieved March 27, 2009, from <http://www.grain.org/seedling/?id=421>
- Bravo E. 2006. Biocombustibles, cultivos energéticos y soberanía alimentaria: Encendiendo el debate sobre biocombustibles. Quito, Ecuador: Accion Ecológica.
- Buffin D, Topsy J. 2001. Health and environmental impacts of glifosato: The implications of increased use of glifosato in association with genetically modified crops. London: Friends of the Earth.
- Cassman KG. 2007. Climate change, biocombustibles, and global food security. *Environmental Research Letter* 2: 1-3.
- Cerdeira AL, Duke SO. 2006. The current status and environmental impacts of glifosato-resistant crops. *Journal of Environmental Quality* 35: 1633-1658.
- Conway GR, Pretty JN. 1991. Unwelcome harvest: Agriculture and pollution. London: Earthscan.
- Demirbas A. 2009. Biocombustibles: Securing the planet's future energy needs. London: Springer.
- Donald PF. 2004. Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conservation Biology* 18: 17-37.
- Fearnside PM. 2001. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation* 28: 23-28.
- Grau HR, Gasparri IN, Mitchell AT. 2005. Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environmental Conservation* 32: 140-148.
- Hayes TB, Collins A, Lee M, Mendoza M, Noriega N, Stu-

- art AA, Vonk A. 2002. Hermaphroditic, demasculinized frogs after exposure to the herbicide, atrazine, at low ecologically relevant doses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 5476-5480.
- Holt-Gimenez E, Peabody L. 2008. Solving the food crisis: The causes and the solutions. Oakland, CA: Food First. Retrieved March 30, 2009, from <http://www.foodfirst.org/en/node/2141>
- James C. 2007. Global review of commercialised transgenic crops (ISAAA Brief No. 37). Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-Bio-tech Application.
- Jason C. 2004. World agriculture and the environment. Washington, DC: Island Press.
- Klink CA, Machado RB. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* 19: 707-713.
- McGuinness H. 1993. Living soils: Sustainable alternatives to chemical fertilizers for developing countries. Unpublished manuscript, Consumers Policy Institute, New York.
- Morton DC, DeFries RS, Shimabukuro YE, Anderson LO, Arai E, Espirito-Santo FD, Freitas R, Morissette J. 2006. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103: 14637-14641.
- Motavalli PP, Kremer, RJ, Fang M, Means NE. 2004. Impacts of genetically modified crops and their management on soil microbially mediated plant nutrient transformations. *Journal of Environmental Quality* 33: 816-824.
- Pahl G. 2008. Biodiesel: Growing anew energy economy. White River Junction, VT: Chelsea Green.
- Pengue W. 2005. Transgenic crops in Argentina: The ecological and social debt. *Bulletin of Science, Technology Society* 25: 314-322.
- Pimentel D. 2003. Ethanol fuels: Energy balance, economics and environmental impacts are negative. *Natural Resources Research* 12: 127-134.
- Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, Sinclair K, Kurz D, McNair M, Crist S, Shpritz L, Fitton L, Saffouri R, Blair R. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science* 276: 1117-1123.
- Pimentel D, Lehman H. 1993. The pesticide question. New York: Chapman y Hall.
- Pimentel D, Patzek TW. 2005. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resources Research* 14: 65-76.
- Pimentel D, Tariche, S, Schreck J, Alpert S. 1997. Water resources: Agriculture, environment and society. *BioScience* 47: 97-106.
- Relyea RA. 2005. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications* 15: 618-627.
- Rissler J, Mellon M. 1996. The ecological risks of engineered crops. Cambridge: MIT Press.
- Scharlemann JPW, Laurance WF. 2008. How green are biocombustibles? *Science* 319: 43-44.
- Scriber JM. 1984. Nitrogen nutrition of plants and insect invasion. In *Nitrogen in crop production* (Hauck R, ed.). Madison, WI: American Society of Agronomy, pp 96-102.
- Searchinger T, Heimlich R, Houghton RA, Dong F, Elobeid A, Fabiosa J, Tokgoz S, Hayes D, Yu T. 2008. Use of US cropland for biofuels increases greenhouse gases through emission from land-use change. *Science* 319: 1238-1240.
- Shapouri H, McAloon A. 2004. The 2001 net energy balance of corn-ethanol. Washington, DC: USDA, Economic Research Service. Retrieved March 30, 2009, from [www.usda.gov/oce/reports/energy/net\\_energy\\_balance.pdf](http://www.usda.gov/oce/reports/energy/net_energy_balance.pdf)
- Shattuck A. 2008. The agrocombustibles Trojan horse: Biotechnology and the corporate domination of agriculture (Food First Policy Brief No. 14). Oakland, CA: Food First.
- Yamada T. 2009. Glyphosate interactions with physiology, nutrition, and diseases of plants: threat to agricultural sustainability? *European Journal of Agronomy* 31: 111-113.



# LA TRANSICIÓN DE LOS AGROCOMBUSTIBLES. REESTRUCTURANDO LUGARES Y ESPACIOS EN EL SISTEMA ALIMENTARIO MUNDIAL<sup>1</sup>

**Eric Holt-Giménez, Annie Shattuck**

*Food First/Institute for Food and Development Policy, Oakland, CA 94618; e-mail: eholtgim@foodfirst.org.*

## Resumen

A pesar de las recientes críticas contra los agrocombustibles, la industria está creciendo, mostrando transformaciones en los sistemas alimentarios y de combustibles del mundo. Las instituciones financieras internacionales, las firmas de biotecnología, los gobiernos y la agroindustria reestructuran el control sobre la tierra, los recursos genéticos, el espacio económico y el poder del mercado. Estas movidas favorecen el capital transnacional a expensas de los agricultores del norte y de extensas áreas esenciales para el sustento de los pequeños productores del Sur del globo. Este artículo sugiere que el auge de los agrocombustibles pueda ser una nueva, y particularmente destructiva, etapa en las transformaciones agrícolas extractivas impulsadas por la industria. La lógica basada en el movimiento del derecho de los pueblos a la “soberanía alimentaria” para definir sus propios sistemas alimentarios y agrícolas, sugiere que es posible revertir la “transición de los agrocombustibles”.

**Palabras clave:** Agrocombustibles; reestructuración territorial; lugares y espacios.

## Summary

### The Agrofuels Transition: Restructuring Places and Spaces in the Global Food System

Despite recent critiques of agrofuels, the industry is booming, signalling transformations in the world's food and fuel systems. International financial institutions, biotechnology firms, governments, and agribusiness are restructuring control over land, genetic resources, economic space, and market power. These moves favor transnational capital at the expense of farmers in the North and extensive areas vital to the livelihoods of small producers in the Global South. This article suggests that the agrofuels boom may be a new—and particularly destructive—stage in industry's extractive transformation of agriculture. The movement-based logic of food sovereignty—people's right to define their own food and agriculture systems—suggests a rollback of the “agrofuels transition” is possible.

**Keywords:** Agrofuels, territorial restructuring; places and spaces

## Introducción

Recientes informes de la destrucción de bosques tropicales, desalojos de tierras y motines alimentarios han manchado la imagen del agrocombustible como una vía verde hacia un futuro sostenible. Las críticas de un pobre equilibrio energético (Pimentel y Patzek 2005), la huella negativa de carbón (Crutzen *et al.* 2007, Searchinger *et al.* 2008 Howarth *et al.* 2009), la deforestación masiva (Morton *et al.* 2006, Silvius y Kaat 2006), y un impacto devastador sobre la seguridad alimentaria y el sustento rural (Brown 2006, Holt-Giménez 2008a, Runge y Senauer 2007) todos indican que la industria agrava los mismos problemas sociales y ambientales que se suponía iba a remediar.

Sin embargo, a pesar de la reciente reducción del mercado debido a precios del petróleo más bajos y la

crisis del crédito mundial, la industria está creciendo a un ritmo de más del 120% al año desde el 2005 (Renewable Fuels Association 2008). Un informe reciente

<sup>1</sup> Mientras que el debate alrededor de los combustibles basados en cosechas, a menudo emplea el término *biocombustible*, este artículo se ocupa específicamente de los combustibles líquidos de cosechas cultivadas y producidas a gran escala agroindustrial conocida como “agrocombustibles”. Consideramos biocombustibles, el término comúnmente usado para los agrocombustibles, para referirnos a los combustibles líquidos a pequeña escala, no industriales, con frecuencia hechos en instalaciones operadas por el dueño para el consumo local. Los agrocombustibles industriales, como el etanol y el biodiesel, se producen actualmente de plantas como el maíz, la palma de aceite, la soya, la caña de azúcar, la remolacha, la colza, la canola, la jatropha, el arroz y el trigo. Los agrocombustibles generalmente se mezclan con gasolina o diesel, principalmente para impulsar los 800 millones de carros del mundo.



de la Junta de Investigación y desarrollo de Biomasa de los Estados Unidos sostiene enérgicamente que los agrocombustibles son esenciales para que los Estados Unidos alcancen los objetivos "Veinte en Diez" de reducir la dependencia del país del petróleo extranjero al 20 % en 10 años (Biomass Research and Development Board 2008). Con este fin, los Estados Unidos decretó un consumo anual de 36 millones de galones de agrocombustibles al 2022 en su Ley de Seguridad e Independencia de Energía de 2007. El decreto asegura un mercado cautivo para un producto que también disfruta de subsidios que ascienden aproximadamente a la mitad de su precio mayorista del mercado. La Unión Europea tiene leyes similares para la conversión del 10% de los combustibles líquidos en 10 años.

El mito de que los países del norte podrían llegar a ser "independientes energéticamente" por medio de la producción de biocombustibles, ha sido desacreditado en gran parte. La cosecha completa de maíz estadounidense sólo podría producir suficiente material energético para reemplazar como el 12% del consumo de gasolina estadounidense (Hill *et al.* 2006). Mientras casi la mitad de la energía del mundo es consumida en los países de la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OECD por sus siglas en inglés), el 84% de la tierra adicional disponible para expandir los agrocombustibles se encuentra al Sur (Doombosch y Steeblik 2007). Con los agrocombustibles, los países pobres del Sur, sin seguridad alimentaria, suministrarán el etanol y el biodiesel para el sobreconsumo de combustible en el opulento Norte.

Este artículo demostrará que aunque los agrocombustibles causan más problemas sociales y ambientales de los que resuelven, son fascinantes para la industria y el sector financiero; por eso los gobiernos los promueven, ya que brindan oportunidades de ganancias en la cadena de valor agraria, y porque su expansión—públicamente subsidiada—permite a los monopolios consolidar posteriormente el control, tanto de nuestros sistemas alimentarios como de nuestros combustibles. La *transición de los agrocombustibles* que ocurre en la tierra arable, tierras de pastoreo, ciénagas, y bosques es la etapa más nueva y quizá la final de la vieja transformación agraria hecha por la industria.

### **Agrocombustibles: otra industria de extracción**

Las industrias de extracción generalmente se asocian con "la maldición de los recursos": el saqueo de los países del Sur ricos en recursos por poderosos intereses corporativos respaldados por el poder financiero y militar de los países industrializados del Norte. Sin embargo, las industrias de extracción también operan en países del Norte, aunque por lo general bajo marcos regulatorios más estrictos. La actividad de extracción municipalizada se caracteriza por la capacidad de mantener

la producción tanto en el Norte como en el Sur. La presencia en los países del Norte proporciona una base importante de poder político, mientras las operaciones en el Sur proporcionan un asilo donde las corporaciones pueden librarse de los costos sociales y ambientales. Esto es verdad, en particular, con los recursos no renovables como el petróleo, el gas, y los minerales, para los cuales la destrucción social y ambiental es alto, y por lo tanto, la necesidad del apoyo gubernamental del Norte es esencial. Los agrocombustibles siguen este modelo de extracción de recursos porque aunque son técnicamente "renovables" (como la madera, el café y otros productos agrícolas), los recursos de los cuales su producción industrial depende son finitos, están concentrados principalmente en el Sur, e incurrir impactos sociales y ambientales significativos.

La erosión de suelo, la reducción del agua subterránea, la destrucción de la fertilidad de suelo y la desviación de aguas superficiales han tenido que ver con la producción industrial de agrocombustibles. Un estudio sobre el acuífero Ogalalla en el medio oeste de los Estados Unidos reveló que la producción de etanol "está acelerando la reducción de las reservas de agua subterránea fósil" (Roberts *et al.* 2007). En la cuenca Usangu de Tanzania, un río que suministraba el agua a 1.000 agricultores de pequeña escala fue desviado a una plantación de agrocombustibles extranjera, desplazando a los agricultores de su tierra (GRAIN 2008). El movimiento campesino internacional *Vía Campesina* relata que en el valle brasileño de Jequitinhonha, 270 quebradas han sido desecadas después de la construcción de una plantación de eucalipto y una fábrica de pulpa (Vía Campesina 2006). El eucalipto es una de las cosechas promovidas como una posible "segunda generación más verde" de materia prima de etanol.

Los agrocombustibles extraen nutrientes y suelo superior también. En particular, la producción de soya (la principal materia prima del biodiesel) es acompañada de altos índices de erosión, sobre todo en áreas donde los ciclos largos de rotación de cultivos no se practican. En el cultivo de soya, la pérdida de la capa fértil del suelo tiene un promedio de 16 toneladas por hectárea en el medio oeste de los Estados Unidos y entre 19 y 30 toneladas por hectárea en Brasil y Argentina (Altieri y Bravo 2007). En Argentina, los cultivos industriales de soya han resultado en una masiva reducción de nutrientes del suelo. Según un cálculo, costaría aproximadamente \$910 millones de dólares sustituir esta pérdida, un millón de toneladas métricas del nitrógeno y 227.000 toneladas métricas de fósforo, por fertilizantes sintéticos (Pengue 2005).

### **Agrocombustibles y la reestructuración territorial**

Por supuesto, los agrocombustibles extraen más que sólo agua y suelo; extraen valor. Tomando prestada la des-

cripción de Borras (2006, p. 125) de las reformas agrarias “regresivas”, para hacerlo así deben ejercer el control “de la naturaleza, el ritmo, la magnitud y la dirección” de la producción de bienes y la extracción de plusvalía, así como la distribución y acumulación de ese excedente. Los gigantes de los agrocombustibles como Archer Daniels Midland (ADM) situada en Estados Unidos y Petrobras de Brasil reajustan los flujos de capital y las relaciones del poder, establecen nuevas formas de propiedad sobre la tierra y los recursos genéticos, y transforman los mercados a escalas mundiales (Gordon 2008). Siguiendo la lógica dual de capital y territorio del capitalismo (ver Harvey 2003), los efectos estructurales del auge de los agrocombustibles puede entenderse al rastrear los cambios fundamentales que la industria crea, tanto en los sitios físicos como en los espacios políticos y económicos del sistema alimentario mundial. La industria de los agrocombustibles, como otras industrias de extracción, toma parte en la *reestructuración territorial*; la reforma tanto de lugares como de espacios a escalas internacionales, nacionales, subregionales y locales (ver Holt-Giménez 2007a). Mientras las instituciones financieras internacionales (IFIs) como el Banco Mundial y el FMI usan créditos con condiciones para reestructurar leyes, ministerios y marcos regulatorios con el fin de facilitar la penetración del capital industrial en el Sur, en el terreno, el agronegocio y las firmas de biotecnología están reestructurando el territorio físico para asegurar la extracción eficiente de plusvalía.

### Lugares: Primero la tierra

Muchos minifundistas en el Sur han sido desplazado a tierras agroecológicamente marginales (Holt-Giménez 2006). Ahora los agrocombustibles están asignando y cercando físicamente estas tierras “marginales.” Los defensores de los agrocombustibles insisten que las tierras arables abandonadas y las marginales del mundo se pueden usar para producir agrocombustibles, de modo que no ponen en peligro la producción de alimentos (Gopalakrishnan *et al.* 2008). Un estudio usando imágenes satelitales y datos históricos afirma que existen 386 millones de hectáreas de tales tierras arables abandonadas (Campo *et al.* 2008). Tales estimaciones hacen caso omiso al hecho de que las tierras marginales a menudo son la base de subsistencia de las poblaciones rurales (Berndes *et al.* 2003). En un reciente informe<sup>1</sup>, Jonathan Davies de la Iniciativa Mundial para el Pastoreo Sostenible lo resume:

*“Estas tierras marginales no existen en la escala que la gente cree. En África, la mayor parte de las tierras en cuestión son activamente manejadas por pastores, cazadores-recolectores y a veces agricultores de tierra firme... [Dado] el displicente acercamiento actual a la asignación de tierra, [y] la indiferencia hacia los derechos a la tierra de los habitantes rurales en muchos*

*países, es inevitable que los grandes inversionistas sean quienes producirán los agrocombustibles a expensa de las comunidades locales. (Gaia Foundation 2008).”*

El informe afirma que la discusión sobre los agrocombustibles ha “ignorado la presencia de pastores, pueblos indígenas, agricultores a pequeña escala y mujeres en estas tierras, y ha podido entender que la agricultura/monocultura intensiva no es la única forma del utilizar la tierra” (Gaia Foundation 2008).

Las denuncias de desplazamiento territorial por los agrocombustibles son generalizadas. En Columbia, de acuerdo con un informe, “[el 93 por ciento] de la tierra cultivada con palma se encuentra en la zona territorial colectiva de comunidades negras.” El informe afirma que han limpiado casi todos los pueblos tradicionales y que están siendo repoblados con antiguos paramilitares y forasteros (Zimbalist 2007). En el Cabo del Este de Sudáfrica, están cercando 500.000 hectáreas de tierras de labranza comunales y sembrándolas con canola para biodiesel (African Center for Biosafety 2008). Sus habitantes han sido obligados a renunciar a sus huertos diversificados y a sus tierras de pastoreo, mientras que el gigante de los químicos Monsanto recibe grandes subvenciones por proporcionar sus productos químicos y semillas “en nombre del agricultor” (African Center for Biosafety 2008). Una compañía británica se apropió de 3.000 hectáreas de tierra comunal de pastos en Etiopía para sembrar *Jatropha* en un área poblada donde el 39% de la población ya depende de la ayuda de emergencia alimentaria (Gaia Foundation 2008). En Guatemala, la expansión de las plantaciones de palma de aceite para agrocombustibles está induciendo a una poderosa reconcentración de tierras, reduciendo considerablemente la tierra disponible para la producción de alimentos (Hurtado 2008). Esta lista no es de ningún modo exhaustiva.

Las apropiaciones de tierra de las naciones ricas y corporaciones del norte se están volviendo comunes también. *The Financial Times* recientemente informó que la firma surcoreana Daewoo está negociando un contrato de arriendo de 99 años para 1.3 millones de hectáreas de tierra en Madagascar. Daewoo no pagará nada, según se informa, por producir maíz y palma de aceite en una extensión de tierra del tamaño de Bélgica (Jung-a, Oliver y Burgis 2008).<sup>2</sup> Del mismo modo, el gobierno de Tanzania ha concedido acceso exclusivo a 22.230 acres de tierra durante 99 años a la firma británica Sun Biofuels, gratuitamente, a cambio del valor de \$20 millones de dólares en caminos y escuelas, y una compañía alemana espera tener pronto 494.000 acres de los cultivos en Tanzania (Knaup 2008). De igual manera, los precios altos de los alimentos y un dólar fuerte han inducido a muchos estados del Medio Oriente con una escasa ca-

2 Nota: Por la mala publicidad mundial, el contrato se suspendió en 2009, aunque queda pendiente.

pacidad de producción de comida a comprar o arrendar tierra en el extranjero (GRAIN 2008).

En otro ejemplo, la Celulosa de Aracruz, principal proveedor de pulpa de papel de eucalipto y uno de los nuevos jugadores en el etanol celuloso, desplazó 8.500 familias indígenas de su tierra en el estado brasileño de Espírito Santo, convirtiendo 11.000 hectáreas en "Desierto Verde" (Meirelles 2005). Las plantaciones han secado varios ríos y quebradas, amenazando seriamente el abastecimiento de agua a los minifundistas (Friends of the Earth International 2006). Si la tecnología para comercializar el etanol celuloso de productos madereros llega a estar muy disponible, como esperan las compañías como Aracruz, más minifundistas serán obligados a emigrar a la frontera agrícola o a barrios pobresurbanos ante la marcha de los agrocombustibles por el paisaje brasileño.

### **Lugares: Inclusión de los Campos Genéticos**

La información genética patentable dentro de las semillas es otro "lugar" que se está reestructurando con el auge de los agrocombustibles. Los nuevos cultivos de agrocombustibles genéticamente modificados incluirán inmensos recursos genéticos, sacándolos del acceso público y poniéndolos en manos del sector privado.

Monsanto y el gigante agroindustrial Cargill han lanzado una empresa conjunta llamada Renessen, una corporación completamente nueva con una inversión inicial de \$450 millones de dólares. Renessen es el único abastecedor del primer cultivo transgénico-energético comercial, "Maíz de alto valor Maverá." El maíz Maverá contiene varios genes modificados para incrementar el contenido de aceite y la producción del aminoácido lysine, junto con el pesticida Bt estándar de Monsanto y su gen para Roundup Ready (Gramoxone). El truco de esta operación, y el peligro para los agricultores, es que los agricultores deben vender su cosecha de maíz Maverá a una planta procesadora, propiedad de Renessen para recuperar el "valor más alto" de la cosecha (por la cual pagaron un recargo en la semilla). La división de procesamiento agrícola de Cargill ha creado una planta que *sólo* procesa su marca de maíz. Además, debido a la presencia de lysine genéticamente manipulada, un aminoácido que falta en la dieta estándar de engorde, ellos pueden vender el flujo de desechos como un costoso alimento para el ganado. Renessen ha conseguido para Monsanto y Cargill una integración vertical casi perfecta. Renessen determina el precio de la semilla, Monsanto vende los insumos químicos, Renessen determina el precio de recompra de la cosecha terminada, Renessen vende el combustible y los agricultores solos asumen los riesgos. Este sistema priva a los minifundistas de opciones y poder de mercado, mientras asegura ganancias máximas monopólicas para Cargill/Renessen/Monsanto (Shattuck 2008).

El desarrollo de la "segunda" y "tercera" generación de agrocombustibles sigue rápidamente bajo la dirección de

grandes firmas de biotecnología. Quizá el acontecimiento con las implicaciones de alcance más grandes son las nuevas materias primas para el etanol celuloso y los organismos genéticamente manipulados (OGM) o totalmente sintéticos diseñados para permitir su procesamiento.

Los cultivos de energía celulosa pueden producirse del material de cualquier planta: tallos de maíz, árboles, biomasa de caña de azúcar o hierbas. Este combustible se hace destilando los azúcares que se encuentran en la celulosa en el alcohol. Ya que tanta energía entra en la extracción del azúcar de la biomasa, la energía celulosa no será comercialmente viable sin importantes descubrimientos fisiológicos en las plantas. En otras palabras, el etanol celuloso forzosamente debe manipularse genéticamente para alcanzar alguna vez el mercado. Abrir los escollos clave a la energía celulosa brinda a la industria material genético sin precedentes, bajo leyes de patentes privadas. Puesto que tantos cultivos podrían utilizarse para producir el agrocombustible basado en el azúcar de la celulosa, el potencial para la expansión del material genético patentado es enorme (ver la tabla 1).

### **Espacios Económicos y Políticos: Finanzas Internacionales**

Las IFIs están reestructurando los espacios políticos y económicos para acomodar el auge de los agrocombustibles. Los agrocombustibles atraen las inversiones directas porque convierten la agricultura en el tipo de industria extractivista que las IFIs como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco de Desarrollo Africano han promovido desde hace décadas. Un caso en Brasil es en particular ilustrativo. La Corporación de Finanzas Internacional (IFC; el brazo de préstamo al sector privado del Banco Mundial) recientemente prestó \$50 millones de dólares a Industria y Comercio Cosan S.A., la compañía azucarera (y de etanol) más grande en el mundo y parte del Grupo Ometto del multi-millonario Rubens Ometto Silveira Mello, que posee varias compañías brasileñas de azúcar. Cosan atrae inversiones de capital internacional de Tate y Lyle, Mitsubishi, el grupo Kuok de Hong Kong (cultivadores de palma) y de compañías azucareras francesas, Sucden y Tereos. La oferta pública inicial de Cosan en 2006 recaudó \$405 millones de dólares (Magalhães 2006). La IFC, además de su inversión de capital (que por lo visto Cosan atrae sin mucho problema), demostró su valor para el grupo concediendo una clasificación "B" al proyecto, calificación designada para impactos ambientales y condiciones de trabajo moderados. La IFC puso las pautas, pero permitió que Cosan realizara sus propias auditorías de los estándares ambientales y de trabajo. La IFC supervisó las regulaciones de Cosan examinando copias de memorándums corporativos y "finalización certificada por la dirección, de medidas correctivas de alta prioridad" (IFC 2005).

**Tabla 1.** El proyecto de segunda generación

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Expansión sin límite, tolerancia a la sequía/heladas, crecimiento en tierra marginal:</i> Son algunos de los rasgos en desarrollo más anunciados, permiten que una planta eluda sus propias limitaciones fisiológicas para crecer en suelos pobres, en regiones con poca agua y resistir temperaturas glaciales. En otras palabras, estos rasgos pretenden hacer que las monocosechas industriales crezcan donde no podrían de otra forma. La biotecnología de Mendel, una firma controlada por Monsanto y British Petroleum privadamente, con grandes inversiones, ya ha identificado y aislado genes para estos nuevos rasgos.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><i>Biomasa incrementada y crecimiento más rápido:</i> Otro conjunto de rasgos en los que la industria de la biotecnología está trabajando es el código para que las plantas crezcan más rápido, que da más energía en la producción de la biomasa que los productos como los azúcares, nueces, aceites y tubérculos. Las plantas como el sorgo GE desarrollado por Ceres Incorporated (una pequeña empresa de biotecnología que inicia con la significativa inversión equitativa de Monsanto) cambian su capacidad de producir un producto alimentario por biomasa incrementada. Los agricultores que cultivan esta cosecha en el futuro tendrán que aceptar probablemente el precio ofrecido por la refinería de etanol más cercana, en vez de tener mercados locales e internacionales de alimentos variados de donde echar mano ya que los precios de las materias primas fluctúan inevitablemente.</p>                                                                                                    |
| <p><i>Contenido de lignina reducido en árboles:</i> La lignina es el compuesto leñoso en la pared de célula que da a los árboles tanto su integridad estructural como su resistencia a los parásitos. La lignina también es lo que hace difícil convertir los árboles en papel y potencialmente desbloquear la celulosa en la madera para producir el etanol. ArborGen, una firma de biotecnología con grandes inversiones de la industria de silvicultura industrial, está desarrollando árboles con contenido de lignina reducido al 20%. Como la modificación genética de especies de árbol es un campo relativamente nuevo, sólo unas pocas compañías han invertido en árboles GM. El presidente de Rubicon, una compañía de silvicultura industrial y una de los tres dueños de ArborGen, dice que "las ventas de unidad anuales de retoños de silvicultura suman billones, se repiten cada año, y atraviesan el globo.... No hay ningún competidor mundial para ArborGen" (Langelle y Peterman, 2006).</p> |
| <p><i>Enzimas, bacterias, y catalizadores patentados:</i> Procesar la celulosa en azúcares es la barrera más grande en hacer el etanol celulozo práctico. En su etapa actual, el proceso es inmensamente ineficaz. Sin tener en cuenta dudas de tecnología, la ingeniería de nuevas enzimas y bacterias que puedan dividir la celulosa es una carrera multimillonaria. Las sociedades corporativas, y no la competencia, son la norma en este sector. Codexis, uno de los reveladores principales de enzimas de GE, es en compañía con Syngenta y Shell Oil para su investigación y desarrollo. Algunas firmas de biotecnología de enzimas también poseen plantas procesadoras de etanol, como la compañía financiada Kholsa Venture, Range Fuels/Combustibles de Variedad. Las patentes en esta tecnología monopolizarán el mercado de etanol celulozo: quienquiera que controle los catalizadores más eficientes tendrá un monopolio virtual del procesamiento del combustible.</p>                            |

Toda la información sobre "el proyecto de segunda generación" está disponible libremente de las compañías implicadas en su desarrollo y se tomó exclusivamente de las publicaciones de la compañía en la web.

Al invertir en el etanol brasileño, el Rabobank holandés expresamente citó la certificación de IFC como la razón que le daba la seguridad para invertir: "el razonamiento de Rabobank consistía en que si la IFC aprueba este proyecto y lo clasifican sólo como clase B, proyecto de bajo riesgo, podemos invertir sin peligro [un adicional de] \$230 millones de dólares en esta corporación" (Lilley 2004). Las prácticas flojas en la clasificación de la IFC han facilitado inversiones para muchos proyectos extractivistas altamente destructivos, como los prestamos infames para el proyecto de soya en el 2004 al gobernador brasileño y al magnate de la soya Blairo Maggi, que destruyó grandes capas de la selva tropical de Amazonas (Lilley 2004). La imagen verde de los agrocombustibles hace posible que la IFC proporcione calificaciones favorables a estos proyectos, mitigando el riesgo financiero para la industria y asegurando el territorio para la inversión de capital adicional.

Al invertir en los agrocombustibles, las IFIs también refuerzan la clase de capitalismo que privilegia a la

agricultura basada en la exportación y a las industrias de extracción en un momento cuando las estrategias neoliberales de desarrollo "por el mercado" están desprestigiadas. En América Latina, los nuevos gobiernos elegidos en plataformas anti neoliberales (p.ej, Venezuela, Paraguay, Ecuador, Bolivia, Chile) están creciendo. La Ronda de Doha de la OMC parece estar estancada permanentemente, y la crisis financiera tiene muchos antiguos defensores de la política de gobierno de no intervención (incluyendo el antiguo presidente de la Reserva Federal estadounidense, Allan Greenspan) cuestionando la sabiduría del modelo neoliberal (Andrews 2008). Los agrocombustibles ofrecen a los defensores del neoliberalismo una forma de adelantar su agenda frente a una resistencia política generalizada. Puesto que se les considera como productos industriales más que productos agrícolas, los agrocombustibles evaden las enredadas negociaciones de la OMC y toman parte directamente en el comercio mundial donde otras políticas neoliberales han fallado (Gordon 2008).



### Espacios económicos y Políticos: Agronegocio Internacional

Los agrocombustibles provocaron un aumento en el valor de los productos del cereal y, con ello, una nueva ronda de consolidación y ganancia para la agroindustria. En marzo del 2008, aún antes de que la crisis financiera mundial desestabilizó el mercado, los precios del trigo subieron el 137% a partir del año anterior, la soya aumentó el 87%, el arroz se elevó el 74%, y el maíz subió el 31% (Holt-Giménez 2008b). Mientras que la inflación de precios del cereal afectó a algunos agronegocios, como el operador feedlot estadounidense Tyson Foods, los comerciantes mundiales de cereales prosperaron en la suerte inesperada. Corporaciones como Cargill y ADM compran y venden cereal. Debido a su enorme poder de mercado (Cargill y ADM juntos controlan el 75% del comercio del cereal mundial según Vorley, 2003) compran cuando los precios son bajos y pueden sacar el cereal del mercado hasta que los precios se recuperen. Esta resistencia a las fluctuaciones del mercado está clara en ganancias. En un tiempo de crisis alimentaria mundial y una severa recesión económica, cuando la mayor parte de las compañías están sufriendo pérdidas enormes, las ganancias de Cargill aumentaron el 62 % para el trimestre que finalizó el 31 de agosto de 2008, sobre el mismo trimestre en el 2007 (Black 2008). Los ingresos netos en Bunge, uno de los tres primeros comerciantes mundiales de cereal, aumentaron el 471% en la primera mitad del 2008 (Ugarte y Murphy 2008). Los ingresos netos de Monsanto aumentaron el 83% en los 9 primeros meses del año fiscal del 2008 (Ugarte y Murphy 2008).

ADM, el procesador de cereales más grande del mundo, ahora obtiene el 25% de su utilidad operativa de los agrocombustibles (Scully 2007). En previsión de la aprobación de la Ley de Energía estadounidense del 2007—una legislación que obliga a los ciudadanos estadounidenses a consumir 36 millones de galones de agrocombustibles al año hasta el 2022—las acciones de ADM se elevaron casi el 20% desde agosto a mediados de diciembre (Philpott 2007). La compañía anunció que era “optimista sobre el papel detallado que [los agrocombustibles] jugarán para mejorar la seguridad energética, reforzando las economías agrarias y ayudando a mejorar nuestro ambiente” (Archer Daniels Midland 2007).

Según la Asociación de Combustibles Renovables (RFA), entre las 176 plantas procesadoras de etanol operando en los Estados Unidos, en octubre del 2008, 40 pertenecían a grupos de agricultores. De un total de 28 plantas ahora en construcción, el 85% le pertenece a grandes corporaciones. Esto es inmensamente diferente a como la industria comenzó. No hace mucho, en mayo de 2007, las plantas que poseían los agricultores producían el 40% de la producción total (Hassan 2007). Ese porcentaje ha caído a sólo el 16.6% en 18 meses. Cin-

co corporaciones controlan aproximadamente el 47% de toda la producción de etanol en los Estados Unidos (Hassan 2007). Los 10 primeros productores juntos controlan aproximadamente el 70% (Hassan 2007). A causa de las economías de escala de sus plantas, y el hecho de que puede dominar el mercado de los cereales tanto de los cultivos de alimentos como de agrocombustibles, ADM surge como el jugador hegemónico en los Estados Unidos. Mientras otras compañías de etanol luchan con márgenes estrechos debido a los recientes precios altos del maíz, ADM ha reforzado tanto su dominación del mercado como sus ganancias (Birger 2008).

La concentración de la propiedad de la producción mundial de agrocombustibles por la agroindustria estadounidense sigue rápidamente. Después de haber comprado recientemente la mayoría de las acciones de la destilería de etanol más grande de Brasil, Cargill (compañía estadounidense) es ahora un exportador principal tanto de azúcar crudo como de soya de Brasil, la primera para materia prima del etanol, la última para alimento o biodiesel. Cargill también tiene la capacidad más grande para procesar semillas de aceite en Paraguay<sup>3</sup>. Durante los últimos 3 años, la inversión de capital empresarial en agrocombustibles ha aumentado en casi el 700% (Reeves 2007). La inversión privada en agrocombustibles está entrando a las instituciones de investigación públicas, poniendo en el orden del día a los agrocombustibles y eclipsando otras investigaciones (Altieri y Holt-Giménez 2007). Nuevas sociedades corporativas se están formando entre agroindustrias, compañías de biotecnología, compañías petroleras, y ensambladoras de autos.<sup>3</sup> Se están invirtiendo miles de millones de dólares en el sector de los agrocombustibles, en un desarrollo a menudo comparado “con una fiebre de oro verde” en la cual los países están rápidamente convirtiendo la tierra a cultivos de agrocombustibles y desarrollando la infraestructura para procesarlos y transportarlos. Las nuevas sociedades corporativas y las fusiones se están formando a un ritmo vertiginoso: ADM tanto con Monsanto y Conoco-Phillips; BP con DuPont y Toyota, así como con Monsanto y Mendel Biotechnology; Royal Dutch Shell con Cargill, Syngenta, y Goldman-Sachs; y DuPont con British Petroleum y Weyerhaeuser (ETC Group 2007).

### La transición de los agrocombustibles

La brillantez industrial de los agrocombustibles es su ajuste perfecto en el modelo capitalista de la agricultura. Los riesgos estacionales inherentes a la agricultura, la disyunción entre tiempo de producción y tiempo laboral, y la dependencia en la producción fija (basada en la tierra), son todos obstáculos para la penetración del capital en la agricultura (Mann y Dickenson 1978). El capital minimiza o evita estos obstáculos, invirtiendo

3 Para el informe completo vea Gaia Foundation (2008).



en los factores de producción y en el proceso de elaboración y distribución de productos agrícolas; a lo que Goodman *et al.* (1987) se refieren como “apropiación y sustitución.” Por un lado, los factores de producción (siembra, fertilización, fumigación, cultivación, etc.) son colonizados por el capital a través de la introducción de insumos externos como semillas transgénicas, pesticidas químicos, fertilizantes y herbicidas. Por el lado post-cosecha, el capital substituye productos industriales por productos agrícolas convirtiéndolos en elementos básicos (azúcares, almidón, aceite, etc.) por alimentos procesados y materias primas. Esto permite que la industria de los agroalimentos agregue y capture el valor de la producción primaria sin incurrir los riesgos de la producción agrícola (basada en la tierra). Al controlar los insumos, el procesamiento, la importación, la distribución y la venta al por menor, el capital convierte los obstáculos a la inversión capitalista en oportunidades y, al hacerlo así, consolida el poder monopólico sobre la producción (Walker 2007). Como consumidores de productos industriales costosos y productores de materias primas baratas, los agricultores están en una desventaja estructural, capturando menos del 20% del dólar alimentario (del cual tienen todavía que pagar gastos de producción). Esto ha llevado a la expansión de grandes granjas industrializadas que operan con márgenes de ganancia disminutivos. A pesar de una tendencia de 20 años de precios bajos y comida barata, la demanda mundial (poder adquisitivo) no se ha mantenido al corriente del abastecimiento (capacidad de producción), llevando a la sobre-producción. Salvo en las “crisis alimentarias” de 1970 y 2007, el precio del cereal y el margen de ganancias para el capital agro-industrial han estado disminuyendo a la par (Moore 2008). Ya que agregan valor al cereal barato, los agrocombustibles son una opción industrial universal para solucionar el problema de la caída del margen de ganancia. La transformación de los alimentos en combustible: (a) abre un nuevo espacio de mercado para la sobreproducción de productos como el maíz, la soya y la caña de azúcar; (b) incrementa el valor de esos productos tanto en los mercados de alimentos como en los de combustibles y (c) crea más pasos en la cadena de valor que permiten que jugadores corporativos agreguen y capturen más valor. Lamentablemente, este valor agregado también desató la inflación de los precios de los alimentos en 2006-2007, ocasionando la burbuja especulativa en el futuro del cereales en 2008.

El poder transformativo de los agrocombustibles se refleja en su capacidad de influir en las políticas, de crear mercados, de instrumentalizar las instituciones públicas, de consolidar el capital monopólico, y de transformar paisajes. Estas transformaciones agrarias a nuestros sistemas alimentarios y sistemas combustibles constituyen *la transición agrocombustible*, completo con la “creativa” destrucción, despojos, violencia de clase y la

sumisión de la vida rural a la lógica industrial (Holt-Giménez 2007b). Mientras esta transición comparte características transformativas con la transición agraria de la Revolución Industrial, y refleja muchas de las estrategias de modernización de la Revolución Verde más reciente, esta vez no hay sector industrial en expansión que absorba el despojo de la población rural, ni ninguna subvención del petróleo barato para asegurar décadas de expansión industrial. Mejor dicho, los agrocombustibles representan una involución agraria (ver Geertz 1963) en la cual los crecientes costos sociales y ambientales de producción rinden retornos sociales y ambientales cada vez mas reducidos. Las ganancias de los agrocombustibles, sin embargo, exprimen el valor de una base del reducido recurso rural y desvían los presupuestos públicos para proporcionar beneficios lucrativos y estructurales al capital financiero e industrial. Si acaso estos beneficios se distribuyeran socialmente, y si pudiesen cubrir los gastos sociales y ambientales que incurran, son temas que deberían ser discutidos públicamente en vez de ser el resultado de facto de la expansión industrial no regulada.

La reestructuración que está ocurriendo en la transición de agrocombustibles es de gran preocupación para los pueblos indígenas, los minifundistas y los movimientos amplios de soberanía alimentaria. Todavía no se han visto los efectos a largo plazo de la transición agrocombustible en el sistema alimentario mundial. La reestructuración física sobre la propiedad de las tierras (en efecto, una reforma agraria regresiva) será muy difícil de deshacer. Una vez liberados los transgenes patentados no se pueden retornar. La pérdida del territorio político y económico frente a los monopolios mundiales será difícil de recobrar también.

### Otra transición es posible

Los movimientos agrarios, ambientales y de justicia alimentaria deben identificarse y unirse territorial e internacionalmente para defender los lugares y espacios sufriendo el ataque de los agrocombustibles. Parafraseando el Foro Social Mundial, “otra transición agraria es posible.” Esta transición responde no a la lógica del capital, sino a la lógica redistributiva de la *soberanía alimentaria*, el derecho de los pueblos a la comida sana y culturalmente apropiada, producida a través de métodos sanos y ecológicamente sostenibles, y su derecho de definir sus propios sistemas alimentarios y agrícolas (Vía Campesina 2007). “Otra transición agraria” privilegia a la agricultura minifundista para reconstruir sistemas alimentarios nacionales y locales. Esto requiere de una moratoria inmediata y una reducción eventual de los agrocombustibles para explorar las posibilidades de los *biocombustibles* que se poseen, consumen y controlan localmente; confiar en los métodos de producción agroecológicos y proteger los derechos del agricultor

a la semilla, la tierra, el agua y los mercados justos. La soberanía alimentaria requiere la democratización de nuestros sistemas alimentarios, sus espacios y sus lugares, a favor de los pobres.

## Referencias

- African Centre for Biosafety. 2008. Rural communities express dismay: "Land grabs" fuelled by biofuel strategy. Retrieved April 10, 2009 from <http://www.biosafetyafrica.net/index.html/index.php/20070727116/Rural-Communities-Express-Dismay-land-grabs-fuelled-by-Biofuels-Strategy/menu-id-100027.html>
- Altieri M, Bravo E. 2007. The ecological and social tragedy of crop-based biofuel production in the Americas. Retrieved March 27, 2009, from <http://www.foodfirst.org/en/node/1662>
- Altieri M, Holt-Giménez E. 2007. UC's Biotech Benefactors. Berkeley Daily Planet. February 6, 2007.
- Andrews E. 2008. Greenspan concedes error on regulation. New York Times.
- Archer Daniels Midland Company. 2007. Press release: ADM statement regarding expanded renewable fuel standard. Retrieved March 27, 2009, from <http://www.ethanolmarket.com/PressRelease-ADM122007>.
- Berndes G, Hoogwijk M, van den Broek R. 2003. The contribution of biomass in the future mundial energy supply: A review of 17 studies. *Biomass and Bioenergy* 25: 1-28.
- Biomass Research and Development Board. 2008. National biofuels action plan [U.S. Departments of Agriculture and Energy]. Washington, DC: Author.
- Birger J. 2008. The ethanol bust: The ethanol boom is running out of gas as corn prices spike. *Fortune*. Retrieved March 30, 2009, from <http://money.cnn.com/2008/02/27/magazines/fortune/ethanol.fortune/?postversi>
- Black S. 2008. Cargill Q1 earnings jump 62%. *Minneapolis/St. Paul Business Journal*. Retrieved March 30, 2009, from [http://www.bizjournals.com/twincities/stories/2008/10/13/daily3.html?ana=from\\_rss](http://www.bizjournals.com/twincities/stories/2008/10/13/daily3.html?ana=from_rss)
- Borras S. 2006. Redistributive land reform in "public" (forest) lands? Lessons from the Philippines and their implications for land reform theory and practice. *Progress in Development Studies* 6(2): 125.
- Brown LR. 2006. Supermarkets and service stations now competing for grain. Washington, DC: Earth Policy Institute. Retrieved March 30, 2009, from <http://www.earth-policy.org/Updates/2006/Update55.htm>
- Crutzen PJ, Mosier AR, Smith KA, Winiwarter W. 2007. Nitrous oxide release from agro-biofuel production negates mundial warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 7: 11191-11205.
- Doombosch R, Steeblik R. 2007. Biofuels: Is the cure worse than the disease? Rome: Organisation for Economic Co-operation and Development, Round Table on Sustainable Development.
- ETC Group. 2007. Peak oil + peak soil = Peak spoils. ETC Group Communique 96.
- Field CB, Campbell JE, Lobel DB. 2008. Biomass energy: The scale of the potential resource. *Trends in Ecology and Evolution* 23(2): 65-72.
- Friends of the Earth International. 2006. Challenging cellulose industry: The impacts of pulping in South America (Briefing Paper for the People's Tribunal on Human Rights Violations). Retrieved March 30, 2009, from [www.foei.org/en/publications/forests/Briefing\\_pulp\\_and\\_paper\\_projects.rtf](http://www.foei.org/en/publications/forests/Briefing_pulp_and_paper_projects.rtf)
- Gaia Foundation. 2008. Agrocombustibles and the myth of marginal lands (A Briefing by the Gaia Foundation, Biofuelwatch, the African Biodiversity Network, Salva La Selva, Watch Indonesia and EcoNexus). Retrieved from [www.gaiafoundation.org/documents/AgrocombustiblesyMarginalMyth.pdf](http://www.gaiafoundation.org/documents/AgrocombustiblesyMarginalMyth.pdf).
- Geertz C. 1963. *Agricultural involution*. Berkeley: University of Press.
- Goodman D, Sorj B, Wilkinson J. 1987. *From farming to biotechnology: A theory of agro-industrial development*, Oxford, UK: Blackwell.
- Gopalakrishnan G, Negri CM, Wang M, Wu M, Snyder S. 2008. Use of marginal land and water to maximize biofuel production. In *Biofuels, bioenergy, and bioproducts from sustainable agricultural and forest crops: Proceedings of the short rotation crops international conference* (Zalesny RS, Ronald Jr S, Mitchell R, Richardson J, eds.). Gen. Tech. Rep. NRS-P-31. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station..
- Gordon G. 2008. The global free market in biofuels. *Development* 51: 481-487.
- GRAIN. 2008. Seized: The 2008 land grab for food and financial security (GRAIN Briefing). Retrieved March 30, 2009, from <http://www.grain.org/go/landgrab>
- Harvey D. 2003. *The new imperialism*. New York: Oxford University Press.
- Hassan H. 2007. Overview of the US ethanol market. Oakland, CA: Food First. Retrieved March 30, 2009, from <http://www.foodfirst.org/en/node/1723>.
- Hill J, Nelson E, Tilman D, Polasky S, Tiffany D. 2006. Environmental, economic, and energetic costs of biodiesel and ethanol biofuels. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103: 11206-11210.
- Holt-Giménez E. 2006. *Campesino a campesino: Voices from Latin America's farmer to farmer movement for sustainable agriculture*. Oakland, CA: Food First Books.

- Holt-Giménez E. 2007a. LAND–GOLD–REFORM The territorial restructuring of Guatemala's highlands (Development Report No. 16). Oakland, CA: Institute for Food and Development Policy.
- Holt-Giménez E. 2007b. Biofuels: Myths of the agrocombustibles transition. Food First Backgrounder, 13. Retrieved March 30, 2009, from <http://www.food-first.org/node/1711>.
- Holt-Giménez E. 2008a. When renewable isn't sustainable: Agrofuels and the inconvenient truth behind the 2007 U.S. Energy Independence and Security Act (Food First Policy Brief 13). Oakland, CA: Institute for Food and Development Policy.
- Holt-Giménez E. 2008b. The world food crisis: What's behind it and what we can do about it (Food First Policy Brief 16). Oakland, CA: Institute for Food and Development Policy.
- Howarth RW, Bringezu S, Bekunda M, de Fraiture C, Maene L, Martinelli LA, Sala OE. 2009. Rapid assessment on biofuels and the environment: overview and key findings. Executive Summary. In Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use. Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment (Howarth RW, Bringezu S, eds.). International Biofuels Project Rapid Assessment, 22-25 September 2008, Gummersbach, Germany.
- Hurtado L. 2009. Agrofuel plantations and the loss of land for food production in Guatemala. In Jonasse, Rick and Annie Shattuck Eds. Agrofuels in the Americas. Food First Books. Oakland, California.
- International Finance Corporation. 2005. Cosan corrective action plan (CAP). Retrieved March 30, 2009, from [http://www.ifc.org/ifcext/spiwebsite1.nsf/2bc34f011b50ff6e85256a550073ff1c/99378c64cc153f0085256fb90076555d/\\$FILE/CAP%20Cosan%20260105%20FINAL.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/spiwebsite1.nsf/2bc34f011b50ff6e85256a550073ff1c/99378c64cc153f0085256fb90076555d/$FILE/CAP%20Cosan%20260105%20FINAL.pdf) 188.
- Jung-a S, Oliver C, Burgis T. 2008. Daewoo to cultivate Madagascar land for free. The Financial Times.
- Knaup H. 2008. Africa Becoming a Biofuel Battleground. Spiegel Online. September 5, 2008. <http://www.spiegel.de/international/world/0.1518.576548.00.html> (accessed April 10, 2009).
- Langelte O, Peterman A. 2006. Plantations, GM trees and indigenous rights. Seedling.
- Lilley S. 2004. Paving the Amazon with soy: World Bank bows to audit of Maggi loan. CorpWatch. Retrieved March 30, 2009, from <http://www.corp-watch.org/article.php?id=11756>.
- Magalhães M. 2006. Grupo Cosan divulga balanço da safra 2005/06; empresa aumenta moagem em 30%. JornalCana. Retrieved March 30, 2009, from [http://www.jornalcana.com.br/conteudo/noticia.asp?area=Producao+ysecao=Exclusivas+y ID\\_Materia=23008](http://www.jornalcana.com.br/conteudo/noticia.asp?area=Producao+ysecao=Exclusivas+y ID_Materia=23008).
- Mann SA, Dickenson JM. 1978. Obstacles to the development of capitalist agriculture. Journal of Peasant Studies 5(4): 466-481.
- Meirelles D. 2005. Papel para el Norte, hiper consumo de agua en el Sur. Una hidrogenealogía de las fábricas de celulosa de Aracruz. En Entre el Desierto Verde y el País Productivo (Ortiz *et al.*, eds.). Montevideo, Uruguay: REDES-AT—Casa Bertolt Brecht.
- Moore J. 2008. Ecological crises and the agrarian question in the world—Historical perspective. Monthly Review 60. Retrieved March 30, 2009, from <http://monthlyreview.org/081117moore.php>.
- Morton DC, DeFries R, Shimabukuro YE, Anderson LO, Arai E, del Bon Espirito-Santo F, Freitas R, Morissette J. 2006. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. Proceedings of the National Academy of Sciences 3: 14637-14641.
- Pengue W. 2005. Transgenic crops in Argentina: The ecological and social debt. Bulletin of Science, Technology y Society 25: 314-322.
- Philpott T. 2007. Corn ethanol to the max. The Gristmill. Retrieved March 30, 2009, from <http://gristmill.grist.org/story/2007/12/11/85259/793>.
- Pimentel D, Patzek T. 2005. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood: Biodiesel production using soybean and sunflower. Natural Resources Research 14(1): 65-76.
- Reeves S. 2007. Green technology revs up venture capitalists. CNBC Stock Market News. Retrieved October 20, 2008, from <http://www.cnbc.com/id/17130665>.
- Renewable Fuels Association. 2008. Industry statistics. Retrieved March 30, 2009, from <http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/>.
- Roberts M, Hale T, Toombs T. 2007. Potential impacts of biofuels expansion on natural resources: A case study of the Ogallala aquifer region. Environmental Defense. Retrieved March 30, 2009, from <http://www.edf.org>.
- Runge FC, Senauer B. 2007. How biofuels could starve the poor. Foreign Affairs. Retrieved March 30, 2009, from <http://www.foreignaffairs.com/articles/62609/c-ford-runge-and-benjamin-senauer/how-biofuels-could-starve-the-poor>.
- Scully V. 2007. Effects of the Biofuel Auge: Market Views. Business Week. August 27.
- Searchinger T, Heimlich R, Houghton RA, Dong F, Elobeid A, Fabiosa J, Tokgoz S, Hayes D, Yu TH. 2008. Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. Science 319 (5867): 1238-40.
- Shattuck A. 2008. The agrocombustibles Trojan horse: Biotechnology and the corporate domination of agriculture (Food First Policy Brief 14). Oakland,

- CA: Institute for Food and Development Policy. Retrieved March 30, 2009, from <http://www.food-first.org/en/node/2111>.
- Silvius M, Kaat A. 2006. Peatland degradation fuels climate change (Prepared for the 12th UN-FCCC Summit, Nairobi 2006). Ebe, The Netherlands: Wetlands International. Retrieved March 30, 2009, from <http://www.wetlands.org/Watch-Read/Booksand reports/tabid/1261/mod/1570/articleType/ArticleView/articleId/1382/Peatland-degradation-fuels-climate-change.aspx>.
- Ugarte DGD, Murphy S. 2008. The world food crisis: Creating an opportunity for fairer and more sustainable food and agriculture systems worldwide (EcoFair Trade Dialogue Papers No. 11). Berlin, Germany: Heinrich Boll Foundation.
- Via Campesina. 2006. What was not made public in the Aracruz case. Retrieved March 30, 2009, from [viacampesina.org](http://viacampesina.org).
- Via Campesina. 2007. Nyéléni 2007. Forum for Food Sovereignty, Sélingué, Mali.
- Vorley B. 2003. Food, Inc. Corporate concentration from farmer to consumer. London: UK Food Group. Retrieved March 30, 2009, from [www.ukfg.org.uk/docs/UKFG-Foodinc-Nov03.pdf](http://www.ukfg.org.uk/docs/UKFG-Foodinc-Nov03.pdf).
- Walker R. 2004. The conquest of bread: 150 years of agribusiness in California. London: New Press.
- Zimbalist Z. 2007. Columbia palm oil biodiesel plantations: A "lose-lose" development strategy (Food First Backgrounder) Oakland, CA: Institute for Food and Development Policy.

## AGROCOMBUSTIBLES Y AGROALIMENTOS. CONSIDERANDO LAS EXTERNALIDADES DE LA MAYOR ENCRUCIJADA DEL SIGLO XXI

**Walter A Pengue**

*Universidad Nacional de General Sarmiento, 1613, J.M.Gutierrez y  
J.L.Súarez, Buenos Aires, Argentina; e-mail: wapengue@ungs.edu.ar*

### Resumen

El modelo económicamente exitoso de la agricultura industrial que actualmente está en expansión en la Argentina, lleva por otro lado, a cambios sociales, económicos, ambientales y logísticos profundos que restringen seriamente la sostenibilidad de los sistemas rurales, urbanos y ambientales. La transformación de actividades, la llegada de nuevas tecnologías y organizaciones con grandes capacidades financieras y tecnológicas, el desplazamiento de cientos de miles de agricultores de pequeña y mediana escala y su reasignación a nuevas funciones productivas no sólo están afectando la sostenibilidad social del sector rural, sino también las periferias urbanas y periurbanas de pueblos y ciudades localizadas en la Llanura Chaco-pampeana. Ahora, la producción de agrocombustibles como respuesta a la demanda global internacional promoverá aún más la degradación ecológica y social, la cual Argentina ha estado enfrentando desde el inicio de la década de 1990. En términos de la economía ecológica, las externalidades se deberían incluir en los costos de las compañías, y no sólo los costos económicos fijos y variables vinculados a la producción.

**Palabras clave:** Agrocombustibles, soja, cultivos transgénicos, externalidades, economía ecológica

### Summary

#### **Agrofuels and agrifoods: counting the externalities facing the first crossroads at the beginning of XXI Century**

The economically successful model of industrial agriculture that is currently expanding throughout Argentina is leading by other hand, to deep social, economic, environmental and logistical changes that are seriously restricting the sustainability of the rural, urban and environmental systems. The transformation of activities, the arrival of new technologies, the arrival of organizations with large financial and technological capabilities, the displacement of hundreds of thousands of small and medium farmers and their reallocation to new productive functions are not only impacting the social sustainability of the rural sector, but are affecting the urban communal plots of villages and towns located on the Chacopampeana Plain. Agrofuels in terms of a response of the country to the international global demand, are a new issue that only will promote the ecological and social depletion that Argentina is facing from the beginning of the nineties. Agrofuels production has been rising in the last ten years at a high rate. Argentina, as part of the big crop producers is being seen with a great potential to contribute with high volumes of biofuels. In terms of ecological economics point of view, those costs called "externalities", must to be included in the accounts of the companies.

**Key words:** Agrofuels, soybean, transgenic crops, externalities, ecological economics.

#### **Una intensificación del modelo agrícola y la demanda de agrocombustibles**

Argentina casi ha triplicado su producción agrícola, pero también ha perdido, en igual proporción, agricultores y lo mejor de su medio ambiente natural. Hay dos factores principales que promueven la expansión de la

producción de maíz y soja: cereales y alimentos en el mercado global para alimentar animales (cerdos y peces) y la nueva demanda de exportación de biocombustible.

La producción de soja se incrementó en proporciones sin precedentes, con cultivos que aumentaron de un área de 38.000 hectáreas en 1970 a más de 16 mi-

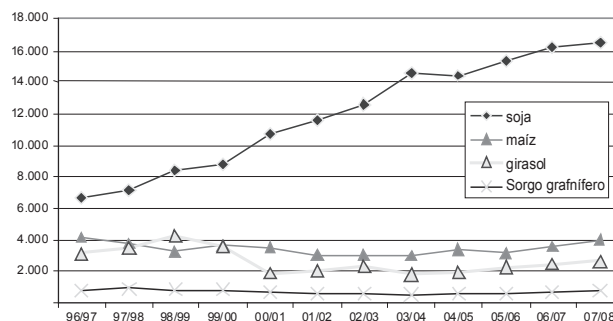


llones de hectáreas hoy en día (Fig. 1). Aproximadamente el 70 % de la soja cosechada se convierte en plantas procesadoras de aceite, la mayoría de la cual se exporta, representando el 81% del aceite de soja exportado en el mundo y el 36 % de alimento de soja.

El área total cultivada en Argentina es cuatro veces el área cultivada con maíz, y las tendencias muestran que los cultivos de soja y maíz aumentarán, desplazando a otras cosechas, como el girasol y el sorgo, en la principal área rural de producción en la Pampa, Argentina.

El grado del desplazamiento de cosechas es alarmante. Si comparamos los 10 años pasados de la producción de las principales cosechas de verano (sorgo, maíz, girasol, algodón, arroz y soja) entre 1995/1996 y 2007/2008, el área de cultivos de sorgo aumentó en 159.320 hectáreas y de maíz en 597.450 hectáreas, mientras que la producción de girasol, algodón, y arroz disminuyó en 750.600, 679.800, y 27.400 hectáreas, respectivamente. La producción de soja se aumentó a 10'597.845 hectáreas de 1996/1997 a 2007/2008. En 1996, se dio la primera cosecha transgénica, soja RR. Para el 2008, toda la soja que se producía en Argentina era transgénica.

El aumento de la producción de agrocombustibles<sup>1</sup> ha estado incrementándose durante los últimos 10 años en un porcentaje alto, asociado a la creciente producción de soja. Argentina tiene un esquema que regula y promueve la producción y uso de agrocombustibles desde 2007 (Carballo *et al.* 2008). La ley decreta el uso de agrocombustibles en el 2010, con una mezcla obligatoria del 5 % de etanol en la gasolina y el 5 % de biodiesel en el gasoil. Se estima que para cumplir con la ley de biocombustibles (N° 26093), que entrará en vigencia en Febrero de 2010, se necesitará un volumen de aproximadamente 700 millones de litros de biodiesel y 250 millones de litros de etanol (Carballo *et al.* 2008). Esto lleva a una demanda de 717.000 m<sup>2</sup> para el consumo interno, que exige un aumento del área de producción de soja en 1.400.000 has. Esto es aproximadamente el 9 % del área sembrada de soja en el país para el año 2007/2008. Sólo para el primer año de implementación de la ley, Argentina necesitará 100.000 toneladas de biodiesel, que representan 3'500.000 toneladas métricas de soja (el 9 %). Para obtener 152.000 toneladas de bioetanol, se necesitarán 106.000 hectáreas



**Figura 1:** Evolución del área cultivada (hectáreas x 1000) en Argentina

de maíz (el 3.2 % del área actual) y 550.000 toneladas métricas de soja (el 2.8 %).

Los agrocombustibles son un nuevo componente importante de la intensificación agroindustrial. Argentina está enfrentando una revolución en términos de adopción tecnológica. La llegada del sistema de siembra directa, vinculado a la soja transgénica y su herbicida asociado (el glifosato) significa que más soja podrá sembrarse (Dalgaard *et al.* 2007), y el mercado internacional promueve esto en un grado inimaginable.

La combinación de estas dos técnicas incrementó el nivel de la agricultura intensiva para de exportación. El objetivo principal es competir en el mercado mundial agrícola. Esto no es una tarea fácil ya que la subvención a la agricultura recibida en muchos países, particularmente europeos, Japón y otros, a menudo, distorsiona el mercado.

Sin embargo ahora, mientras todavía nos esforzamos por manejar este crecimiento desigual, el país enfrenta un nuevo dilema más potente: el abastecimiento de materias primas tiene que aumentarse adicionalmente, ampliando las fronteras rurales mucho más allá de cualquier límite racional. La demanda de bioenergía ha afectado el escenario de los alimentos y la energía a nivel regional y global, y tiene un fuerte impacto económico. Esto probablemente llevará a una situación donde millones de toneladas de alimentos serán usados para suplir la voracidad de energía no sostenible de economías sobre-desarrolladas, empeorando así la desigualdad global que ya existe entre la mayoría de los miembros de la especie humana.

En el 2007, Argentina exportó 300.000 toneladas métricas de biodiesel, de las cuales el 75 % fue a los Estados Unidos y el 25 % directamente a la Unión Europea. A principios del 2008, había ocho compañías que exportaban biodiesel, con una capacidad de producción de aproximadamente 600.000 toneladas al año. En 2008, siete plantas más empezaron operaciones. Para principios de 2009, se calculaba una producción de biodiesel de aproximadamente 1.1 millones de toneladas.

No es un asunto sin importancia decidir si hay que inyectar nuestros alimentos en los tanques de combustible de 800 millones de vehículos o si hay que hacerlos más accesibles a los estómagos hambrientos de 2 mil

<sup>1</sup> Llamamos agrocombustibles a toda la biomasa que sale directamente de la cosecha primaria que podría utilizarse tanto para la producción de alimentos (soja, maíz) como de energía. Pero puede haber mucha competencia para esta fuente, lo cual sería una amenaza para la seguridad alimentaria. Los biocombustibles se ven aquí como biomasa de segunda generación, que podría usarse para producir energía sin la competencia entre las dos industrias. El biocombustible se define como el combustible sólido, líquido, o gaseoso extraído del material biológico reciente y se distingue de los combustibles fósiles, que se sacan del material biológico muerto hace mucho tiempo. Teóricamente, los biocombustibles se pueden producir de cualquier fuente de carbono (biológico).

millones de seres humanos. No es un asunto económico, ni tampoco tecnológico, es simplemente una cuestión ética, que ni la sociedad global ni los gobiernos examinan en la manera relevante y justa que ella merece.

La biomasa es una alternativa muy interesante para la producción de combustible, si no proviene de las cosechas. La biomasa puede venir de los residuos del sector urbano y rural, la industria maderera, la industria alimentaria, y otras fuentes. Hasta ahora, el mundo no está realmente preparado para producir la energía de cosechas, a no ser que se ignoren las consideraciones ambientales y sociales de esta decisión. La caña de azúcar es actualmente la principal materia prima para la producción de etanol en Argentina. Además de esto, también hay un interés en el uso de sorgo para la producción de etanol. Allí existen aproximadamente de 15 a 16 productores de pequeña escala de bioetanol que sirven a las industrias de bebidas, alimentos y farmacéuticas. El proyecto BIOFAA<sup>2</sup> ha sido diseñado para asistir a agricultores de pequeña y mediana escala que desean producir su propio combustible de aceite de semilla de canola o de soja.

### Externalidades de la demanda de agrocombustibles

Hay muchas externalidades negativas (también llamadas costos externos o deseconomías externas) relacionadas con las consecuencias ambientales de producción y uso de los recursos naturales, tales como la sobreexplotación, la destrucción de hábitats, o la acumulación de contaminantes que afectan el ambiente y la sociedad.

Éstos son costos directos que el sector privado no reconoce pero que afectan la sociedad entera. Las externalidades tienen que incorporarse al costo privado de las compañías (Tabla 1), pero si se incorporan, el costo de producción estaría por encima de los ingresos de estas compañías. Por consiguiente, las externalidades no se están poniendo en práctica en el modelo de agricultura actual y los resultados de este fracaso son bien conocidos: la sobreexplotación de la naturaleza prístina, y la contaminación y degradación de los agroecosistemas del mundo.

**Tabla 1:** Externalidades.

|                                                          |
|----------------------------------------------------------|
| <p><b>Costo social= Costo privado + Externalidad</b></p> |
|----------------------------------------------------------|

La Economía Ambiental (Pearce 1976, Turner *et al.* 1993) es el estudio de vías de incorporar externalidades a los gastos de las compañías; David Pearce y otros economistas han estado promoviendo esto durante décadas. Pero todo esto se ha hecho bajo la utilización de un método de análisis monocriterial, llamado análisis cre-

matístico (donde prima solo el valor monetario). La economía ecológica (Costanza *et al.* 1997) tiene esta condición en cuenta, pero amplía el enfoque de los diferentes modos de valoración, de manera que incluyan no sólo consideraciones económicas sino también que tengan en cuenta otras cuestiones como el metabolismo social y los indicadores biofísicos (nutrientes, suelo virtual, agua virtual<sup>3</sup>, HANPP<sup>4</sup>), las tendencias de consumo de energía, la degradación natural, y la contaminación.

Por lo general, el productor que crea la externalidad no incorpora los efectos de las externalidades en sus propios cálculos. Los productores están interesados en la maximización de sus propios beneficios. Ellos sólo tendrán en cuenta su propio costo privado y sus propios beneficios privados, haciendo caso omiso a los costos sociales.

Pero, desde el punto de vista de la economía ecológica, las externalidades no se consideran en términos del dinero o costos solamente. Para entender el agotamiento ambiental, es más útil estudiar la situación de los indicadores biofísicos, el metabolismo natural y rural y sus tendencias.

No es posible encontrar una solución para la degradación ecológica global si no hay ninguna restricción en las demandas de energía y la expansión económica. Una parte del mundo trata de producir agrocombustibles, en especial los países en vía de desarrollo, y las tierras para producir estas nuevas cosechas de energía (soja, palma, maíz) se obtienen a través del desplazamiento de otros cultivos. La producción de Agrocombustibles en países como Argentina, Brasil, Bolivia, Paraguay, Colombia, y varios países de Centroamérica tiene un impacto enorme, no sólo en términos de transformaciones agronómicas sino también en términos de los siguientes problemas ecológicos:

- Aumento de deforestación
- Reducción de nutrientes
- Pérdida de biodiversidad
- Pérdida del paisaje
- Aumento de riesgos de contaminación ambiental
- Pérdida de agua virtual

### Aumento de la deforestación

Uno de los argumentos a favor de la agricultura industrial es el siguiente: Desde mediados de los noventa, se afirmaba que la implementación de nuevas tecnologías, como los cultivos transgénicos, aumentarían la productividad y detendrían la expansión agrícola en

2 BIOFAA Es un proyecto manejado por la Federación Agraria Argentina, una organización que defiende los intereses de los agricultores de pequeña y mediana escala ([www.iade.org.ar/modules/noticias/article.php?storyid=2235](http://www.iade.org.ar/modules/noticias/article.php?storyid=2235)).

3 El agua virtual es la cantidad total de agua necesaria para la producción de un alimento o producto que luego se exporta.

4 Apropiación Primaria Neta de los productos de la fotosíntesis por parte de la Humanidad (HANPP, sigla en inglés de Human Appropriation of Net Primary Productivity).

áreas prístinas. Esto no ha pasado en ninguno de los países que comenzaron a producir cultivos transgénicos.

En los últimos 5 años, en países como Argentina o Brasil, los nuevos eventos transgénicos (soja y maíz) son la punta de lanza tecnológica que facilita la expansión del modelo agroenergético.

Tampoco se ha considerado cómo esta continua demanda de nueva tierra en Argentina, Brasil, y Paraguay ha hecho que masas forestales enteras pasen a agricultura, posibilitando con esto, debido a la deforestación intensa, la extracción y quema de materia orgánica del suelo y una enorme cantidad de gases de invernadero. Sólo en la región Chaqueña, la adición de 3.000.000 de nuevas hectáreas de cosechas (maíz, soja, girasol, colza, poroto y jatropa) se está considerando.

Los índices de deforestación en algunas regiones de Argentina son similares o más altos que los de África (Fig. 2). Los estados como Santiago del Estero, Santa Fe o Misiones tienen índices muy altos de deforestación. Una nueva ley que entró en rigor en el 2008 para tratar de detener la deforestación no está sirviendo, por la falta de un control adecuado a nivel del territorio. Mientras tanto, se ha adoptado otra ley para promover la producción de biocombustibles en el país.

| PAIS/REGIÓN/PROVINCIA   | TASA ANUAL DE DEFORESTACIÓN |
|-------------------------|-----------------------------|
| Mundo                   | - 0,23 %                    |
| África                  | - 0,78 %                    |
| Sud América (1999/2000) | - 0,44 %                    |
| Sud América (2000/2005) | - 0,50 %                    |
| Argentina               | - 0,85 %                    |
| Santiago del Estero     | - 1,18 %                    |
| Santa Fe                | - 0,95 %                    |
| Chaco                   | - 0,57 %                    |
| Misiones                | - 1,33 %                    |
| Yungas                  | - 0,32 %                    |

**Figura 2.** Porcentajes de deforestación en Argentina. Fuente: Menéndez (2007), Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Argentina.

La tierra cultivable se hace más escasa año tras año (FAO 1995). La tierra disponible es sobreexplotada con modelos de producción que son insostenibles. La calidad de la nueva tierra adicionada disminuye cada día, y rápidamente se agota por procesos cada vez más erosivos.

En Las Pampas, la principal área agrícola para la producción de alimentos en Argentina que cubre alrededor de 55.000.000 de hectáreas, ya no hay más terreno rural para producir cosechas, incluyendo la tierra que ha sido históricamente usada en un sistema de rotación agrícola-ganadera. Durante los últimos 10 años esta tierra ha sido desplazada por tierra agrícola permanente (agriculturización). Éste es un proceso muy importante que



**Figura 3.** Deforestación y siembra de soja transgénica en el norte de Argentina (Las Lajitas, Salta).

no sólo cambia el paisaje de la Pampa sino que también pone en peligro el equilibrio de nutrientes.

Otro proceso muy importante que Argentina está enfrentando ahora es la *pampeanización* (Pengue 2005b). La pampeanización se refiere a la aplicación del modelo rural, económico, financiero y agronómico específico de la Pampa a aquellas regiones ecológicas del norte de Argentina y el centro de Sudamérica, que no son similares a la Pampa. El proceso lo está promoviendo la actual disposición de tecnología (cultivos transgénicos adaptados a las condiciones ambientales y sin labranza) y las nuevas demandas de agrocombustibles. La transformación del paisaje del medioambiente del norte del país es muy significativa (Pengue 2008). La deforestación en el norte de Argentina (Pengue 2005a) implica la pérdida de la biodiversidad, la liberación de gases de invernadero, y la pérdida de nutrientes (Fig. 3). La tierra que ha sido recién transformada al norte del país durante los últimos años suma 2.200.000 hectáreas

### Incremento de los riesgos ambientales y sociales

La agricultura industrial (Pengue 2005b) que está en expansión en toda América Latina corroe otros procesos de producción y desplaza cientos de alternativas que son eficaces para el consumo local y regional, las cuales también están prácticamente amenazadas hoy.

Actualmente, la discusión sobre la pérdida de la soberanía alimentaria y en el acceso a una dieta suficiente y equilibrada pone en peligro las economías agrarias de países como Argentina, que podría duplicar fácilmente su producción diversificada en vez de concentrarse en el monocultivo de soja, que actualmente da cuenta del 50 % de la producción de cereales, y ha desplazado otros productos como la leche, ganado, frutas, verduras y cereales; y prácticamente los ponen en riesgos de desaparecer.

Otro problema relacionado con el precio de los alimentos es que si los precios del producto siguen elevándose (maíz, soja, y muchos otros), las industrias

competirán para obtenerlos (como es ya el caso de las agroindustrias de alimentos y energía) dejando finalmente a gran parte de la población sin acceso a los alimentos.

Además, los modelos intensivos de producción agrícola han aplastado los modelos de la agricultura familiar (Pengue 2008), que eran los que producían una variedad más grande de productos dirigidos al rápido consumo de la población local. Debemos recordar que éste último, es el modo como se producen más del 50 % de los alimentos en América Latina.

En América Latina, dos tercios de la población, es decir aproximadamente 400 millones de seres humanos, no tienen acceso regular a los alimentos. Un presidente de la región recientemente prometió tres comidas calientes al día para toda la población. Aquel presidente no sabía que en ese preciso momento literalmente no había suficiente comida en el territorio del país, porque él o ella habían orientado el país exclusivamente hacia las exportaciones de productos. La tierra es escasa e independientemente del destino que le demos estará estrechamente ligado al destino de nuestras propias naciones. En Brasil, este modelo todavía puede ampliarse, aunque obviamente a un costo ambiental, pero en otros países de la región, éste ya no es el caso (p.ej, Argentina).

El dilema de elección entre biocombustibles o comida es una realidad en Argentina. Hay un límite de tierra disponible (Pengue 2008), y ningún aumento de la productividad de las cosechas puede cambiar este hecho. Hay una seria desigualdad entre un destino y otro, y esto debe revisarse de una manera integral más que parcialmente.

H. T. Odum y E. Odum lo declararon claramente, diciendo que el mundo no puede seguir cultivando, consumiendo energía, y dependiendo de este modelo (Odum y Odum 2001). Nicholas Georgescu Roegen<sup>5</sup>, el padre de los economistas ecológicos, declaró (de una forma que nos hizo entender la importancia de la energía en el sistema alimentario) que *no existe nada como eso de una comida gratis*.

### Pérdida de biodiversidad y pérdida cultural

Los recursos naturales y humanos de América Latina podrían sostener su propio desarrollo a largo plazo. Un 23% de su tierra es apta para la agricultura, y otro 23% es selva tropical (casi la mitad de las selvas tropicales del mundo están en América Latina). Un 13% del área son pastizales, y la región tiene el 31% del agua dulce disponible del planeta (Morello 1983). Además, éste es el hogar de ricas reservas de energía renovable y no renovable, y es la región más rica del planeta en términos de biodiversidad.

De los 12 llamados países de megadiversidad, 5 están en América Central y América del Sur: México, Colombia, Ecuador, Perú, y Brasil. Sin embargo, esa riqueza no ha creado la calidad de vida o ambiental que los pueblos de América Latina deberían tener. Esto se debe a que los gobiernos se han concentrado en un modelo de desarrollo defectuoso que ha excluido a la mayoría de la gente, sobre todo durante los últimos 30 años.

Argentina es un país de diversidad media con importantes especies endémicas (*Astronium balansae*, *Schinopsis balansae*, *Prosopis kuntzei*, *Tabebuia avellanedae*, *Caesalpinia paraguariensis*, *Patagonula americana*), que están en el peligro en el noreste y el occidente del país.

Con más de 1 millón de kilómetros cuadrados de tamaño, el Gran Parque Chaqueño es el segundo ecosistema más grande en el continente americano, después del Amazonas. Atraviesa cuatro países: Argentina, Paraguay, Bolivia, y Brasil; es una de las áreas con la biodiversidad más rica de la Tierra.

El Chaco (Morello 1983) es una enorme llanura de bosque seco, sabana, y formado de sedimentos de las cuevas orientales de los Andes. Aproximadamente 630.000 km<sup>2</sup> (Naumann y Madariaga 2003) o cerca del 60% de la región está en Argentina.

La parte occidental del Chaco es la más seca y cae dentro de las zonas áridas y semiáridas. La vegetación del Chaco occidental consiste montes bajos con un denso nivel de plantas bajas y gramíneas. La parte del Este del Chaco se considera seca, sub-húmeda y se caracteriza por bosques que se mezclan con la sabana (Morello y Hott 1987).

Los bosques se conocen comúnmente por los productos que proporcionan: madera, leña, forraje, y otros no madereros. Menos comúnmente conocido es el hecho que los bosques también proporcionan una cantidad crucial de servicios ambientales muy útiles para la sociedad, pero cuyo valor en términos económicos (monetarios) es muy bajo.

El papel del bosque en absorber el carbono de la atmósfera, proteger las cabeceras de las vertientes de agua, conservar la biodiversidad y los bancos de genes para futuras generaciones, proveer la belleza paisajística, la regulación del ciclo del agua y el clima, la formación de suelo, el reciclaje de nutrientes, y la polinización de plantas deben considerarse no sólo en términos económicos sino también en términos de los servicios brindados a los seres humanos.

En Argentina no hay más tierra agrícola apta para ser cultivada. Las nuevas tierras, como aquellas de las fronteras agrícolas de la región del Chaco, son áreas ricas. Estas áreas deberían ser valoradas por su riqueza total; su valor incluye el valor económico así como el valor ecológico y social relacionado con la biodiversidad y la conservación. Éstas son tierras agrícolas potenciales (con limitaciones), pero con más importancia para la biodiversidad y la conservación en términos de servicios ambientales.

5 *The Entropy Law and the Economic Process* (1971). Las afirmaciones de Georgescu-Roegen, entre otros, consistían en que una economía enfrenta un límite de crecimiento, para lo cual él invocó la Segunda Ley de la Termodinámica.



Aproximadamente 4 millones de personas viven en el bosque del Chaco, la mayoría son indígenas que depende de la comida y el agua del bosque. La pérdida de los recursos del bosque afecta no sólo la dieta de la población local, sino también su sustento.

Muchas variedades de preciosos árboles de quebracho (*Schinopsis balanaze*, *Aspidosperma quebracho blanco*) crecen en los bosques del Chaco, como el "quebracho", que se ha usado para hacer los durmientes de los ferrocarriles, alrededor del mundo durante los últimos 100 años. Cuando se limpian los bosques para hacer plantaciones de soja, estos árboles a menudo son quemados o ilegalmente vendidos. Esto lleva a pérdidas económicas enormes. El bosque del Chaco es el hogar del armadillo gigante, que está en peligro de extinción. Cuando estos bosques son destruidos, matan a cualquier animal que se atraviese al paso de la excavadora. Los armadillos y otros mamíferos más pequeños son con frecuencia quemados junto con los pilas de árboles derribados a lo largo de los espacios recién deforestados.

El quebracho es un árbol endémico originario del Chaco y cuando los cortadores destruyen este árbol, destruyen un ecosistema entero que proporcionó servicios ambientales durante centurias.

Los bosques secos del Chaco proporcionan una gran variedad de servicios ambientales. También la madera del quebracho rojo y blanco (*Schinopsis lorentzii* y *Aspidosperma quebracho blanco*) se mal utiliza en la producción de carbón y extracción de taninos. Varias especies de árboles leguminosos (*P. alba* y *P. nigra*) son importantes por sus vainas de semilla y madera, proporcionando comida para la gente y el ganado, como así también material para aserraderos y productos medicinales (Fernández y Busso 1997).

Varios animales del Chaco proporcionan la comida para la subsistencia de los cazadores, así como pieles para el uso comercial, incluyendo lagartos tegu (*Tupinambis rufescens* y *T. teguiztin*) y pecarís.

Los lagartos Tegú, que se encuentran al este de los Andes de Sudamérica, han sido tradicionalmente cazados como alimento, pero hoy en día también los están cazando por sus pieles. Con las pieles se fabrican diferentes artículos de cuero, sobre todo botas vaqueras, y se comercializan internacionalmente. En la década de 1980 un promedio de 1.9 millones de pieles de lagarto de Sudamérica, incluyendo Argentina, se exportaban al año de manera ilegal (principalmente a los Estados Unidos, Canadá, México, Hong Kong, Japón, y Corea (Fitzgerald 1994).

La gente caza tres especies de pecarís por su carne y su piel. Dos especies, el pecarí tajuca (*Tayassu tajacu*) y el pecarí de labios blancos (*T. pecari*), son más prolíferas que el pecarí del Chaco (*Catagonus wagneri*). La variedad geográfica y población mucho más pequeños del pecarí del Chaco, al igual que sus hábitos diurnos y estrategia de defensa limitada (defender su tierra en vez

de huir) lo han hecho mucho más susceptible a la caza que otros pecarís.

La "miel de monte" es una fuente muy importante para los nativos, quienes la han utilizado por siglos como alimento y medicina natural. Los pesticidas y las quemadas están afectando a las abejas nativas, al igual que otras especies.

Toda la región del Chaco (incluso partes de Bolivia y Paraguay así como de Argentina) alberga 2.000 especies de plantas aproximadamente, de las cuales al menos 90 son endémicas (Noss *et al.* 2003); y al menos 85 especies de pequeños mamíferos, en particular el chancho pecarí (*Catagonus wagneri*). El bosque de espinos semiárido y la estepa de la región se consideran un hábitat favorable para este animal, con semillas de legumbre, raíces, y cactus los cuales son componentes importantes de su dieta (Nowak 1995).

Los roedores tienen un alto grado de endemismo en el Chaco, incluyendo la vizcachita Chalkhalera (*Salinoctomys loschallchalersorum*) que se descubrió hace poco, descrito como uno de los mamíferos más raros en el mundo posiblemente, con sólo dos especímenes registrados en las Salinas Grandes, Argentina (Mares *et al.*, en Noss *et al.* 2003). Un número de especies de aves de casi 500, con varias endémicas. Las aves más representativas del Chaco y regiones vecinas incluyen el mayor ñandú (*Rhea americana*), el cuervo rey (*Sarcoramphus papa*), el buitre de pecho negro (*Geranoaetus melanoleucus*), y el águila coronada (*Harpyhaliaetus coronatus*). Muchos de estos individuos, como los distintos tipos de roedores, serpientes, y aves son las primeras víctimas de la deforestación.

Las personas no están en una mejor situación en lo que se refiere a diversidad. La población humana total para todo el Chaco se estima en 2.810.000 (Noss *et al.* 2003). Para Argentina solamente, la población es aproximadamente de 2.600.000, o casi el 93 % de la población de la región. Las ciudades más grandes en el Chaco argentino son Resistencia, Formosa, y Santiago del Estero. Con más del 75 % de la población del Chaco viviendo en áreas urbanas, la densidad de población humana para la región es muy baja en general; para el Chaco argentino, la densidad es aproximadamente 4 personas por kilómetro cuadrado (Noss *et al.* 2003). La gente que vive en áreas dispersas y pequeños pueblos son generalmente criollos<sup>6</sup> (campesinos) o indígenas.

A pesar de la riqueza del Chaco en diversidad cultural y densidades de población bajas, sus residentes no disfrutan de un nivel de vida alto. En general, los Indígenas del Chaco argentino se volvieron más sedentarios debido a la colonización y dependen del salario por el trabajo en los ingenios azucareros, en la industria maderera y en establecimientos agropecuarios contratados como peones. La cancelación de los servicios ecosistémicos, entre ellos los productos de la biodiversidad del Chaco ha restringido la posibilidad de mantener una existen-

6 En Argentina, se llaman criollos a los habitantes de las provincias interiores del norte y noroeste del país.



cia bajo la obtención del sustento tradicional a los pueblos indígenas (Miller 1999).

La actual demanda de la soja, sus precios en el mercado global, y la devaluación de estas tierras y tierras firmes en su producción produjeron una enorme presión a toda esta gente. Los grandes agricultores de otros estados (Córdoba, Buenos Aires, Santa Fe) están entrando al Chaco y comprando las tierras de los indígenas, amenazando sus casas, y poniendo sus vidas mismas en riesgo (Branford 2004).

El cambio en los servicios ecosistémicos causados por la intensa producción de pasturas (para el ganado) y cultivos de soja, incluyendo la modificación en la composición de la flora, la creciente erosión del suelo, las inundaciones en las ciudades de la cuenca (Tartagal, Santa Fe), incrementó la invasión de plantas exóticas y facilitó la transmisión de enfermedades infecciosas (Bertonatti y Corcuera 2000).

Las bioinvasiones son una nueva consecuencia que está relacionada directamente con el sistema de monocultivo de sembrar soja continuamente. La aparición del Sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*) resistentes al glifosato (SARG) en la soja RR es uno de estos resultados (Vila-Aiub *et al.* 2007, Olea 2008, Pengue *et al.* 2009).

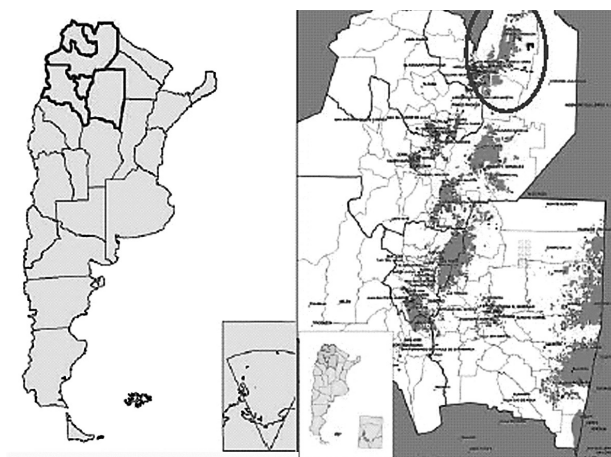
El aspecto de resistencia en varias malezas, que está relacionado con la agricultura industrial, es un caso de mucha importancia (Tuesca 2007), relevante en términos económicos y ecológicos. La resistencia al glifosato en Sorgo de Alepo o Johnsongrass<sup>7</sup> (Service 2007) es un resultado de la intensificación en la extensión de soja transgénica en el norte argentino. Hasta ahora, casi 200.000 hectáreas en varias partes del norte han sido invadidas por este nuevo biotipo de sorgo resistente (Fig. 4).

El carácter de resistencia al glifosato apareció después de años de fumigar con glifosato los campos de soja. En el nordeste y el noroeste del país, se recomendaba a los agricultores que aumentaran la aplicación de glifosato, incluso en combinación con otros herbicidas, como el 2,4 D. En esta área, el control de malezas siempre era más complicado.

Otra consecuencia de la expansión de la agricultura industrial es el aumento creciente de los herbicidas, lo que significa que los agricultores de pequeña y mediana escala no pueden usar herbicidas para controlar las malezas, sin endeudarse de forma peligrosa.

En algunos casos, la situación es tan apremiante para los campesinos que dejan sus tierras (ya que no tienen ni el dinero para aplicar herbicidas, ni la maquinaria para el control mecánico).

<sup>7</sup> El Sorgo de Alepo es una maleza nociva muy invasiva con una distribución mundial. La alta producción de semillas y un sistema rizomatoso extenso la hace difícil de erradicar. Esta especie tiene una cantidad de efectos perjudiciales, incluyendo toxicidad para las reservas de pasto, riesgo de incendio durante el verano y exclusión competitiva de otras plantas; reduce la fertilidad del suelo, actúa como anfitrión para patógenos de cosecha, y es un alérgico conocido.



**Figura 4.** Principales regiones de la Argentina donde se ha detectado la presencia de Sorgo de Alepo Resistente al Glifosato, SARG (Olea 2008).



**Figura 5.** Campos invadidos por *Sorghum halepense* (común) en los alrededores de Villa Angela (Provincia del Chaco, Argentina). Fuente: Pengue (2007).

El *Sorgo de Alepo* es una maleza muy prolífica que invade la tierra rápidamente, con graves consecuencias económicas y sociales para el agricultor de pequeña escala: migración o desplazamiento a otras tierras (Fig. 5).

Algunas estimaciones de científicos expertos en malezas de Argentina muestran que si el 25 % de la superficie rural fuera invadido por SARG (*Sorghum halepense* resistente al glifosato), el costo para controlar sólo esta "nueva maleza" aumentará a \$ 50,27 millones de dólares, y si la superficie completa se viera implicada, el costo se elevaría a \$ 201 millones de dólares (Tuesca *et al.* 2007). Para concluir, sólo una maleza es suficiente para duplicar el costo del herbicida relacionado con la soja.

### Exportación y pérdida de nutrientes

Uno de los efectos más importantes de la intensificación de la agricultura se relaciona con la reducción de nutrientes en el suelo. Se ha hablado a fondo de la situación en Pengue (2005b). La reducción de la fertilidad

**Tabla 2.** Los recursos de suelos globales y sus limitaciones para la agricultura (en porcentajes).

|                      | Sequia | Stress Mineral | Erosión | Inundacion | Congelamiento | Sin Limitaciones |
|----------------------|--------|----------------|---------|------------|---------------|------------------|
| América del Norte    | 20     | 22             | 10      | 10         | 16            | 22               |
| CentrAmérica Central | 32     | 16             | 17      | 10         | --            | 25               |
| Sud America          | 17     | 47             | 11      | 10         | --            | 15               |
| Europa               | 8      | 33             | 12      | 8          | 3             | 36               |
| Asia del Sur         | 43     | 5              | 23      | 11         | --            | 18               |
| Norte de Asia        | 17     | 9              | 38      | 13         | 13            | 10               |
| Sudeste Asiatico     | 2      | 59             | 6       | 19         | --            | 14               |
| Australia            | 55     | 6              | 8       | 16         | --            | 15               |
| Total de Suelos      | 28     | 23             | 22      | 10         | 6             | 11               |

Fuente: FAO, Dimensions of need, An Atlas of food and agriculture. <http://www.fao.org/docrep/U8480E/U8480E00.htm>, 1995.

del suelo en los establecimientos agrícolas es una de las causas biofísicas fundamentales de la reducción de la producción de alimentos per cápita, que podría afectar la estabilidad y seguridad alimentaria en varios países de Sudamérica.

La práctica de remover parte o todas las cosechas cultivadas en el suelo acelera la pérdida de nutrientes del mismo. La remoción de las cosechas interrumpe el proceso cíclico de las plantas de toma y liberación de los nutrientes. Lamentablemente, el riesgo del stress por pérdida de nutrientes en Sudamérica es muy importante y más importante aún que los problemas relevantes relacionados con el drenaje, la inundación, las heladas y otras limitaciones ambientales (tabla 2).

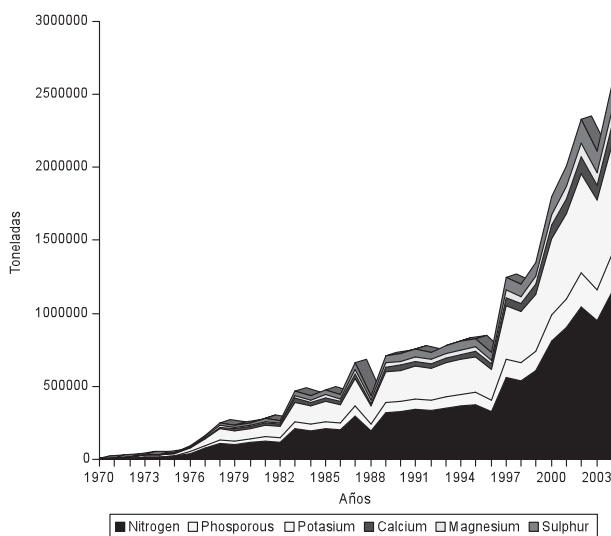
Ahora las cifras están aumentando con la creciente demanda de producción y exportación de soja en Brasil y Argentina. En el caso de Argentina, la extracción de nutrientes más importantes es relevante, sobre todo lo que ha estado sucediendo durante los últimos 10 años (Fig. 6, Pengue 2006).

El monocultivo de soja siempre ha llevado a la erosión, sobre todo en áreas donde no es parte de una larga rotación. La pérdida de suelo ha alcanzado un ritmo promedio de 16 toneladas por hectárea en el medio oeste los Estados Unidos por año, mucho mayor que su sostenibilidad, y los niveles de pérdida de suelo en Brasil y Argentina, por año, se estiman entre 19 y 30 toneladas por hectárea dependiendo del manejo, declive y clima. Los agricultores incorrectamente creen que los sistemas de siembra directa los alejarán de la erosión. Es correcto asumir que la siembra directa puede reducir la pérdida de suelo, pero con el advenimiento de la soja resistente al herbicida, muchos agricultores ahora cultivan en tierras que se erosionan muy fácilmente, en particular en las áreas marginales. La investigación muestra que a pesar de superficie mejorada del suelo, la erosión y los cambios negativos de la estructura del suelo todavía pueden ser sustanciales en tierras de fácil erosión si la capa de maleza se reduce.

El monocultivo de soja a gran escala está dejando los suelos del Chaco inutilizables. En áreas de suelos pobres, los fertilizantes y la cal tendrán que aplicarse en grandes

cantidades dentro de 2 años. En Bolivia, la producción de soja se amplía hacia el este, y en muchas áreas, los suelos ya están compactados y sufriendo una degradación severa del suelo. Cien mil hectáreas de suelos agotados por la soja fueron dejadas para el pasto del ganado, que a su vez degrada la tierra posteriormente (Altieri y Pengue 2006). Cuando se abandona la tierra, los agricultores se trasladan a otras áreas donde otra vez siembran soja y repiten el círculo vicioso de la degradación de la tierra.

En Argentina, la monocultura intensiva de soja ha llevado a la masiva reducción de nutrientes del suelo (Fig. 6, Pengue 2006). La continua producción de soja ha extraído aproximadamente un millón de toneladas de nitrógeno y más de 300.000 toneladas de fósforo al año, que se exportan en los granos como "suelo virtual". El costo estimado para reponer esta pérdida de nutrientes con fertilizantes minerales es de \$2.000 millones de dólares. Argentina pierde al año, por externalidades no consideradas, aproximadamente el 20 % de sus ganancias de la exportación de soja. Los niveles aumentados

**Figura 6.** Extracción de los Nutrientes del suelo para las campañas agrícolas 1970/71 hasta el 2004/2005 para el caso del cultivo de soja en la Argentina.

Fuente: Pengue 2006

de nitrógeno y fósforo encontrados en varias cuencas de los ríos de América Latina están seguramente relacionados con el aumento de la producción de soja. Esta otra externalidad, es decir la contaminación de las cuencas de los ríos, aún no se ha considerado. La reducción de nutrientes y contaminación agroquímica está siendo confirmada en las cuencas principales de Argentina (cuenca del Río de la Plata, cuenca del Río Lujan y otras), y los contaminantes terminan directamente en la ciudad de Buenos Aires a través del río Paraná.

El “suelo virtual” (Pengue 2009) se puede entender como la cantidad de nutrientes extraídos por las cosechas y exportados en los granos, las carnes y las maderas que fluyen en los sistemas del comercio internacional pero sin reconocer esta importante caída en la calidad productiva, de los principales suelos del mundo, como los de Las Pampas.

### Agua virtual en la Exportación del Biodiesel

El agua virtual es la cantidad de agua necesaria total para la producción de un determinado bien. Con el comercio internacional de grano o cualquier producto (biodiesel, bioetanol), hay un flujo virtual del agua de países productores y exportadores a países importadores y consumidores de esos bienes. Un país con déficit hídrico puede importar productos que requieren mucha agua para su producción en vez de producirlos en el país. Hacerlo así, permite verdaderos ahorros de agua, aliviando la presión en las fuentes de agua propias o deja disponible el agua para otros objetivos. Los países “ricos” en estos recursos podrían verse afectados por la sobreexplotación por otro lado, de sus fuentes de agua.

La huella hídrica es un indicador del uso del agua que se enfoca tanto en el uso de agua directo como en el indirecto de un consumidor o productor. La huella hídrica de un individuo, comunidad, o negocio se define como el volumen total de agua dulce que se usa para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o la comunidad; o producido por el comercio.

Las huellas hídricas de los biocombustibles se basan en el contenido de agua virtual de las cosechas calculadas por Chapagain y Hoekstra (2004). En su estudio, estos autores han calculado sólo el contenido de agua virtual por cultivo y país. Si el país en cuestión es grande, como por ejemplo Argentina o Brasil, las condiciones crecientes pueden ser distintas en diferentes partes del mismo. Como sólo hay un contenido de agua virtual por cultivo en estos países grandes también, los contenidos de agua virtual de los cultivos no son tampoco valores exactos.

La producción de biomasa para los alimentos y la fibra en la agricultura requiere aproximadamente el 86% del uso del agua dulce mundial. En muchas partes del mundo, el uso del agua para la agricultura compite con otros usos tales como el abastecimiento urbano y el uso

para actividades industriales. En un escenario de degradación creciente y de disminución de fuentes de agua, un cambio de la energía fósil por la energía de biomasa ejerce una presión adicional a las fuentes de agua dulce del planeta.

Hay grandes diferencias en las huellas hídricas para tipos específicos de transportadores primarios de energía. En conjunto, la huella hídrica de la energía de la biomasa es de 70 a 400 veces más grande que la propia para otros transportadores primarios de energía (excluyendo la hidroelectricidad (Gerbens-Leenes *et al.* 2008). Sin embargo, esto depende del tipo de cultivo, sistema de producción agrícola y clima. La tendencia hacia una mayor demanda de energía en combinación con la creciente contribución de energía de la biomasa traerá consigo por supuesto, una necesidad de mayor consumo de agua. Esto causa la competencia con otras demandas, como por ejemplo, el agua para los cultivos alimenticios.

Cuando los cultivos se usan para la producción de bioenergía, es más eficiente usar toda la biomasa, incluyendo los tallos y hojas, para generar electricidad, que usar sólo un fracción del cultivo (su azúcar, almidón, o contenido de aceite) para producir el biocombustible. El promedio de la huella hídrica de la energía ( $\text{m}^3/\text{GJ}$ ) es un factor de dos a cuatro veces más pequeño para la bioelectricidad (de biomasa completa) que para el bioetanol o el biodiesel. Esto se debe a que para la electricidad, toda la biomasa se puede usar, mientras que para el etanol o biodiesel sólo el azúcar, el almidón o la fracción de aceite de la producción se pueden aprovechar. En general, cuando se considera los biocombustibles para el transporte, la huella hídrica del bioetanol es más pequeña que del biodiesel (Gerbens-Leenes *et al.* 2008).

Sin embargo, el tiempo de consumo también es relevante. Según de Fraiture *et al.* (2007), en promedio, 2.400 litros del agua se necesitan para producir la cantidad necesaria de maíz para un litro de etanol en China. En India, en promedio, 3.500 litros de agua de irrigación se reservan para cultivar la cantidad necesaria de caña de azúcar para la producción de un litro de bioetanol (Melkko 2008). Según Varghese (2007), la producción de 1 litro de etanol requiere en cualquier parte de 1.081 a 1.121 litros de agua cuando es producido del maíz cultivado en los Estados Unidos. Cuando el maíz es irrigado, la cantidad de agua consumida es mayor, aproximadamente 1.568 litros (Melkko 2008). Cuando el bioetanol se produce de la caña de azúcar cultivada en Brasil, entre 927 y 1.391 litros del agua son necesarios para producir 1 litro de etanol (Melkko 2008).

El agua virtual está relacionada con el agua necesaria para producir 1 tonelada de una cosecha específica. En el caso de Argentina, el balance de agua virtual para el caso de la soja, que se exporta en totalidad, es negativa, pero muestra la interacción en el intercambio de cereales entre los países de la región (Bolivia, Paraguay

**Tabla 3.** Balance Neto de Agua Virtual para el cultivo de soja en la Argentina (expresado en millones de metros cúbicos)

| Soja / Año                   | 2000           | 2001           | 2002           | 2003           | 2004           |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Agua Virtual Importada       | 0,0075         | 0,0080         | 0,0097         | 0,0095         | 0,0094         |
| Agua Virtual Exportada       | 29,86          | 33,33          | 38,68          | 35,08          | 42,55          |
| Balance Neto de Agua Virtual | <b>- 29,85</b> | <b>- 33,32</b> | <b>- 38,67</b> | <b>- 35,07</b> | <b>- 42,54</b> |

Fuente: Pengue 2006

y Brasil exportan una cantidad de cereales a través de la cuenca del Paraná en Paraguay; Tabla 3).

El agua virtual es un indicador físico que puede ayudar a calcular las externalidades de la implementación del modelo agroenergético, considerando la biomasa de los cultivos como su centro. La huella hídrica (Gerbens-Leenes *et al.* 2008) muestra que la demanda de agua dulce de la biomasa para producir la energía es más alta que la necesitada por otras fuentes de energía (eólica, gas natural, solar, petróleo). En conjunto, la huella hídrica de la energía de la biomasa es de 70 a 400 veces más grande que la huella hídrica de los otros transportadores primarios de energía (excluyendo la hidroenergía). El agua en países, como Argentina, Brasil, Paraguay, o Bolivia no se considera una limitación para la producción de los cultivos. Ahora las cifras demuestran la importancia de empezar a estimar este recurso como parte del correcto funcionamiento del metabolismo rural.

### Comentarios finales

La expansión de los cultivos de soja en América Latina representa una amenaza reciente y muy potente para la biodiversidad en Brasil, Argentina, Paraguay, y Bolivia. Los agrocombustibles son una parte importante de este modelo, que debe considerarse desde un punto de vista holístico. En primer lugar, la producción de biocombustibles hace elevar los precios de los alimentos debido a la competencia entre la industria energética y la industria alimentaria.

En términos ecológicos, las externalidades de la intensificación del modelo agroenergético no se están considerando. La pérdida de la biodiversidad en el norte de Argentina, la deforestación y la degradación de los servicios ambientales son los problemas principales. La economía ecológica se enfoca en los estudios sobre la transformación de los indicadores biofísicos. La reducción de nutrientes es un indicador muy conocido de la degradación del suelo y la degradación de la estabilidad medioambiental del sistema. Las huellas hídricas y el agua virtual, son indicadores que demuestran las tendencias de la creciente demanda de agua dulce. El agua dulce es uno de los recursos más valiosos en el norte del país debido a su escasez (Gran Chaco).

Los efectos en el calentamiento global por los agrocombustibles son claros, pero también tienen otras desventajas. Las sojas GM son más perjudiciales para el medioambiente que otros cultivos, en parte debido a sus exigencias de producción insostenibles y en parte

porque su enfoque de exportación requiere proyectos de infraestructura de transporte masivos, que abran terrenos inmensos a otras actividades económicas y de extracción poco sólidas ambientalmente. Éstos son problemas graves ya que la demanda de agrocombustibles está aumentando.

La producción de soja resistente al glifosato lleva a otros problemas ambientales y agronómicos, como la aparición de malezas tolerantes al herbicida y la resistencia en una de las malezas más conspicuas y exitosas en Sudamérica. La aparición de resistencia en el Sorgo de Alepo es un problema económico y ecológico que debería visualizarse como una bioinvasión por una especie nueva y peligrosa que no puede controlarse con el viejo paquete de soja RR + glifosato.

### Referencias

- Altieri M, Pengue WA. 2006. GM soybean: Latin America's new colonizer. *Grain*. Retrieved April 3, 2009, from <http://www.grain.org/seedling/?id=421>
- Bertonatti C, Corcuera J. 2000. Situación ambiental argentina. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- Branford S. 2004. Argentina's bitter harvest. *New Scientist* 182: 40.
- Carballo S, Marco N, Anschau A, Hilbert J. 2008. Spatial analysis of the potential crops for the production of biofuels in Argentina. Documento presentado a la CIGR—37th International Conference of Agricultural Engineering, Iguassu Falls City, Brazil.
- Chapagain AK, Hoekstra AY. 2004. 'Water footprints of nations, Volume 1: Main Report', Value of Water Research Series No. 16, UNESCO-IHE.
- Costanza R, Cumberland J, Daly H, Goodland R, Norgaard R. 1997. An introduction to ecological economics. Boca Raton, FL: St. Lucie Press.
- Dalgaard R, Schmidt J, Halberg N, Christensen P, Thrane M, Pengue WA. 2007. LCA of soybean meal. *International Journal of Life Cycle Assessment* 13: 240-254.
- FAO. 1995. Dimensions of need: An atlas of food and agriculture. Consulta del 3 de Abril, 2009, from <http://www.fao.org/docrep/U8480E/U8480E00.htm>
- Fernandez OA, Busso CA. 1997. Arid and semi-arid rangelands: Two thirds of Argentina (Rangeland Desertification Report 200: 41-60). [www.rala.js/radelralaveport/default.htm](http://www.rala.js/radelralaveport/default.htm)



- Fitzgerald LA. 1994. Tupinambis lizards and people: A sustainable use approach to conservation development. *Conservation Biology* 8: 12-16.
- Fraiture C de, Giordano M, Yongsong L. 2007. Biofuels and implications for agricultural water use: Blue impacts of green energy. Paper presented at the International Conference Linkages Between Energy and Water Management for Agriculture in Developing Countries, Hyderabad, India.
- Gerbens-Leenes PW, Hoekstra AY, Van der Meer Th. 2008. The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply. *Ecological Economics*. Abril 3, 2009, from [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6VDY-4T8CWKP-1&\\_user=518931&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&sort=d&view=c&\\_acct=C000025838&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=518931&md5=3a32cfc0f63e897f4ec87ba0b82d27ae](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VDY-4T8CWKP-1&_user=518931&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&sort=d&view=c&_acct=C000025838&_version=1&_urlVersion=0&_userid=518931&md5=3a32cfc0f63e897f4ec87ba0b82d27ae).
- Melkko A. 2008. Water footprint of biofuels for transport: Finland and the EU in the year 2010. Helsinki, Finland: Helsinki University of Technology.
- Menéndez J 2007. Informe sobre la deforestación en la Argentina (Report about deforestation in Argentina), Secretary of Environment and Sustainable Development, Buenos Aires.
- Miller ES (ed.). 1999. Peoples of the Gran Chaco. Westport, CT: Bergin & Garvey.
- Morello JH. 1983. El Gran Chaco: el proceso de expansión de la frontera agrícola desde el punto de vista ecológico-ambiental. En *Expansión de la frontera agropecuaria y medio ambiente en America Latina (CIFCA)*. Madrid, Spain: United Nations and CIFCA, pp. 341-396.
- Morello J, Hortt G. 1987. La naturaleza y la frontera agropecuaria en el Gran Chaco. *Pensamiento Iberoamericano. Revista de Economía Política. Medio Ambiente. Deterioro y Recuperación* 12: 109-137.
- Naumann M, Madariaga M. 2003. Atlas Argentino/Argentinienatlas. (Argentine Maps). Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación, Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit.
- Noss A, Mares MA, Diaz MM. 2003. The Chaco. In *Earth's last wild places* (Mittermeier RA, Mittermeier CG, Gil PR, Pilgrim J, Fonseca G, Brooks T, eds.). Chicago, IL: University of Chicago Press, pp. 165-172.
- Nowak RM. 1995. Walker's mammals of the world. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Odum HT, Odum E. 2001. A prosperous way down: Principles and Policies. Boulder, CO: University Press of Colorado.
- Olea I. 2008. La situación actual de la distribución del *S. halepense* resistente a glifosato en Argentina. Estación Experimental Obispo Colombres, [www.eeaoc.org.ar](http://www.eeaoc.org.ar), Tucumán, Argentina.
- Pearce DW. 1976. Environmental economics. Harlow, UK: Longman.
- Pengue WA. 2005a. Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina. La transgénesis de un continente. Mexico: UNEP PNUMA.
- Pengue WA. 2005b. Transgenic crops in Argentina: The ecological and social debt. *Bulletin of Science, Technology and Society* 25(4): 1-9.
- Pengue WA. 2006. Sobreexplotación de recursos y mercado agroexportador. Hacia la determinación de la deuda ecológica con la Pampa Argentina. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, Spain.
- Pengue WA. 2008. La apropiación y el saqueo de la naturaleza. Conflictos ecológicos distributivos en la Argentina del Bicentenario. Lugar editorial. Buenos Aires, Argentina.
- Pengue WA, Monterroso I, Binimelis R. 2009. Bioinvasiones y Bioeconomía. El caso del Sorgo de Alepo resistente al glifosato en la agricultura argentina. Guatemala: FLACSO Guatemala.
- Pengue WA. 2009. Fundamentos de Economía Ecológica. Buenos Aires: Kaicron.
- Service R. 2007. A growing threat down on the farm. *Science* 316: 1114-1117.
- Tuesca D. 2007. Cambios en las comunidades de malezas asociados con el sistema de labranza y el uso intensivo de glifosato. *Actas XV Congreso de AAPRESID*, Rosario, Argentina, pp. 323-329.
- Tuesca D, Nisensohn L, Papa JC. 2007. Para estar alerta: El sorgo de alepo (*Sorghum halepense*) resistente al glifosato. Consulta de Abril 3, 2009, [http://www.inta.gov.ar/region/sf/proteccion\\_vegetal/alertas/2007-11-sorgo-alepo-sorghum-halepense-resistente-a-glifosato.pdf](http://www.inta.gov.ar/region/sf/proteccion_vegetal/alertas/2007-11-sorgo-alepo-sorghum-halepense-resistente-a-glifosato.pdf).
- Turner R, Pearce DW, Bateman I. 1993. Environmental economics: An elementary introduction. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Varghese S. 2007. Biofuels and global water challenges. Retrieved April 3, 2009, from <http://www.trade-observatory.org/library.cfm?refID=100547>
- Vila-Aiub M, Balbi M, Gundel P, Ghersa P, Powles SB. 2007. Evolution of glyphosate-resistant Johnsongrass (*Sorghum halepense*) in glyphosate-resistant soybean. *Weed Science* 55: 566-571.





## AGROCOMBUSTIBLES, SOBERANÍA ALIMENTARIA, Y LA CRISIS ALIMENTARIA CONTEMPORÁNEA

**Peter Rosset**

*Apartado Postal 131, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, 29200 México; e-mail: rosset@mundialalternatives.org.*

### Resumen

En este artículo, se examinan los agrocombustibles bajo el contexto de la crisis mundial del precio de los alimentos, y la propuesta de "soberanía alimentaria" para enfrentar la crisis. Se examinan las causas de la crisis tanto a corto como a largo plazo, y aunque actualmente los agrocombustibles no son un factor causal principal, claramente no son convenientes en esta crisis. Se afirma que la soberanía alimentaria, incluyendo una moratoria en los agrocombustibles, ofrecen la mejor opción para manejar la crisis.

**Palabras clave:** Agrocombustibles, biocombustibles, crisis alimentaria, precio de alimentos, soberanía alimentaria, Vía Campesina.

### Summary

#### Agrofuels, Food Sovereignty, and the Contemporary Food Crisis

In this article, agrofuels are examined in the context of the world food price crisis and the "food sovereignty" proposal for addressing the crisis. Both short- and long-term causes of the crisis are examined, and while agrofuels are presently not a prime causal factor they are clearly contraindicated by the crisis. Food sovereignty, including a moratorium on agrofuels, is argued to offer the best option for managing the crisis.

**Keywords:** Agrofuels, biofuels, food crisis, food prices, food sovereignty, Via Campesina.

*Giman, naves de Tarsis, porque su puerto ha sido devastado!...  
¡Enmudezcan, habitantes de la costa, comerciantes de Sidón, cuyos emisarios atraviesan el mar, por las aguas profundas!  
El grano de Sijor, las cosechas del Nilo, le aportaban ganancias: ¡ella era el emporio de las naciones!...  
¿Quién ha concebido esto contra Tiro, la que repartía coronas, cuyos comerciantes eran príncipes y sus mercaderes, grandes de la tierra?  
Lo ha concebido el Señor, para envilecer la soberbia de todo esplendor, para humillar a los grandes de la tierra...  
Él ha extendido su mano sobre el mar, ha hecho temblar los reinos; el Señor ha ordenado a Canaán que destruya sus fortalezas...  
¡Giman, naves de Tarsis, porque su naturaleza ha sido devastada! Aquel día, Tiro era olvidada durante setenta años, que es la duración de la vida de un rey...  
Al cabo de setenta años, el Señor visitará a Tiro. Ella volverá a su antiguo comercio, y se prostituirá con todos los reinos de la tierra, sobre la superficie del suelo.  
Pero sus ganancias y sus salarios serán consagrados al Señor. No serán acumulados ni atesorados: serán para los que habitan delante del Señor, a fin de que coman hasta saciarse y se atavíen espléndidamente.*

Isaías 23

### Introducción

Los *agrocombustibles* tienen que considerarse en el contexto de la crisis del precio mundial de los alimentos si hemos de evaluar su posible impacto, y debemos considerar su compatibilidad con la soberanía alimentaria, propuesta por las organizaciones campesinas como solución a la crisis alimentaria. De hecho, en el mundo moderno, no solamente enfrentamos una crisis alimentaria sino más

bien un conjunto de crisis climáticas, energéticas, alimentarias y financieras. Todas estas crisis son productos del sistema capitalista mundial y de la desregulación neoliberal de los mercados. Los agrocombustibles se relacionan con todas las facetas de esta crisis multidimensional. Han sido promovidos como la solución a las crisis energética y climática, dudosas afirmaciones que son refutadas en otro artículo en este mismo número. "Después de la crisis hipotecaria, los inversionistas necesitaban un nuevo lugar para

colocar su dinero. Así que lo invirtieron en materias primas, agricultura y el nuevo *boom* de los biocombustibles," según el Instituto para Políticas Alimentarias y Desarrollo, y otros analistas (Gordon 2008, Shattuck 2008).

En el contexto global actual estamos enfrentando la convergencia entre una crisis alimentaria, una crisis climática, una crisis energética y una crisis financiera. Estas crisis tienen orígenes comunes en el sistema capitalista y mas recientemente en la desregulación desenfrenada de sus respectivas ámbitos de actividad económica, como parte de del modelo neoliberal, que da la prioridad al negocio y a la ganancia. En las zonas rurales del mundo, hemos visto una feroz ofensiva del capital y de las empresas transnacionales sobre la agricultura y los bienes naturales (agua, bosques, minería, biodiversidad, tierra, etc.), que se traduce en una guerra de despojo contra los pueblos campesinos e indígenas, utilizando pretextos falsos como los argumentos erróneos que plantean que los agrocombustibles son una solución a las crisis climáticas y energéticas, cuando la verdad es todo lo contrario. Cuando los pueblos ejercen sus derechos y resisten este despojo generalizado, o cuando son obligados a ingresar en los flujos migratorios, la respuesta ha sido más criminalización, más represión, más presos políticos, más asesinatos, más muros de la vergüenza y más bases militares. (Declaración de Maputo, Vía Campesina, 23 de octubre, 2008)<sup>1</sup>

### La crisis mundial del precio de los alimentos y la soberanía alimentaria

En este artículo se examina la relación de los agrocombustibles con la crisis del precio de los alimentos. En el mundo actual, nos encontramos atascados en una crisis mundial del precio de los alimentos que está llevando a una hambruna e incluso a motines en varios continentes. Parece raro que estemos en crisis de precios *altos* de los alimentos, cuando en los pasados 20 o 30 años se vio una crisis de precios *bajos*. Precios tan bajos que millones de campesinos y familias agricultoras en todo el mundo se vieron forzados a dejar sus tierras y unirse a las corrientes migratorias nacionales e internacionales. Para enfrentar la dura realidad, La Vía Campesina, la alianza internacional de las organizaciones campesinas y de agricultores familiares, trabajadores rurales, indígenas, campesinos sin tierras, y mujeres y jóvenes del campo<sup>2</sup>, desarrollaron una completa propuesta alternativa para reestructurar la producción y consumo de alimen-

tos a nivel local, nacional y mundial, llamada "soberanía alimentaria" (Rosset 2006).

Bajo la soberanía alimentaria, y en contraste con la propuesta "única para todos" de la Organización Mundial de Comercio (OMC), se considera que todo país y pueblo tiene el derecho de establecer sus propias políticas concernientes a sus alimentos y sistemas de agricultura, siempre y cuando esas políticas no afecten a otros países, como fue el caso cuando las grandes potencias agroexportadoras inundaron los mercados de otros países con productos a precios por debajo del costo de producción, llevando así a los productores locales a la quiebra (Rosset 2006). La soberanía alimentaria permitiría que los países protejan sus mercados domésticos contra tales prácticas. Pero ahora que hemos pasado de un periodo de precios bajos artificiales a un periodo de precios altos, o más exactamente, de precios más volátiles, ¿aún tiene sentido la soberanía alimentaria? Una evaluación de las causas de la actual crisis, la cual resulta no ser tan diferente a la crisis anterior, demuestra que en realidad lo tiene. De hecho, la soberanía alimentaria puede bien ofrecernos nuestra única salida del actual enigma (Rosset y Ávila 2008).

Pero, ¿cuáles son las causas de las exageradas alzas en el precio de los alimentos?<sup>3</sup> Hay causas tanto a largo como a corto plazo. Entre la anterior, el efecto acumulado de tres décadas de recorte presupuestal neoliberal, privatización y acuerdos de libre comercio se destacan. En la mayoría de países alrededor del mundo, la capacidad nacional de producción de alimentos se han desmantelado y reemplazado sistemáticamente por una creciente capacidad para producir agroexportaciones, estimulada con grandes subsidios gubernamentales para los agronegocios que utilizan el dinero de los contribuyentes (Rosset 2006).

Son los campesinos y los agricultores familiares quienes alimentan los pueblos del mundo, a la larga. Los grandes productores de agronegocios en casi cualquier país tienen una "vocación" exportadora. Pero las políticas impuestas han minado aquellas garantías de precio mínimo, juntas de comercialización paraestatal, crédito, asistencia técnica, y sobre todo, mercados para sus productos. Los mercados alimentarios locales y nacionales inicialmente fueron inundados con importaciones baratas, y ahora, cuando las corporaciones transnacionales (CTNs) capturan la mayoría de las acciones del mercado, los precios de las importaciones de alimentos de las que ahora dependen los países han incrementado drásticamente (Rosset 2006).

Mientras tanto, el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional obligaron a los gobiernos a liquidar las empresas paraestatales de acopio y comercialización del sector público y las empresas estatales que mantenían las reservas de granos (Rosset 2006). El resultado es que ahora enfrentamos una de las márgenes más estrechas de la historia actual entre las reservas públicas de alimentos y la demanda, lo

1 La Vía Campesina (2008). Declaración de Maputo: V Conferencia Internacional de La Vía Campesina. Restaurada el 12 de noviembre de 2008, de [http://www.viacampesina.org/main\\_en/index.php?option=com\\_content&task=view&id=623&Itemid=1](http://www.viacampesina.org/main_en/index.php?option=com_content&task=view&id=623&Itemid=1).

2 [www.viacampesina.org](http://www.viacampesina.org).

3 Aquellas afirmaciones que no incluyen cita bibliográfica en esta sección vienen de: Berthelot (2008), La Vía Campesina (2008);, GRAIN (2008).

cual genera tanto un aumento de precios como una volatilidad del mercado más grande. Las reservas de alimentos, en gran parte, están ahora en manos del sector privado, generalmente corporaciones extranjeras que se comportan de manera opuesta al sector público cuando emerge la crisis. A medida que los precios aumentan, los comerciantes del sector privado retienen las reservas de los mercados, con el fin de hacer que los precios se eleven artificialmente antes de vender. Esto es acaparamiento y especulación, y ha sido el *modus operandi* de los comerciantes de grano privados de tiempos bíblicos hasta las compañías de hoy en día, tales como: Cargill, Archers-Daniels-Midland y Bunge. Este fue el caso de la llamada “crisis de la tortilla” en México en 2007 (Hernández Navarro 2007). Por otra parte, el sector público hace lo contrario, libera las reservas cuando los precios aumentan para contrarrestar las alzas de los precios y permitir que los pobres sigan comiendo, y así evitar la escasez. Aunque las empresas paraestatales de comercialización de cereales eran corruptas e ineficaces en muchos casos, liquidarlas resultó ser una cura peor que la enfermedad; deberían haberse reformado en su lugar (Rosset 2006).

En otras palabras, muchos países ya no tienen ni suficiente reservas alimentarias ni suficiente capacidad productiva. Ahora dependen de las importaciones, cuyos precios suben como cohete primero, luego caen, después vuelven y se disparan. Otra causa a largo plazo de la crisis, aunque de mucho menos importancia, ha estado cambiando los patrones de consumo de alimentos en algunas partes del mundo, como el creciente gusto por los productos cárnicos y avícolas (Ray 2008).

Entre las causas a corto plazo de la crisis, la relativa entrada repentina del capital financiero especulativo en los mercados de alimentos (seguido por su salida, al menos parcial) por mucho fue la más importante. La cobertura, los indicadores y los fondos de riesgo han invertido bastante en mercados de futuros de artículos como los cereales y otros productos alimenticios. Con el colapso del mercado hipotecario de vivienda en los Estados Unidos, su ya desesperada búsqueda de nuevas vías de inversión los llevó a descubrir estos mercados de contratos de futuro. Atraídos por la volatilidad de los precios altos en cualquier mercado, puesto que obtienen sus ganancias tanto del incremento como de la caída de los precios, apuestan como tahúres en un casino; apostando, en este caso, la comida de gente común. Estos fondos inyectaron 70 mil millones de dólares adicionales a la inversión suplementaria en artículos, inflando una burbuja de precios que ha llevado el costo de productos alimenticios básicos más allá del alcance de los pobres de país en país. Recientemente, los precios en materias primas comenzaron a caer, cuando los fondos fueron duramente golpeados por la crisis financiera, aunque lo más probable ahora sea que los precios seguirán oscilando sin control mientras que los inversionistas derivados le apuesten a las fluctuaciones. Cuando los precios de las cosechas se elevan, los precios al consumidor suben también, pero cuando los

precios de los productos caen, los precios altos al consumidor se mantienen, perjudicando así a agricultores y consumidores. Además, los agricultores escasamente se beneficiaron cuando los precios se elevaron, ya que la mayor parte de sus cosechas se vendió a precios inferiores y así las corporaciones comercializadoras de cereales obtuvieron ganancias extraordinarias (ver el excelente análisis de estos fenómenos de Hernández Navarro 2008).

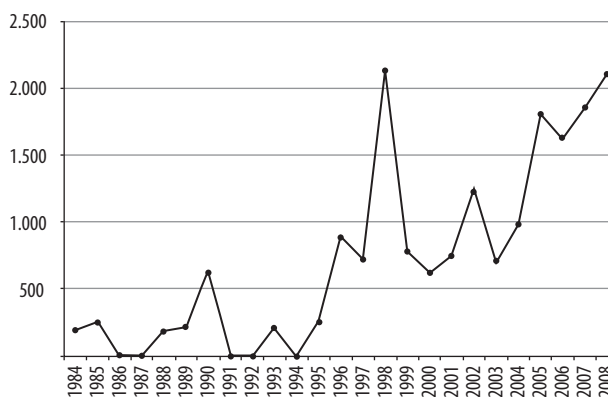
Los principales aumentos del precio mundial en los gastos de insumos químicos para la agricultura convencional, en especial los fertilizantes, como resultado directo del alto precio del petróleo, también fueron un factor causal principal a corto plazo (aunque el petróleo y los precios de fertilizante empezaron a caer hace poco). Otros factores del reciente impacto incluyen sequías y otros acontecimientos climáticos en varias regiones, y una tendencia de las CTNs a exportar productos alimenticios necesarios de ciertos países en busca de mejores precios, exacerbando las escaseces locales.

### Los agrocombustibles en el contexto de la crisis alimentaria

No hay duda de que el auge del agrocombustibles es un factor que contribuye a la crisis del precio de los alimentos. Aunque todavía no son un factor casual predominante (hasta ahora fueron el desmantelamiento de la capacidad productiva, privatización, acaparamiento y especulación de las reservas, liberalización comercial y el papel del capital financiero especulativo), la demanda de los agrocombustibles sólo pueden exacerbar la crisis.

Podemos usar a Filipinas como caso puntual. Filipinas tiene aproximadamente 4 millones de hectáreas sembradas de arroz, la base de la dieta nacional, con un rendimiento promedio de 3.68 de toneladas por hectárea. Sin embargo, Filipinas produce solamente el 85% del arroz necesitado, teniendo que importar el resto.

De hecho, Filipinas está enfrentando una crisis escalonada de dependencia exportadora, como lo muestra la figura 1, pero a finales del 2007, el gobierno había



**Figura 1.** Importación de arroz a Filipinas (1984-2008) en miles de toneladas métricas (Freedom from Debt Coalition 2008).

**Tabla 1.** Políticas de soberanía alimentaria para responder a la crisis alimentaria global.

|                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proteger los mercados locales de alimentos tanto contra el dumping (precios bajos artificialmente) como de los precios artificialmente altos dados por la especulación y volatilidad en los mercados mundiales.                                               |
| Regresar a versiones mejoradas de las políticas de gestión de la oferta a nivel nacional, y a versiones mejoradas de los acuerdos internacionales de "commodities" a nivel mundial.                                                                           |
| Recuperar la capacidad productiva del sector campesino y de agricultores familiares, por medio de precios de sustento, paraestatales de acopio de comercialización mejoradas, presupuestos públicos, y una verdadera reforma agraria.                         |
| Reconstruir versiones mejoradas de las reservas públicas de alimentos básicos, donde los campesinos y consumidores sean los dueños, eliminar al sector privado local y a las transnacionales como dueños principales de las reservas nacionales de alimentos. |
| Controlar los acaparamientos, especulaciones, y exportación forzada de productos alimenticios necesarios                                                                                                                                                      |
| Una moratoria inmediata de los agrocombustibles                                                                                                                                                                                                               |
| Transformar la tecnología de los sistemas agrícolas, basándose en la agroecología, para romper la relación entre los alimentos y los precios del petróleo, y conservar y restaurar la capacidad productiva de las tierras.                                    |

destinado 2.2 millones de hectáreas de cultivos a la producción de agrocombustibles, más de la mitad del área de arroz (SEARIE 2008). Mientras tanto, el precio del arroz estaba incrementando desde el 2001, con un alza del 12% en el 2007 y pasó al 60% entre enero y abril del 2008. Para abril del 2008, el precio del kilo de arroz era de casi 1 dólar, cuando millones de pobres del país ganaban menos de 2 dólares al día (SEARIE 2008). Es imposible analizar este caso y otros similares alrededor del mundo y no ver el inevitable impacto negativo de los agrocombustibles en la crisis alimentaria.

Por supuesto, gobiernos como el de Filipinas México y otros afirman que muchos agrocombustibles deben de producirse de cosechas similares a las de *Jatropha* que no es alimento para humanos y por lo tanto sostienen que en tal caso, el alimento para carros (agrocombustibles) realmente no compite con los alimentos para humanos. Claramente esto es falso, ya que el área donde se siembra estas cosechas de biomasa, con frecuencia, son áreas que de otro modo estarían dedicadas para cuando las cosechas de biomasa se siembran en suelos marginales, a menudo compiten inclusive más con la producción de alimentos, cuando la expansión de la agroindustria en la mayoría de tierras fértiles de la mayoría de países han desplazado a campesinos y familias agricultoras productores de alimentos precisamente hacia esas áreas marginales ahora dedicadas a la producción de agrocombustibles.

Finalmente, los agrocombustibles de segunda y tercera generación que usan tecnologías celulósicas para convertir normalmente los residuos de cultivos sin cosechar en agrocombustibles, también dañan la producción de alimentos. Esto se debe a que las partes no comestibles de los alimentos como el rastrojo del maíz, no deben incorporarse al suelo después de la cosecha con el fin de mantener la fertilidad de éste. Si por el contrario se cosechan y envían a las plantas de etanol, posiblemente presenciemos una excesiva disminución en la fertilidad del suelo y una caída resultante en la producción de cosechas de alimentos (Science Daiy, 2008).

Claramente, los agrocombustibles no son la dirección política correcta para un mundo que enfrenta una crisis alimentaria.

### Soberanía alimentaria: La única salida a la crisis

Enfrentados a este escenario mundial, y todas sus implicaciones, realmente existe una sola propuesta alternativa que se adecúa al reto. Bajo el paradigma de la soberanía alimentaria, los movimientos sociales y un creciente número de gobiernos progresivos y semi-progresivos proponen que volvamos a regular los mercados de productos alimenticios que fueron desregulados bajo el neoliberalismo, que los regulemos mejor de lo que estaban antes de ser desregulados, con una administración de abastecimiento real, haciendo posible establecer precios que sean justos para agricultores y consumidores por igual, como se describe en la tabla 1 (Rosset 2006).

Eso necesariamente significa un regreso a la protección nacional de la producción de alimentos de las naciones tanto contra el *dumping* de los alimentos abaratados artificialmente que debilita a los agricultores locales como contra las importaciones de alimentos artificialmente costosos que enfrentamos hoy en día. Significa reconstruir las reservas nacionales de cereales y las paraestatales, en versiones nuevas y mejoradas que incluyan activamente las organizaciones campesinas y de consumidores como dueños y administradores de las reservas públicas. Es un paso clave para retomar nuestro sistema de alimentos de las CTNs que acumulan existencias de alimentos para hacer aumentar los precios (Rosset 2006).

Los países tienen que estimular urgentemente la recuperación de su capacidad de producción nacional de alimentos, en especial aquella capacidad localizada en los sectores campesinos y de agricultores familiares, y esto significa presupuestos del sector público, precios mínimos de sustento, créditos y otras formas de apoyo y una reforma agraria verdadera. Muchos países nece-



sitan urgentemente una reforma agraria para reconstruir los sectores campesinos y de familias agricultoras, cuya vocación es cultivar los alimentos para el pueblo, porque parece que las granjas y los agronegocios más grandes producen sólo para los carros y la exportación (Rosset *et al*, 2006). Y muchos países tienen que implementar controles de exportación, como varios gobiernos lo han hecho en meses recientes, con el fin de parar la exportación forzada de alimentos necesitados desesperadamente por sus propias poblaciones.

Finalmente, debemos cambiar las prácticas tecnológicas dominantes en la agricultura por una agricultura basada en principios agroecológicos que sea sostenible, y se base en el respeto y el equilibrio con la naturaleza, las culturas locales y el conocimiento agrícola tradicional (Altieri 2008). Se ha demostrado científicamente que los sistemas ecológicos de agricultura pueden ser más productivos, pueden resistir mejor a la sequía y a otras manifestaciones del cambio climático, y son económicamente más sostenibles ya que utilizan menos combustible fósil. Ya no podemos permitirnos el lujo de alimentos cuyo precio esté ligado al precio de petróleo (ver Schil 2008), mucho menos modelos de producción industrial de monocultivos con pesticidas y OGMs (organismos genéticamente modificados) que perjudiquen la futura capacidad productiva de nuestros suelos. Claramente, necesitamos una moratoria inmediata en los agrocombustibles. Todas estas recomendaciones, que se dirigen a cada una de las causas principales de la crisis, son parte de la propuesta de soberanía alimentaria (La Vía Campesina 2008, Rosset 2006). Parece que realmente llegó la hora para La Vía Campesina y para la alimentaria. No existe otra solución real para alimentar al mundo, y depende de cada uno de nosotros ayudar a forzar los cambios en las políticas públicas nacionales e internacionales que se necesitan con tanta urgencia.

## Referencias

- Altieri MA. 2008. Small farms as a planetary ecological asset: Five key reasons why we should support the revitalization of small farms in the mundial South. Retrieved July 29, 2008, from <http://www.landaction.org/spip/spip.php?article315>
- Berthelt J. 2008. Summary of critical analysis of the causes of the explosion in world agricultural prices. Retrieved July 29, 2008, from <http://www.landaction.org/spip/spip.php?article316>
- Freedom from Debt Coalition 2008. Hungry and indebted: The Philippine crisis alimentaria and the debt-hungry agricultural food agencies Manila te Philippines. Retrieved April 2, 2009, from [http://www.fdc.ph/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=49&Itemid=89](http://www.fdc.ph/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=49&Itemid=89)
- GRAIN (Genetic Resources Action International) 2008. Getting out of the crisis alimentaria. Retrieved July 29, 2008, from <http://www.landaction.org/spip/spip.php?article321>
- Gordon G. 2008. Food crisis in the age of unregulated mundial markets Oaklan, C: Foo First/Institutue fr Foo and Developmen Polic. Retrieved November 12 2008 from <http://www.foodfirst.org/en/node/2099>
- Hernández Navarro L. 2007. Cargill: "el maíz de sus tortillas." La Jornada (Mexico). Retrieved July 29, 2008, fr <http://www.jornada.unam.mx/2007/01/30/index.php?section=opinion&article=021a1pol>
- Hernández Navarro L. 2008. Crisis financiera y agricultura. La Jornada (Mexico).
- La Vía Campesina. 2008. Una respuesta a la crisis mundial alimentaria: Campesinos y pequeños agricultores pueden alimentar el mundo. Recuperada el 29 de julio de 2008, from <http://www.landaction.org/spip/spip.php?article317>
- Ray DE. 2008. Data show that China's more meat-based diet is NOT the cause of ballooned international corn prices? Knoxville, TN: Agricultural Policy Analysis Center, University of Tennessee. Retrieved April 3, 2009, from <http://www.agpolicy.org/weekpdf/408.pdf>
- Rosset P. 2006. Food is Different: Why we must get the WTO out of agriculture. London: Zed Books.
- Rosset P, Rocío Ávila D. 2008. Causas de la crisis global de los precios de los alimentos, y la respuesta campesina. Ecología Política (España) 36:18-21.
- Rosset P, Patel R, Courville M (eds.). 2006. Promised land: Competing visions of agrarian reform. Oakland, CA: Food First Books.
- Schill SR. 2008. Perfet stor fr fertilizr prices. Ethanol Producer Magazine, Retrieved July 29, 2008, from [http://www.ethanolproducer.com/issue.jsp?issue\\_id=84](http://www.ethanolproducer.com/issue.jsp?issue_id=84)
- Science Daily. 2008. Crop residue may be too valuable to harvest for biocombustibles. Retrieved November 14, 2008, from <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/07/080715190110.htm>
- Shattuk A. 2008. The agrocombustibles Trojan horse: Biotechnology and the corporate domination of agriculture (Policy Brief No. 14). Oakland C: Institut fr Foo ad Developmen Policy. Retrieve Jul 2, 200, fro <http://www.foodfirst.org/en/node/2111>
- SEARICE (Southeast Asia Regional Initiatives for Community Empowerment). 2008. Agrocombustibles and the food emergency in the Philippine. SEARIC Notes September 1-. Retrieved November 14, 2008, from [http://www.searice.org.ph/images/stories/searice\\_notes\\_september\\_2008\\_issue.pdf](http://www.searice.org.ph/images/stories/searice_notes_september_2008_issue.pdf)



## AGROECOLOGÍA, FERTILIDAD Y MEDITERRANEIDAD

**Juana Labrador<sup>1</sup>, Alexis Sicilia<sup>2</sup>, Axel Torrejón<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura. Badajoz, <sup>2</sup>OrganiX Consultants. Tenerife, <sup>3</sup>Counsel and agroecological management expert. E-mail [labrador@unex.es](mailto:labrador@unex.es)*

### Resumen

La siguiente comunicación es una reflexión que pretendemos propicie un debate abierto sobre la importancia de la naturaleza y potencialidad del territorio para el manejo sostenible de la fertilidad del suelo con bases agroecológicas en ambiente mediterráneo Español.

La agroecología nos aproxima a las bases científicas de la agricultura del futuro basando parte del éxito de las mismas, en el conocimiento de los usos "pasados" de la tierra. En este contexto, resulta evidente, cómo en los sistemas agrarios tradicionales la reposición de la fertilidad venía de la mano de formas complejas de gestión del territorio y sus recursos.

El manejo del monte para aumentar la fertilidad de las parcelas de cultivo proporcionando biomasa, nutrientes o suelo; la diversidad de manejos y usos agrosilvo-pastorales; el mosaico de pastos, cultivos, y arbolado; el uso de las avenidas de agua como factor de fertilización; la importancia del ganado extensivo utilizado como vehículo para la transferencia de nutrientes...son ejemplos vivos de los usos que configuraban la agricultura tradicional.

Centrándonos en el contexto español, consideramos que la mediterraneidad nos conduce a retomar modelos territoriales de manejo y al mismo tiempo, exigir para este "diferencial", normativas concretas, especificidades técnicas y respaldo de las Políticas Agrarias Europeas.

Reconvertir los factores limitantes en señas de calidad diferenciada, identidad cultural y estabilidad agroecológica, debería constituir un eje estratégico, para el diseño de la futura agricultura mediterránea ecológica.

**Palabras clave:** Agroecología, mediterraneidad, modelos territoriales, fertilidad, agricultura tradicional, agricultura ecológica.

### Summary

#### Agroecology, fertility and mediterraneity

The following communication is a reflection that expects to encourage an open discussion about the importance of nature and the possibilities of the territory for the sustainable management of the soil fertility with agro-ecological bases at the Spanish Mediterranean environment.

The agroecology get us closer to the scientific basis of the agriculture of the future, basing part of their success in the knowledge of the "past" uses of the soil. In this context, it is evident how in the traditional agricultural systems the replacement of the fertility came from complexes ways of land and resources management.

The forest management focused on increasing the fertility of the cultivated areas provides biomass, nutrients to the soil, diversity of ways of management and uses of Agrosilvo-pastoral mosaic pastures, crops and trees, the use of flood water as a key of fertilization, the importance of the extensive livestock used as a vehicle for the nutrients transfer...are living examples of the uses that shaped the traditional agriculture.

Focusing on the Spanish context, we consider that the "Mediterraneity" makes us to return to the territorial land management models and at the same time, requires us to demand specific policies for this "differential" as well as technical specifications and support of the European Agricultural Policy.

Converting the limiting factors in differential quality signs, cultural identity and agro-ecological stability, should be a strategic axis for the future organic mediterranean agriculture design.

**Keywords:** Agroecology, mediterraneity, regional patterns, fertility, traditional agriculture, organic farming.

### El ámbito mediterráneo: un «diferencial» frente a la «norma» europea

La región mediterránea dentro de Europa, comprende los territorios de Bosnia, Yugoslavia, Croacia, Grecia, parte de Turquía, Italia, Francia, España, Portugal, Chipre y Malta. Los países de la cuenca mediterránea comparten unas condiciones climáticas y ecológicas similares, poseen unos fuertes vínculos ambientales y una historia milenaria forjada a base de conflictos políticos, relaciones económicas y culturales e inmigración. En el medio rural contrastan, sistemas que emplean técnicas agrícolas intensivas con alta tecnología, junto a otros tradicionales, cuyas técnicas han cambiado muy poco en el tiempo; dando lugar a un proceso económico dual, donde coexisten la economía de subsistencia y la economía de mercado.

La siguiente descripción de Fernando Parra (2001) nos permite «imaginar» el territorio al que nos estamos refiriendo *«El Mediterráneo es la Provenza y el Ampurdán, la Toscana, el Ática, Andalucía Baja, el Pó y Aragón, la Camargue y el Ebro.... Los latifundios ganaderos, injustos en lo social, pero justificables en lo ecológico, y los minifundios hortícolas oasis de biodiversidad, más justificados que los macro-regadíos actuales; el Mediterráneo son los mediterráneos de la montaña, la estepa, la marisma y la dehesa y no sólo el paradigmático "monte mediterráneo". Es la trashumancia y los espigaderos, las huertas en las terrazas bajas de los ríos y los bancales de las laderas de secano. Es el vino, el cereal de invierno y el olivo, la oveja y el cerdo. Son los ecosistemas forestales casi inexplotables madereramente que pueden justificar el axioma de que "para madera la del huerto, para frutos los del bosque"».....*

La complejidad del territorio ha sido un factor favorable para la supervivencia y viabilidad de las poblaciones humanas. El nexo de unión entre producción y conservación en ambiente mediterráneo es la biodiversidad<sup>1</sup> y éste patrimonio natural expresada en el paisaje mediterráneo, es la muestra más palpable de la interacción del ser humano con su medio.

La originalidad de la flora y la vegetación mediterráneas adaptándose a la singularidad climáticas, fun-

damentalmente a la falta de agua estacional, mediante estrategias como la esclerofilia –literalmente “hojas duras”–; la producción de secreciones olorosas –como el ládano del género *Cistus*, de las resinas, otras esencias repelentes aromáticos o venenos–; la proliferación de espinas –generalmente hojas transformadas a su mínima expresión– a veces para proteger componentes clave como yemas o semillas; la desproporción entre la biomasa aérea pequeña y un enorme desarrollo de la biomasa enraizada –que plantea la enorme eficacia de la fijación de carbono en ambiente semiárido–; el desarrollo de otros mecanismos no sólo para resistir la sequía, sino también para capturar y almacenar el agua aportada por los eventos torrenciales, a nivel individual –concentración de la escorrentía cortical, circulación preferencial de agua a lo largo de raíces pivotantes profunda– y a escala de paisaje. Todo ello supone una fuente de aprovechamientos.

Como componentes característicos de la unión entre paisaje-uso en los sistemas tradicionales de ámbito mediterráneo, podemos señalar la trilogía de paisajes con arbolado disperso, la huerta y los cultivos de secano, todo ello combinado con la importancia esencial de ganadería extensiva y su papel de regulación y enlace. A ello hay que añadir el manejo de una alta diversidad –especies, hábitats, paisajes– y la función de amortiguación y reserva que constituye el monte –caza, leña, pastizales, cultivos itinerantes y otros recursos que se movilizan en épocas críticas– con frecuencia de propiedad o gestión comunales. (Gómez Sal 2006).

La mayor parte del territorio español está inmerso en la Región Biogeográfica Mediterránea, un conjunto de áreas disjuntas unidas entre sí por un singular clima, el mediterráneo. Dentro del contexto «clima mediterráneo» encontramos un amplio muestrario de subtipos climáticos que van desde los meso y microclimas de montaña a los subdesérticos, pasando por numerosos intermedios. En este territorio, las mayores diferencias entre los subtipos de clima mediterráneo, provienen por una parte del valor medio de la precipitación anual y por otra de la duración del periodo con probabilidad de heladas. Pero lo verdaderamente singular de este tipo climático, es esa coincidencia de sequía y alta temperatura de uno de sus solsticios, lo que explica que en la antigüedad muchos autores hablaran de cinco y no cuatro estaciones –primavera, verano, *estío*, otoño e invierno (Parra 2001).

Sin entrar a analizar exhaustivamente el concepto de clima mediterráneo –pero teniendo en cuenta que uno de los objetivos de esta comunicación es resaltar hasta que punto la coherencia ecológica en el uso de los recursos adaptándose a las potencialidades de un territorio, puede paliar las limitaciones o excesos de éste–, nos ha resultado muy clarificador el concepto que Ibáñez, (2009) nos propone, basado más en criterios cualitativos que cuantitativos, según el autor *«el clima mediterráneo*

1 . En el entono bioclimático mediterráneo la pérdida de biodiversidad producida por la acción antrópica –especialmente por la gestión agropecuaria industrial–; por erróneas intervenciones conservacionistas que conllevan la supresión de actividades agrícolas y ganaderas tradicionales, por la gestión forestal con especies inadecuadas y por el abandono rural, entre otras es un tema político prioritario. Uno de los servicios de la biodiversidad es el control de plagas, de hecho para muchos agricultores y técnicos, puede resultar extraño, saber que la incidencia de mayores o menores niveles de plagas, o la gran capacidad de nuestros cultivos para hacer frente a las virosis en general, en comparación con otras zonas, es debido en gran parte a la estructura microparcelada heredada de sus antepasados, así como a la presencia de muchos cientos de kilómetros de setos y ribazos asociados a las parcelas (Porcuna 2001).

*es aquel caracterizado por la presencia de cuatro estaciones muy contrastadas de forma que: (i) el periodo más frío -finales de otoño-invierno-principios de primavera- recibe las máximas precipitaciones; (ii) el periodo más cálido -finales de primavera-verano-principios de otoño- sufre los mínimos de precipitación -salvo lluvias torrenciales ocasionales- y (iii) existe una "tendencia" al paro fenológico de la vegetación por las bajas temperaturas en (i) y/o por estrés hídrico en (ii)».*

La variabilidad climática afecta directamente a la sostenibilidad de los sistemas agrarios. Esto sucede cuando las variaciones -de todos o algún factor relevante como es la disponibilidad de agua- son de tal magnitud que no pueden ser absorbidas por el propio sistema y en tal sentido exceden su capacidad de respuesta adaptativa -resiliencia-.

En este contexto la agricultura tradicional sufrió un proceso de evolución adaptativa al medio. Ésta por el procedimiento de ensayo «acierto/error»; ha sido capaz de absorber buena parte de la variabilidad climática media (Puigdefábregas 1998). Sin embargo la mayor parte de los modelos agrarios actuales en el marco agronómico mediterráneo son de evolución reciente, se han establecido en un contexto socioeconómico inestable, siendo más vulnerables frente a las fluctuaciones climáticas, porque la experiencia sobre su manejo es todavía escasa y además son muy dependientes de energía, inputs y tecnología<sup>2</sup>. En este sentido, actualmente es más evidente como los efectos climáticos que facilitan la insostenibilidad de los sistemas productivos vienen de la mano de sinergias entre las variables climáticas y las condiciones políticas, socioeconómicas y agrotecnológicas.

El clima, no sólo condiciona la variabilidad de los ecosistemas -no olvidemos que en esta variabilidad influye también una notable complejidad geofísica y una prolongada historia de usos del suelo-, sino también los servicios presentes y futuros que estos ecosistemas, una vez transformados para su uso agropecuario, forestal o mixto, nos ofrecen.

De hecho, la propia naturaleza estacional del clima mediterráneo y la existencia de una gran cantidad de

gradientes ambientales -tanto latitudinales como altitudinales- dan lugar a gradientes de producción primaria que han sido sabiamente aprovechados por los agricultores y ganaderos tradicionales para la gestión sostenible de sus sistemas productivos.

En los secanos el cereal de invierno<sup>3</sup> -cebada, trigo, centeno- arraiga en los altiplanos fríos del país, permite aprovechar las lluvias equinocciales y aportar recursos energéticos básicos (Puigdefábregas 1998); el regadío tradicional estaba extendido tanto en zonas llanas -vegas y zonas próximas a los ríos- como en zonas de relieve más ondulado o en las montañas. Los cultivos leñosos constituidos por especies frutales como el olivo, el algarrobo, la higuera, el almendro, se presentan con distinto grado de intensificación, utilizan el agua recogida en épocas lluviosas almacenándola a mayor profundidad en el suelo, proporcionando alimentos básicos en la dieta; en el esquema se incorporan también especies freatófitas como la vid o las palmeras -que concentran su producción en los meses de verano-. La mayoría de las dehesas han sido sistemas de uso múltiple, adaptando las limitaciones climáticas y edáficas para la producción diversificada de cultivos agrícolas de ciclo largo con productos ganaderos y forestales. La ganadería extensiva -con la trashumancia como ejemplo más evidente- permitió el aprovechamiento coordinado de zonas con máximos de producción vegetal complementarios en el tiempo a nivel local y a grandes distancias y la selección de razas de ganado de gran rusticidad (Gómez Sal 2007).

En el ámbito mediterráneo, podemos afirmar que el suelo constituye un recurso prácticamente no renovable a escala de tiempo humana en función de una tasa de renovación muy lenta.

Los factores diferenciadores de mayor importancia en la formación de suelos mediterráneos son el clima<sup>4</sup> y la vegetación natural -considerada como agente de alteración del suelo y como origen de aportes de materia orgánica-.

En el contexto litológico de la España mediterránea encontramos un predominio de materiales sedimenta-

2 Las principales tendencias que observamos en la «moderna» agricultura mediterránea son: la expansión de sistemas hortofrutícolas altamente tecnificados, muy intensivos e inmersos en sistemas de comercialización a gran escala; una evolución hacia cultivos industriales y bioenergéticos con el aumento de agroquímicos y el despilfarro de los recursos hídricos; una agricultura productora de materias primas para la ganadería intensiva que incluye la utilización de los OGMs; la intensificación de cultivos tradicionales como la vid y el olivo lo que supone una mayor incidencia de plagas y enfermedades; la sustitución de las razas autóctonas por razas productivas que permiten su manejo industrial. Como contrapunto también aumenta progresivamente la agricultura y ganadería ecológica -más de un millón de hectáreas en el 2008- y figuras de protección ambiental -como la Red Natura 2000- que de forma integrada también preservan los manejos y actividades agropecuarias y silvícolas más tradicionales.

3 En la actualidad estos paisajes gozan de notable interés de conservación por su fauna y flora esteparia, si bien la eliminación de muchos elementos naturales -pastizales majadeados en zona de vega, franjas y ribazos entre cultivos, matorral de laderas, líneas de árboles, majanos y bosquetes-, como consecuencia de la acción antrópica -concentración agraria, agricultura industrial, urbanizaciones-, los sitúa en una situación de amenaza y de difícil viabilidad por simplificación excesiva.

4 El factor clima incluye la radiación solar, la precipitación, la humedad, la temperatura y la velocidad del viento. Su acción se manifiesta fundamentalmente en tres procesos: alteración del sustrato mineral, evolución de la materia orgánica y migraciones en el perfil. A escala mundial, el clima es el factor más importante en la diferenciación de los suelos.



rios, de carácter calizo –calizas, margas, areniscas de cemento calizo y silíceo- caracterizados por la presencia de arcilla heredada y de carbonato cálcico. También existen elementos eruptivos y metamórficos –como las cuarcitas-. El contenido de feldespatos de las rocas eruptivas y metamórficas permite –en las condiciones de meteorización del clima mediterráneo- que se originen arcillas de enorme importancia agronómica. La presencia de Ca y Mg –el K en menor proporción- suele estar asegurada en la mayor parte de los materiales. En cuanto al Na, en forma de cloruros y sulfatos, puede estar presente en cantidades relativamente altas en muchas formaciones sedimentarias, produciendo salinización potencial, ante balances de humedad desfavorables para el lavado (Gómez-Miguel *et al.* 1998).

La FAO, considera 30 grupos de suelos de referencia, de los que 4 son dominantes en ambiente mediterráneo: Luvisols, Cambisols, Leptosols y Calcisols-; 6 frecuentes, 11 están presentes, y solamente 9 se pueden considerar ausentes, lo que supone el 70% de toda la diversidad de suelos del planeta<sup>5</sup>. Concretamente, España es el país de la Unión Europea (UE) con mayor edafodiversidad. Contiene el 86% del total de tipos de suelos inventariados en la UE (Gascó 1998).

Los cuatro grupos dominantes tienen en común la moderación de los procesos formadores –meteorización y lixiviación-, lo que ha favorecido el mantenimiento durante milenios de la fertilidad natural de la mayor parte de los suelos en ámbito mediterráneo. La coexistencia de los grupos dominantes con otros grupos, cuya frecuencia o escasez depende de las condiciones de clima,

relieve y roca de cada lugar, originan a un ambiente extremadamente diverso<sup>6</sup>.

En relación a la gestión del balance de nutrientes se requiere, en una primera fase, que se adicione al suelo lo extraído por las cosechas y se repongan las pérdidas por percolación, erosión o escorrentía. Este se realizaba desde arriba –aporte de biomasa, abonos, cultivos y laboreo- y desde abajo –favoreciendo la dinámica del medio vivo y mineral en el perfil-.

Pero el balance no es sólo lo que entra y sale, sino también lo que ocurre dentro y el intercambio con el medio «*el enigma del suelo como fábrica de nutrientes ya que ni la planta es un convertidor inerte, ni el suelo un simple reservorio, sino que ambos interactúan y son capaces de reaccionar en y con el medio, modificando su comportamiento*» (Naredo 2001).

En la agricultura tradicional la reposición de nutrientes dependía en buena medida de un eficiente aprovechamiento de la potencialidad de un determinado territorio para producir materia vegetal que podía ser reciclada directamente o utilizando como convertidor al ganado.

El ciclo biogeoquímico<sup>7</sup> de nutrientes presenta diferencias dependiendo de las características zonales, intrazonales y azonales de los suelos. Recordemos que el concepto azonal, está relacionado con suelos recientes con poco tiempo de desarrollo; el suelo zonal o climático es un concepto más bien teórico y el concepto de suelo intrazonal está relacionado con factores como relieve, litología, vegetación, etc. Lo anterior unido al régimen de humedad del suelo que diferencia a España en tres zonas –údic, situada en España al norte y noroeste, xérica, situada en el este, centro y sur y arídica en el su-

5 El Grupo climogénico dominante es el Luvisols, cuyo proceso genésico principal es la acumulación en el endoedafón Bt de la arcilla iluviada. La presencia de este horizonte de acumulación de arcilla indica un considerable grado de desarrollo, que normalmente requiere un período de tiempo de varios miles de años. Los Luvisols crómicos son los típicos Terra rossa de las zonas mediterráneas. Cuando la edad del suelo no es suficiente, el Grupo dominante es el cronogénico con edad intermedia Cambisols, cuyo proceso genésico principal es la agregación estructural del endoedafón Bw. Los Cambisols son uno de los tipos de suelos más abundantes en Europa. Su utilización es tanto agrícola como forestal. El Grupo Cambisols coexiste con el topogénico de erosión sobre roca dura Leptosols. Los Leptosols son los suelos situados en las zonas de afloramientos rocosos generalizados. Su espesor es, como máximo, de treinta centímetros sobre roca dura o material muy calcáreo, por ello su potencial de soporte de la vegetación es escaso. Son muy frágiles y abundan en las zonas forestales dominadas por calizas consolidadas. En lugares semiáridos coexiste con el climogénico Calcisols. Los Calcisols son suelos con una marcada acumulación de carbonato cálcico. Se desarrollan, principalmente, en áreas de clima árido y semiárido, donde el lavado de carbonatos es muy reducido y las fluctuaciones de evapotranspiración dan lugar a una fuerte acumulación de carbonatos a lo largo de todo el perfil. Se encuentran en zonas agrícolas, y menos frecuentemente en las áreas forestales

6 En zonas templadas, con tiempo suficiente y sobre superficies llanas es frecuente que el límite del endoedafón iluvial sea abrupto y dé lugar al Grupo Planosols. En zonas más frías de montaña es frecuente encontrar el Grupo Umbrisols, caracterizado por su epiedafón úmbrico. También es frecuente el Grupo Vertisols sobre arcillas expansibles, el Grupo Regosols en superficies de erosión sobre material no consolidado, el Grupo Fluvisols sobre sedimentos aluviales, y el Gypsisols sobre margas yesíferas; siendo escasa la presencia de suelos salinos Solonchacks, salvo en depresiones evaporíticas (Gascó 2001)

7 El suelo que observamos en un lugar se encuentra en una serie de etapas de desarrollo temporal que se inician en el material originario –roca madre o material parental-. En ecosistemas no intervenidos, con tiempo suficiente y en condiciones de estabilidad geomorfológica, el suelo zonal y la vegetación clímax, pueden alcanzar teóricamente el grado de desarrollo que corresponde al balance bioquímico de los nutrientes, que son restituidos al suelo en la hojarasca y durante la humificación van siendo liberados en la medida que son absorbidos por las raíces. Las pérdidas que pudieran producirse son compensadas con la meteorización de los minerales alterables, lo que permite hacer un balance geoquímico de nutrientes. La superposición de ambos, constituye el impropriadamente denominado ciclo biogeoquímico de nutrientes. (Gascó 1996).

reste peninsular-, nos permitirá comprender mejor los usos en relación a la fertilidad.

Siguiendo con Gascó (1998) en la región mediterránea peninsular, donde el suelo tiene un régimen de humedad xérico<sup>8</sup>, caracterizada por su estacionalidad, con agua disponible para la vegetación durante la estación fría y lluviosa, y sin agua disponible en parte en la estación seca y cálida –lo que implica necesidad de riego-, se requiere más tiempo para que el suelo alcance su clímax. El perfil mantiene su fertilidad natural durante milenios, salvo en el caso de suelos situados en superficies llanas muy antiguas. En este sentido, los suelos de la zona mediterránea xérica mantienen su fertilidad química porque la intensidad climática es intermedia, de manera que los nutrientes apenas son lixiviados y los liberados desde los minerales meteorizables cubren las pérdidas por percolación y las extracciones por los vegetales.

Los suelos de la zona xérica, tienen algunas propiedades características derivadas del material originario, por lo que no es de extrañar que la península ibérica presente una zona ácida y otra caliza, la ácida se sitúa principalmente en la mitad oeste y la caliza en el este y en el sur, ambas con suelos más o menos profundos a causa de la erosión, favorecido por el factor relieve, la irregularidad de las lluvias y la intervención antrópica.

Para los suelos ácidos se usan con mayor éxito las prácticas del encalado –con caliza o dolomita- que aumenta la productividad, disminuye la acidez, lo enriquece en calcio y magnesio y mejora su estructura. A medio plazo los suelos enmendados pueden presentar escasez de nutrientes y oligoelementos –a no ser que haya aportes frecuentes de materia orgánica como decía el refrán “*quién encala sin estercolar labra su ruina*”-. La mayor fertilidad de los suelos de la España caliza repercute en un sistema agrario más agrícola, que el de la España ácida, que es más pecuario. En muchos lugares de la zona xérica, el sistema Dehesa, presenta la integración territorial más exitosa de las funciones y usos agrosilvo-pastorales.

Otro elemento en la gestión agropecuaria de la zona xérica es el fuego –y las rozas- que se utiliza, no sólo para ahuecar el bosque y aumentar la superficie agrícola, sino también como fertilizante y controlador de plagas<sup>9</sup>-. Sin embargo es una práctica poco eficiente, porque degrada el suelo y origina la destrucción de la cubierta vegetal y la desprotección del suelo frente a la erosión. Como contrapartida, la actividad pastoral, que reduce la cantidad de biomasa combustible, crea paisa-

jes en mosaico y confiere valor al monte, contribuye a reducir el riesgo de grandes incendios.

La zona más seca de la península ibérica se sitúa en el sureste, donde los suelos tienen un régimen de humedad arídico<sup>10</sup>, ya que casi todo el año carecen de humedad para las plantas. El balance geoquímico es «tan positivo», que las sales solubles llegan a acumularse en los suelos, sobre todo en los situados en las depresiones topográficas, causando en algunas zonas serios problemas de salinidad. En estas zonas, la mejor dotación climática y el regadío, han posibilitado el desarrollo de la horticultura industrial<sup>11</sup>. Sin embargo, estos suelos, presentan una concentración de sales suficientemente alta para afectar al desarrollo de los cultivos y/o un porcentaje de sodio intercambiable que afecta a su estabilidad estructural.

En la agricultura tradicional el balance de sales –en relación a que el valor de la cantidad de sales añadida con el agua de riego, u otros aportes, sea de la misma magnitud que la cantidad desplazada del suelo con el agua de percolación profunda- se aseguraba con la gestión del agua superficial y subterránea, el manejo del suelo, la calidad del abonado orgánico y la elección de cultivos, densidades y fechas de siembra, entre otros (Labrador 2001a)

Otra gran influencia del conjunto clima-relieve en nuestro territorio está en relación con la erosión-deposición<sup>12</sup>. Este proceso es un fenómeno de carácter natural, inherente a los fenómenos de modelado del paisaje y a la formación del suelo, que ha supuesto una adaptación y una diversificación de los usos agropecuarios y silvícolas y la diferenciación de paisajes.

En general los suelos más erosionables se dedicaban a bosques y pastos, y a la ganadería extensiva y los menos a la agricultura. En las zonas termo-mediterráneas, bosques y pastos han sido sustituidos en parte por algarrobo y almendro, al igual que en las mesomediterráneas por el olivo y el viñedo. En aquellas donde el riesgo erosivo afectaba menos a la productividad se alternaban los cultivos cereal-leguminosa en secano y los suelos que acumulan sedimentos, situados en valles y depresiones y con proximidad de agua, como las vegas y las terrazas bajas de los ríos a la horticultura y fruti-

8 La zona xérica, presenta un balance geoquímico más equilibrado a causa de la intensidad intermedia de los parámetros climáticos y un ciclo bioquímico que es alterado por una intervención antrópica capaz de disminuir la materia orgánica en el suelo.

9 En Cataluña los formiguers o boïcs que consistía en la incineración en campo de montones de ramas y matorrales cubiertos de tierra y en esparcimiento posterior de la tierra calcinada y las cenizas.

10 La zona arídica, presenta un balance geoquímico positivo, y un ciclo bioquímico mínimo, el espesor del suelo es delgado, salvo en las depresiones, donde los suelos azonales acumulan los sedimentos.

11 La salinización de origen agrícola en ambiente mediterráneo va en aumento como consecuencia de la limitación de agua de lavado y de drenaje, el incremento en el aporte de fertilizantes minerales, la erosión del suelo, los bajos niveles de materia orgánica, y la contaminación por la utilización para riego de aguas de dudosa calidad.

12 La erosión de los suelos lleva a los ríos sedimentos y nutrientes, mantiene el equilibrio sedimentario en los cauces y en las playas y conforma espacios muy fértiles como son los deltas o las llanuras aluviales.

cultura y en climas locales más severos a la producción forrajera (Parra 2001).

En la actualidad la aceleración de los procesos erosivos, causada por las actividades antrópicas es uno de las consecuencias más graves que conlleva la degradación de los suelos ya que reduce de forma directa la funcionalidad de los mismos. Del análisis de los estudios e información existente sobre erosión del suelo en Europa se deduce que la región Mediterránea está especialmente afectada en más del 80% del territorio.

Los factores que conducen a esta aceleración de la erosión del suelo son la intensificación de la agricultura, el abandono de terrenos agrícolas en las zonas de montaña y la ocupación por otros usos, fundamentalmente urbano y turístico, de las zonas de vega y costeras. La progresiva urbanización de terrenos fértiles y de gran productividad agrícola ha desplazado la actividad agraria hacia terrenos con menor capacidad, cuyas características (pendiente, menor profundidad del suelo, etc.) los hacen más susceptibles a la erosión. Por otra parte, la alteración que la urbanización con el sellado del suelo provoca en la regulación y evacuación de los flujos hídricos aumentan el riesgo de inundaciones y deslizamientos de tierras, fenómenos ambos asociados a la movilización y al transporte de grandes cantidades de suelo y sedimentos<sup>13</sup>.

El cambio climático agravará la erosión y la desertificación. Probablemente una de las consecuencias más graves de la tendencia del calentamiento global es el impacto en los procesos de degradación del suelo-desertificación de las zonas áridas del planeta y a su vez la retroalimentación de los procesos de desertificación al incrementar la tendencia de cambio climático<sup>14</sup> (Rubio 2007).

Finalmente para ambas zonas edafoclimáticas la ganadería extensiva con razas autóctonas resultaban particularmente apta en un ambiente complejo que ofrecía áreas de producción diseminadas en el tiempo y en el espacio lo que exigía ciertas características –rusticidad– en relación a la facilidad para buscar alimentos de forma

autónoma y consumir forrajes variados para concentrar los recursos y los “picos” de productividad, permitiendo también la organización del uso agrario y silvícola del territorio (Gómez Sal 2000).

Dependiendo del sistema de producción al que se encuentran asociadas, se diversifica la adaptación de las razas de ganado. Unas para realizar recorridos en régimen de pastoreo dirigido enlazando la producción complementaria de diferentes zonas: monte, pastizales comunales, prados, rastrojeras o restos de las huertas –es el caso de muchas razas de ovejas del tronco entrefino–; otras para desplazarse en distancias largas con pautas de trashumancia o transtermitancia –entre otras las merinas, variedades de raza aragonesa, cartera y las vacas avileña o tudanca–. Por último numerosas razas son capaces de prosperar de forma autónoma organizando el territorio –áreas de campeo, querencias, refugios, etc.– de acuerdo con sus requerimientos –ovejas de tipo lacha, vacas, cabras y équidos–. Algunas de estas últimas tienen como valor añadido el ser capaces de sobrevivir y defender su descendencia en zonas donde aún existe presión de depredadores (Gómez Sal 2000).

Aunque desde el punto de vista productivo muchas razas estuvieron especializadas como animales trabajo, cumplían también otras funciones en la economía tradicional, como las de suministro de leche, animales jóvenes para carne o, especialmente, aportando el estiércol imprescindible para recuperar la fertilidad de los suelos tras las cosechas. Con la “cama” del ganado se recuperaban numerosos residuos vegetales –hojas, tojos, paja– creadores de estructura edáfica y mantenedores de la fertilidad.

Como vemos la sostenibilidad de los sistemas tradicionales ha reposado en la adaptación a esos límites locales, comarcales, regionales. Adaptación que se apoyó tanto en la selección del ganado, los cultivos y aprovechamientos como en la tecnología aplicada. Además los limitantes son diferentes en cada zona edafoclimática mediterránea. En la actualidad, inmersos en un escenario climático cambiante, junto con la escasez de agua, la falta de materia orgánica, es uno de los problemas más graves que afectan a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en ámbito mediterráneo.

### **«El arte» de la adaptación a las limitaciones –y excesos– de un territorio: una breve aproximación a la gestión tradicional del agua y la fertilidad**

La heterogeneidad de los paisajes agrarios áridos y semiáridos es consecuencia, y a su vez causa, de la redistribución y uso de los recursos, fundamentalmente de los limitantes –agua, suelo y materia orgánica–.

En ambiente mediterráneo, considerando la disponibilidad hídrica y el contenido de materia orgánica como factores limitantes para el desarrollo de los cultivos, las estrategias de gestión priorizan el mantenimiento de la

13 Hoy en día no existe una normativa común de protección del suelo y lucha contra la erosión en los Estados miembros de la Unión Europea que sirva de marco de referencia a todas estas actuaciones. La mayoría de normas existentes son regulaciones dispersas y aisladas, incluidas en un marco de actuación mucho más general como, por ejemplo, los instrumentos financieros que dentro de las ayudas agro-ambientales forman parte de la Política Agraria Comunitaria (PAC) o las medidas encaminadas al control de la contaminación difusa incluidas en la Directiva de Aguas.

14 En la región mediterránea afectará a la estabilidad y al funcionamiento del entorno natural, pudiendo implicar problemas de seguridad ambiental –migraciones forzadas, escasez de agua, seguridad alimentaria, incendios forestales– e importantes consecuencias socioeconómicas al producirse la disrupción del papel regulador y amortiguador del suelo ante fenómenos climáticos extremos (Rubio 2007).

fertilidad de la tierra en el período del año en el que el agua no sea el limitante, mientras que en la época en la que típicamente escasea el agua, el manejo del suelo se dirigía a asegurar la máxima reserva hídrica a los cultivos (Vadell *et al.* 2003).

### 1. La gestión de agua visible e invisible.

El agua es «la principal materia prima en tonelaje que interviene en el proceso de fotosíntesis, sobre el que se apoya la actividad agraria» (Naredo 1999). La economía del agua en ambiente mediterráneo se ha basado tradicionalmente en la gestión de los cultivos y aprovechamientos en relación a la disponibilidad de agua en los territorios.

La estacionalidad del ciclo hidrológico<sup>15</sup> con un notorio déficit hídrico estival –una de las mayores diferencias con el resto europeo– supone un factor limitante para ecosistemas naturales y agrosistemas; pero no sólo a nivel de volumen –cantidad– sino también de calidad<sup>16</sup>. En el ambiente mediterráneo, el contraste estacional ha provocado la concentración de los recursos naturales de la tierra y el agua en los lugares más atemperados y con mayor insolación disponible para la fotosíntesis. El regadío ha aumentado en muchos casos hasta alcanzar el límite de las disponibilidades de agua (Gascó 2001)

Es importante resaltar como la irregularidad en la disponibilidad hídrica determinan la enorme importancia que adquieren las aguas subterráneas y el manejo del agua edáfica, pudiendo afirmar que el ciclo hidrológico en el ámbito mediterráneo se desarrolla fundamentalmente en el subsuelo<sup>17</sup> y en el suelo.

Las diferentes zonas edafoclimáticas –údica, xérica y áridica– con diferencias marcadas en la dotación de agua de los suelos –carencias y excesos puntuales– dieron lugar a calendarios, mapas de cultivo y aprovecha-

mientos agropecuarios y forestales diferentes. Igualmente orientaron las labores de preparación del terreno con drenaje y aterrazamientos en los excesos, labores de mullimiento para aligerar la compactación y hacerlos más receptivos al agua o labores que eviten la pérdida por evapotranspiración.

El uso secular del agua en el mediterráneo ha condicionado la configuración de un variado paisaje cultural a partir de la introducción por romanos y árabes de un conocimiento profundo de la hidráulica encaminado a ampliar la extensión de suelo fértil y la productividad. El riego permitió mediante canales y acequias, –incluso acueductos– el cultivo de terrenos roturados, la introducción de nuevos cultivos intensivos y de nuevas variedades. En las vegas y zonas llanas próximas a los ríos, se realizaron obras para el aprovechamiento del agua superficial y de mantos más o menos profundos –entre otras acequias y distintos sistemas de regadío, pozos, norias, estanques, para cultivos de huerta–. En zonas de relieve más ondulado, o en las montañas, se implantó una densa infraestructura para conservación del suelo con destacado efecto en el paisaje –laderas aterrazadas con pared de piedra, bancales, rectificación de pendientes, aprovechamiento del riego por cotas– (Gómez Sal 2007). Igualmente el manejo del agua proveniente de las precipitaciones y de aquellas de carácter torrencial, creó una fisonomía específica –el aterrazamiento– para prevenir la erosión, encauzar y recoger esa agua, el aprovechamiento de las avenidas para fertilizar los suelos con los sedimentos, etc.-.

Ya que la lluvia en ambientes semiáridos es escasa e impredecible, el paradigma del ahorro, se expresa en la agricultura mediterránea de secano con el desarrollo de estrategias en el manejo del suelo, de la vegetación arvense y del cultivo: los marcos de plantación más amplios fundamentalmente en olivar y viña, dirigidas a conservar la humedad en el suelo y a optimizar la eficiencia de su uso; la alternativas cereal-leguminosa-barbecho que gestionan la humedad interanual –el barbecho suma agua al suelo a base de evitar la evapotranspiración–; el uso de variedades adaptadas y/o tempranas, el ajuste de densidades de siembra, los acolchados, las labores superficiales periódicas, los aterrazamientos. Muchas de ellas, a simple vista, con un carácter contradictorio entre la conservación del agua y la de la materia orgánica.

El papel del árbol interceptando la precipitación y guiándola a través del perfil era fundamental. El bosque actuaba como sumidero del agua y ésta se repartía en distintas escalas, entre cultivos, suelos, ríos y aguas subterráneas.

La ganadería de manera tradicional es una factor utilizado para la gestión del agua: directamente por los beneficios de su estiércol sobre el suelo –suelos más fértiles retienen más agua– o con la implantación de praderas en la rotación. A escala territorial por el aprovechamiento de

15 El concepto de ciclo hidrológico por el cual el agua se evapora desde las superficies y precipita sobre las mismas en forma de lluvia, es muy antiguo. Precipitación y evaporación son dos procesos clave que mantienen el agua en movimiento en la atmósfera, pero la misma agua se mueve a través del suelo hacia cauces superficiales o subterráneos y también es absorbida desde el suelo por la vegetación (Fereres 2001) Del estudio del régimen de humedad del suelo y de acuerdo con la evapotranspiración potencial más del 84% del territorio es deficitario en agua precisamente durante la época del año más productiva

16 Básicamente los impactos más importantes resultantes de las prácticas agrarias en los recursos hídricos incluyen la contaminación debido a la lixiviación de nutrientes y de pesticidas y la intrusión del agua de mar en los acuíferos (Zalidis *et al.* 2002), a esto debemos añadir el desequilibrio en el balance hídrico edáfico al disminuir la estabilidad estructural y la materia orgánica.

17 Los acuíferos mediterráneos se caracterizan por tener una recarga natural baja, pero tienen un gran valor ecológico al reducir la variabilidad interanual de disponibilidad de agua (González Bernáldez 1991).



recursos en forma secuencial, mediante una gestión itinerante, lo que permitía evitar los fenómenos adversos en cada zona y aprovechar al máximo enclaves de distinta productividad. Así por ejemplo, mientras que a finales de otoño, los pastizales del norte y centro de España empiezan a cubrirse de nieve, los pastizales de las dehesas del sur y suroeste peninsular empiezan una escasa pero cualitativamente importante producción –otoñada-. La explotación de esos gradientes de producción ha sido el objetivo general de la trashumancia. En la oferta de recursos entran las distintas opciones de solana/umbría dentro del término –rastros, majadales húmedos, bosquetes, retamares, fresnedas, tallares de rebollo, castaños, etc.<sup>18</sup>.

En la gestión del agua al igual que como luego veremos de la fertilidad del suelo, el manejo tradicional no se hacía exclusivamente a nivel de parcela sino territorialmente, teniendo en cuenta la hidrología de cada zona regable y cada cuenca, tanto la superficial como la subterránea. El agua era considerada, no como un recurso económico sino como un «bien público», redistribuyendo su uso en las zonas con escasez física de agua por instituciones y normas específicas (Naredo 1999).

Por lo tanto una de las rupturas cualitativas más importantes de la «moderna agricultura industrial» ha sido la forma de gestionar el agua en los sistemas agrarios mediterráneos. Ésta se hizo a dos niveles diferentes: por una parte la ampliación a una escala sin precedentes de la potencia aplicada a las labores de preparación del terreno, lo que permitió aumentar la extracción de agua por las plantas, abaratar el movimiento de tierras a gran escala extendiendo la superficie que podía ser regada y drenada; por otra parte el perfeccionamiento de los motores de bombeo –apoyados en el uso de energía eléctrica- pasando los agricultores de regadío a «ejercer su iniciativa como mineros en la extracción y sobreexplotación de las reservas de agua subterránea» (Naredo 1999).

En la actualidad, el agua ha pasado a ser un bien económico –escaso, apropiado e intercambiado- y la gestión del agua ha pasado a ser la gestión de la infraestructura hidráulica entrando en conflicto con otros intereses urbanos y de asentamiento.

## 2. La gestión a distinta escala de la fertilidad.

Como hemos visto, el manejo de la fertilidad del suelo –producto de un largo proceso de aprendizaje para hacer frente a un marco natural poco favorable- no estaba separado de ninguno de los demás manejos –ganadero o silvícola- y aunque si se utilizaban técnicas específicas enfocadas a aumentar la materia orgánica de los suelos, éstas estaban íntimamente relacionadas con aquellas que favorecían la conservación del agua y

la disminución de la pérdida de suelo. Básicamente era la diversidad de condiciones –socioeconómicas, ambientales, culturales- las que definían la diversidad de aprovechamientos agrarios y la diversidad de técnicas utilizadas, dentro del marco de una economía agraria tradicional con una base estrictamente orgánica.

Por lo tanto, en los sistemas agrarios tradicionales la reposición de la fertilidad se gestiona mediante formas complejas de gestión del territorio y sus recursos (Garrabou 1996); ya que aunque el trabajo se expresa en unidades de gestión como son las parcelas, los terrenos no cultivados, desempeñan el papel de «fábrica» de nutrientes que se movilizan después hacia las áreas cultivadas por acción animal, por procesos naturales o por el trabajo humano.

Las prácticas agrícolas tradicionales, mantenían la fertilidad de los suelos principalmente optimizando la gestión del agua –a través del riego, el entarquinado o las avenidas que dejaban fértiles limos-; mediante la gestión de la biomasa vegetal de la propia finca –podas, rastrojeras, restos de cosecha-, y/o de la periferia, mediante el acarreo de materia orgánica de muy distinta procedencia –monte, hojas, paja, helechos, restos de podas y huertas de otras fincas- hacia las parcelas más cuidadas y fértiles; mediante la utilización de su convertidor más directo que era el ganado; también mediante la gestión de la propia superficie labrada y de los cultivos –el barbecho semillado, las asociaciones y rotaciones de cultivos, la implantación de praderas, los abonos verdes utilizados como alternativa al estiércol- y otras actuaciones acordes con dichos propósitos conservadores y fertilizadores.

El ganado extensivo de razas autóctonas era el vehículo utilizado para la transferencia de nutrientes, canalizando un importante flujo de fertilidad hacia suelos menos fértiles (Gómez Sal 2007). Su práctica a nivel local –majadeo o redileo-; o una escala territorial como pastoreo itinerante, permitía el aprovechamiento coordinado de zonas con máximos de producción vegetal complementarios en el tiempo –un ejemplo es la trashumancia<sup>19</sup>-, pero el producto de transferencia de nutrientes por excelencia es el estiércol<sup>20</sup>.

19 La trashumancia –apoyada en el pasado por rentabilidad de sus productos y el ajuste a las características del territorio- permitía evitar los periodos críticos en cada zona y aprovechar los recursos en su mejor condición. En España ha dejado como herencia una densa red de vías pecuarias y varios tipos de pastizales asociados, cuya composición óptima dependía del mantenimiento de altas cargas temporales de ganado (Gómez Sal y Lorente 2004).

20 Bien sin fermentar, compostado, o semi-fermentado. El estiércol fertiliza porque concentra nutrientes minerales de una amplia superficie pastoreada, en un proceso repetitivo de recepción de deyecciones sobre la hojarasca que sirve de cama, además de actuar sobre las propiedades físicas y químicas y biológicas, amortiguando la acidez, favoreciendo la estructuración, la formación de complejos órganos minerales, el balance hídrico al esponjar y airear el suelo, la actividad macro y microbiana edáfica, etc.

18 El careo diario del rebaño, con regreso a un punto central, a veces también móvil, permite conjugar el aprovechamiento de estos distintos tipos de recursos según su abundancia y las necesidades de alimentación del rebaño (Castro et al. 2004).



Las formas «modernas» de gestionar el uso del suelo y su fertilidad, han permitido intensificar el uso de las parcelas de cultivo e independizar su función del resto de los aprovechamientos agrícolas y ganaderos; pero por otra parte han acentuado la dependencia de la agricultura y la ganadería del uso de recursos renovables y no renovables, produciendo una degradación del suelo de carácter irreversible en muchas zonas de ámbito mediterráneo; desencadenando al mismo tiempo serios problemas de vertidos y residuos; e imponiendo además, en un medio humano y natural tan diverso, una uniformidad en los conceptos, en los usos agropecuarios y silvícolas y en los recursos genéticos, digna de ser subrayada.

El escenario mostrado nos acerca a un complejo entramado de conocimientos adaptados a un complejo entramado de situaciones; la idea que vertebra todo el discurso es, la de que no existe separación entre los usos del territorio y las funcionalidades de los agrosistemas. Los limitantes a la sustentabilidad que sean el producto de factores medioambientales y edáficos, suponen una adaptación, llegando a un equilibrio de manejo, los limitantes producidos por la propia actividad humana, implican para su corrección un cambio de diseño y de gestión en el modelo de producción escogido.

En los últimos años han surgido en nuestro país modelos de gestión agrícola que «venden» sostenibilidad -como la agricultura de conservación o la integrada- sin embargo, se basan en los mismos planteamientos productivistas e industriales que la agricultura convencional aunque «suavizando» algunas técnicas de manejo -mínimo o ningún laboreo con aporte de restos de cosecha, abonos minerales, semillas transgénicas y herbicidas en la agricultura de conservación y control biológico más tratamientos químicos controlados, uso de transgénicos, herbicidas y abonos minerales en la integrada-.

Hoy por hoy, el diseño de modelos agrarios verdaderamente perdurables, dentro de un planteamiento territorial, sólo es abordado de forma integral por modelos de gestión agraria basados en premisas agroecológicas.

### **La Agroecología, una invitación desde la ciencia a abordar la gestión territorial de la fertilidad**

La agroecología como ecología de los sistemas agrarios, tiene como objetivo principal el conocimiento de los 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 medio ambiente (Bello *et al.* 2008) y con el factor social.

En el escenario actual sólo la agroecología ha sentado las bases de lo que significa para el sector primario una percepción territorial y orgánica. Adoptando modelos de gestión agrosistémica interconectados e inte-

grados en su medio y basados preferentemente en el manejo de la biodiversidad y en la gerencia de la materia orgánica; evidenciando que es posible un equilibrio perdurable entre la producción, la calidad de las producciones, la conservación de los recursos y desarrollo rural verdaderamente sostenible.

Para la agroecología la integridad del agrosistema depende de las sinergias entre un modelo concreto de uso de los recursos, la diversidad de plantas cultivo y no cultivo y el funcionamiento continuo de una comunidad macro y microbiana dentro y fuera del suelo (Gliessman 2001), estando estas últimas, como no podía ser de otra manera sustentadas por un suelo rico en materia orgánica en todas sus formas.

Pero ¿qué premisas permiten a la agroecología gestionar a distinta escala, con la máxima eficiencia la fertilidad del suelo de cultivo? Veamos:

### **1. El manejo agroecológico de la fertilidad se basa en la conexión entre los componentes que participan en la producción en el tiempo y en el espacio y a distinta escala.**

El conocimiento tradicional sobre el manejo de los recursos provee a la agroecología de esa visión holística, que posteriormente los avances científicos han verificado. Para la agroecología, el suelo deja de ser un medio inerte, basándose su dinámica en la interconexión entre sus componentes; su organización se establece de acuerdo con un modelo jerárquico, en el que el paso de un nivel inferior a otro superior en la jerarquía supone la aparición de propiedades emergentes, que no pueden explicarse solamente mediante la suma de los elementos que componen el nivel jerárquico inferior. En relación al agrosistema, no manejamos subsistemas separados -suelo, agua, vegetación, atmósfera-, sino componentes conectados en un mismo sistema; niveles de organización<sup>21</sup> y propiedades emergentes, abordando su estudio y gestión de forma multidisciplinar. A nivel territorial, a nivel de cuenca, etc. el paisaje agrario se muestra como un mosaico multifuncional y heterogéneo, en el que las fronteras naturales y sociales son permeables, permitiendo un flujo de genes, agua, nutrientes, energía e información. A mayor escala un marco biogeográfico específico como es el mediterráneo seguirá definiendo otros ámbitos de actuación políticos, económicos, ambientales, sociales, etc..

21 Por ejemplo, el nivel textural -arcilla, limo y arena- tiene unas propiedades que se diferencian del nivel estructural agregacional -en el que interviene un nuevo componente que es la materia orgánica- y del que emergen otras propiedades-. Igualmente, se acepta científicamente como la vegetación parece funcionar como un integrador de los componentes del sistema arriba y abajo del suelo, los cuales a pesar de estar espacialmente separados están conectados a nivel biológico por las plantas (Altieri y Nicholls 2003).

**2. Asume la fertilidad a nivel global como expresión del estado de los componentes y de los procesos biológicos, químicos y físicos de un suelo, en un contexto ambiental y socioeconómico determinado** y reconoce a la materia orgánica un papel insustituible en la optimización de todos los parámetros y los procesos que permiten una producción sustentable en los sistemas agrícolas.

La fertilidad en el contexto agroecológico expresa *«la capacidad de los suelos agrícolas para mantener de manera perdurable, un nivel de producción estable y de calidad, conservando un estado de alta estabilidad frente a los procesos que implican su degradación y todo ello dentro de una amplia gama de condiciones locales agroambientales, socioeconómicas y culturales»* (Labrador 2001b). La materia orgánica como expresión del carbono orgánico en el suelo es un componente más, pero es el componente que permite al suelo la expresión de todas sus funcionalidades<sup>22</sup>.

En el ámbito mediterráneo, podemos afirmar que el suelo constituye un recurso prácticamente no renovable a escala de tiempo humana en función de una tasa de renovación muy lenta, por lo tanto el manejo de la fertilidad del suelo con bases agroecológicas va a estar basado y dirigido a: mitigar o impedir la degradación del suelo de cultivo<sup>23</sup>, a potenciar la biodiversidad edáfica y a incrementar el contenido de materia orgánica –la retroalimentación positiva garantiza la optimización en la dinámica y contenido del agua–.

Además la valoración de la perdurabilidad de la fertilidad se concibe sólo de forma integrada con la verte-

bración del territorio y el mantenimiento de la organización social que maneja esos recursos.

**3. Determina que uno de los pilares de la fertilidad debe ir enfocada a la conservación o/y el aumento de la biodiversidad.**

La biodiversidad<sup>24</sup> refleja la variedad de organismos vivos, en este sentido la heterogeneidad del territorio mediterráneo es la base de la riqueza de especies que lo sustenta. Su importancia es vital por ser «un patrimonio de creación lentísima inviable de reproducir a escala temporal humana» Parra (2001).

Los suelos albergan algunas de las comunidades biológicas más diversificadas del planeta, aportando servicios decisivos para la sostenibilidad de la biosfera y la fertilidad agrosistémica: participan en la degradación de los materiales orgánicos y en el transporte –junto con el agua– de los productos de la transformación a lo largo del perfil, son el principal agente de los ciclos biogeoquímicos, regulan la dinámica de la materia orgánica del suelo la retención del carbono y la emisión de gases de efecto invernadero, modifican la arquitectura del suelo dando forma a la estabilidad estructural y los regímenes del agua; mejora la cantidad y eficacia de la adquisición de nutrientes por la vegetación –micorrizas, rizobium y otros– y la salud de las plantas. Un componente de la biodiversidad en el suelo son las raíces de las plantas y es en el contexto rizosférico –suelo, productos orgánicos, agua, minerales y organismos que rodean a las raíces– en el cual se expresa de forma más eficiente la relación biodiversidad-productividad.

Igualmente uno de los pilares del manejo agroecológico es la gestión del hábitat mediante la diversificación de la vegetación cultivo y no cultivo –cultivos de cobertura e infraestructura vegetal natural, técnicas asociadas al manejo de arvenses y el uso de policultivos y de rotaciones–.

**4. Considera que a nivel agrosistémico no podemos hablar de sostenibilidad sino reintroducimos de nuevo en el sistema los subproductos orgánicos generados por la actividad agrícola y ganadera.**

En ámbito mediterráneo el problema de los subproductos orgánicos no recuperados –residuos– es crítico, no sólo porque los residuos generados dependen de los recursos utilizados en los procesos, sino porque la escasez de agua y materia orgánica debería condicionar tanto la gestión de nuestros vertidos como la limitación en la

22 Algunos servicios que presta el suelo son (adaptado de Blum y Santelises 1994): Producción de biomasa (alimento, fibra y energía) por su actuación como sustrato del y para el desarrollo vegetal; reactor que filtra, regula y transforma la materia para proteger de la contaminación el ambiente, las aguas subterráneas y la cadena alimentaria; hábitat biológico y reserva genética de muchas plantas, animales y organismos, que estarían de esta manera protegidos de la extinción; medio físico que sirve de soporte para estructuras industriales y técnicas, así como para otras actividades socioeconómicas; fuente de materias primas que proporciona agua, arcilla, arena grava, minerales, y elemento de nuestra herencia cultural.

23 Por degradación del suelo entendemos la reducción o pérdida de la productividad biológica o económica de la complejidad de las tierras...ocasionada en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos... (CLD 2008). La Comisión Europea expone claramente en la Comunicación «Estrategia temática para la protección del suelo» que la causa más importante de la degradación y la pérdida de suelo, es la actividad agropecuaria industrial intensiva. En España toda la mitad sur, a excepción de las cadenas montañosas más elevadas, más la meseta norte, la cuenca del Ebro y la costa catalana entran dentro de las categorías de tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas, y por lo tanto estas áreas son susceptibles de desarrollar el fenómeno de la desertificación (PNAD).

24 En ecología, el concepto de diversidad tiende a ser aplicado al nivel de comunidad; así la diversidad es interpretada como el número de especies diferentes que conforman una comunidad en un lugar determinado –también denominado biodiversidad– (Wilson 1988). Sin embargo, como sabemos los ecosistemas y los agrosistemas, tienen igualmente diversidad en el arreglo espacial de sus componentes, en sus interacciones, etc. Por lo tanto la diversidad tiene varias dimensiones ofreciendo mayor complejidad al concepto de diversidad –diversidad ecológica (Gliessman 2001).

producción de residuos y la recuperación de los subproductos orgánicos. La agroecología demuestra cómo el progreso de la agricultura depende de que podamos cerrar ciclos de nutrientes a nivel territorial devolviendo a los campos la materia orgánica que de ellos ha salido. La sostenibilidad de los modelos agropecuarios basados en lo orgánico vendrá de la ordenación ecológica del territorio que permita la diversificación de los usos –agropecuarios y silvícolas–; la generación, valoración y reutilización de los subproductos orgánicos –biomasa, estiércoles, subproductos agroindustriales, etc.– el diseño del balance orgánico a nivel de finca y la gestión del balance húmico a nivel de suelo. La agroecología reconoce el valor de determinadas técnicas de transformación de los subproductos orgánicos como es el compostaje<sup>25</sup>.

**5. La metodología agroecológica cuantifica, caracteriza e integra la materia orgánica en su globalidad** sin olvidar que el manejo de la misma debe estar basado en el recurso suelo.

Definimos a la materia orgánica del suelo como «*el material orgánico de origen biológico, que procede de alteraciones bioquímicas de los restos de animales, plantas y microorganismos y de la propia actividad vegetal y microbiana; que se encuentra localizada en el interior de macro o microagregados, en la solución y en la superficie del suelo y presenta distintos estados de transformación derivados de la dinámica del medio vivo y de la interacción con el medio mineral, los factores ambientales, el tipo de suelo y las prácticas de cultivo*» (Labrador 2001).

La metodología agroecológica cuantifica la materia orgánica en todas sus formas<sup>26</sup>; la caracteriza para evaluar su idoneidad en relación a los procesos y al objeto de su uso y la integra en el contexto ambiental y social ya que un dato aislado del contexto “ambiente” no expresa la funcionalidad del parámetro y por otra parte un manejo aislado del ámbito socioeconómico en el que se origina no da garantías sobre su sostenibilidad. En este sentido le da una enorme importancia al seguimiento de su evolu-

ción tanto por el agricultor “in situ”, como por el técnico o el investigador apoyado en datos de campo y analíticos.

**6. Reconoce que la materia orgánica no es un indicador de calidad aislado a la hora de evaluar cuantitativamente y cualitativamente los procesos de transición;** ya que nos informa no sólo de los servicios que puede ofrecer ese suelo sino también de los procesos. Indicadores e índices de calidad deberían seleccionarse de acuerdo con las funciones del suelo que se quieren estudiar y los objetivos de manejo definidos para el sistema.

La MOS usada como indicador de calidad es un elemento integrador entre el conocimiento sobre las funciones de un suelo obtenidas de la investigación edafológica y los conocimientos obtenidos de la práctica agrosistémica.

La comprensión de la cuantificación y la interpretación de la MOS debe hacerse desde esta visión dinámica, que contemple su relación de sinergias y antagonismos con otros recursos y con el medio vivo, en un escenario climático cambiante, dentro de un marco biogeográfico como es el mediterráneo, en el contexto de unos usos específicos y un marco socioeconómico determinado y con un objetivo común que es la fertilidad –con todo lo que ello representa–

Su seguimiento multidisciplinar nos permite incrementar la colaboración entre las diferentes disciplinas que integran las ciencias del suelo y poner en práctica la investigación participativa<sup>27</sup>.

**7. Asume que los conocimientos actuales sobre el manejo de la MOS se enriquecen desde una comprensión de los “saberes” pasados.**

A pesar de que han tenido que pasar años, la materia orgánica está considerada por la Ciencia del Suelo como uno de sus componentes principales, capaz de regular la capacidad del mismo para mantener su fertilidad, participando igualmente en los procesos que promueven su conservación, siendo además un elemento capaz de ofrecer servicios ambientales que permiten sostener al ser humano en el ámbito local y a escalas globales. El conocimiento tradicional<sup>28</sup> so-

25 El compostaje es un proceso biooxidativo controlado en el que intervienen una gran diversidad de microorganismos, que requiere una humedad adecuada, y sustratos orgánicos heterogéneos en su composición y homogéneos en cuanto a su tamaño y básicamente en estado sólido. Que pasa por una etapa termófila, dando al final como producto de los diferentes procesos de transformación, dióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica humificada y estabilizada –compost–.

26 Teniendo presente que un método analítico está sujeto a numerosas interferencias y puede ser el mismo productor de alteraciones importantes. La MOS se divide en diversas fracciones –que presentan tiempos de evolución muy diferente– basadas en sus características físicas (tamaño, densidad y localización dentro de la matriz del suelo), químicas y/o en la velocidad de descomposición. La MO viva, la MO particulada, la MO soluble, las sustancias húmicas –en suelos agrícolas mull, moder y mor– y la MO orgánica inerte –expresión poco afortunada–.

27 Entendemos por Investigación Participativa, aquella que constituye un proceso de interacción creativa dentro de las comunidades rurales mediante el cual el conocimiento local y el científico se combinan y se desarrollan en pie de igualdad para encontrar soluciones a los problemas de los productores, sacando el máximo provecho posible de las oportunidades y recursos locales (Guzmán Casado *et al.* 2007).

28 Contrariamente a lo especulado, dentro de la mente del productor tradicional existe un detallado catálogo de conocimientos acerca de la estructura o los elementos de la naturaleza, las relaciones que se establecen entre ellos, los procesos o dinámicas y su potencial utilitario. Esta clasificación se aplica por igual a los fenómenos de carácter astronómico, físico, biológico y ecogeográfico (Toledo 2002)

bre la gestión de la fertilidad a nivel territorial y el manejo de materia orgánica a nivel de finca puede contribuir a una gestión más eficiente de la misma en los agrosistemas ecológicos y es la fuente de una autonomía imprescindible para la supervivencia de la agricultura familiar y otras de pequeña escala.

### 8. Finalmente la perspectiva agroecológica reconoce el papel de la MOS dentro de una dinámica global.

La percepción de los servicios de la materia orgánica a nivel de la edafosfera, nos hace reconocer su importancia a escala global y potenciar su manejo óptimo con vistas a la adaptación de los sistemas agrarios a los nuevos escenarios producto de las variaciones climáticas en ambiente mediterráneo –principalmente escasez de agua y aumento de las temperaturas- para minimizar el impacto de las variaciones o perturbaciones. Igualmente se sabe el papel de los suelos con elevada fertilidad en la mitigación de los efectos de la actividad agraria en el cambio climático -reservorio de carbono orgánico e inorgánico, disminución de la emisión de GEI, etc.- (FiBL 2007).

Mientras que la política actual fomenta que tales acciones pueden ponerse en marcha una vez que la perturbación ha sucedido, desde la agroecológica propugnamos que la mayor parte de ellas sean anticipativas, internalizándolas en la propia estructura y dinámica del sistema agrario.

En este aspecto y en otros, la agricultura ecológica<sup>29</sup>, biológica u orgánica es el modelo de producción que con bases agroecológicas gestiona de forma más eficiente la fertilidad del suelo basándose preferentemente en la gestión de la materia orgánica en los agrosistemas. La normativa que reglamenta la agricultura ecológica regula de forma precisa los requisitos de composición, procedencia y las condiciones de utilización de las materias y subproductos orgánicos que se aporten al suelo<sup>30</sup>; igualmente establece las prácticas agrarias que facilitan el aumento de la

MOS y las técnicas para la reutilización óptima de los subproductos orgánicos generados que promueven la obtención de abonos orgánicos y órgano-minerales de calidad

### Conclusiones a modo de recomendaciones

La actividad agropecuaria tradicional genera distintos sistemas de uso de recursos coherentes con las posibilidades que su medio ofrece. Esta gestión, produce la modificación de la estructura y características funcionales de los ecosistemas con el fin de obtener una serie de servicios agrarios; la «visión de futuro» de la agricultura tradicional obligaba no sólo a manejar la finca sino a «manejar el territorio» para obtener estructuras, componentes específicos, sinergias y antagonismos que aportasen «integridad y coherencia ecológica»<sup>31</sup> a la gestión con fines productivos.

Esto dio lugar a pautas diversas de aprovechamiento y a la creación de un territorio complejo sustentado en un profundo y extenso conocimiento, en una alta biodiversidad cultivada y natural, en un rico patrimonio cultural y en un flujo de genes, nutrientes, agua y energía entre los distintos componentes del mosaico territorial, diseñado para mantener una capacidad de respuesta adaptativa frente a futuras necesidades.

La integración producción-conservación era la mayoría de las veces «tan exitosa» que los recursos generados por la dinámica de «lo natural» se aprovechaban para uso agropecuario y los nuevos recursos generados por los usos agrarios, ganaderos o silvícolas eran aprovechados no sólo por los animales salvajes sino por la vegetación natural para extenderse.

En la actualidad estos planteamientos «atrasados» han dejado paso, tras una revolución denominada paradójicamente «verde», a una agricultura de alta tecnología que ha conseguido elevar y estabilizar los rendimientos de los cultivos, a base de desestabilizar la relación de los sistemas agrarios con el entorno ecológico en el que se insertan de manera que «los mayores rendimientos de las cosechas, recaen en la insostenibilidad de sus relaciones con el medio» (Naredo 1999).

En este momento, la «urgencia ecológica» –por hablar de una de las urgencias de la agricultura mediterránea- requiere no sólo refinamientos conceptuales –el

29 La agricultura ecológica es un modelo de gestión agraria que utiliza alternativas de manejo capaces de unir producción sostenible y de calidad, conservación de los recursos naturales y desarrollo rural. Sus bases teóricas y técnicas se fundamentan, por una parte en el conocimiento tradicional agrícola y ganadero local, y por otra en una disciplina científica, la agroecología

30 La normativa que regula la producción ecológica expone claramente que “cuando los fines específicos para aumentar, mantener o corregir la fertilidad del suelo, no se puedan satisfacer mediante el manejo agroecológico se podrá recurrir a los productos incluidos para este fin en el anexo I del Reglamento (CE) nº 889/2008 de la Comisión por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control

31 De hecho esto es exactamente lo que ha ocurrido al tratar de sustituir el concepto de coste social por el de externalidades, en apariencia más refinado conceptualmente pero en realidad mucho más irrelevante, tanto desde un punto de vista teórico como empírico, y vacío puesto que sólo consiste en una etiqueta que evita profundizar en su contenido y que gran parte de los economistas y no economistas emplean, aparentando conocer y controlar el problema, pero sin saber muy bien de qué están hablando ni cuáles son las implicaciones que conlleva su uso (Aguilera 2001).



concepto de externalidad<sup>32</sup> es un ejemplo igual que el de multifuncionalidad<sup>33</sup>.

Recuperar la coherencia en la gestión de los usos, los recursos y los residuos en ambiente mediterráneo precisa, de un cambio tecnológico, económico, político, social, para afrontar un escenario tremendamente complicado, en el que los espacios de poder y de desarrollo están ya definidos.

Por el momento, sólo la Agroecología es capaz de proporcionar las bases científicas y los argumentos teóricos y técnicos capaces de generar alternativas más perdurables de diseño y manejo de los sistemas productivos, proporcionando estrategias de uso agropecuario y silvícola del territorio de aplicación local, basadas en el saber tradicional sustentados en la innovación tecnológica procedente del conocimiento científico multidisciplinar. Ofreciendo igualmente, las herramientas metodológicas para que la población rural se convierta en la fuerza motora que defina las estrategias de su propio desarrollo.

Los esfuerzos de los investigadores y técnicos en agroecología se centran hoy en priorizar la investigación y experimentación en relación al desarrollo de enfoques para el manejo agrosistémico como la Agricultura y la Ganadería Ecológica. Estos modelos, ampliamente exitosos en lo agronómico, en lo económico y en lo social generan además toda una gama de «servicios ambientales» en ambiente mediterráneo que deben ser compensados.

Sin embargo, si no existe un reconocimiento institucional de la importancia de una reconversión territorial –y porque no Regional y Nacional– a los modelos de producción ecológica, es poco probable que podamos mantener de forma sostenible «islas de producción ecológica» en un territorio degradado, con un paisaje simplificado, que limite el flujo genético y energético o perturbe la vida en el suelo, los ciclos de nutrientes, las tramas del ciclo del agua, etc.

En este sentido, ya se ha demostrado lo ilógico de conservar espacios naturales aislados de su entorno y sus usos en ambiente mediterráneo; por lo tanto con modelos basados en criterios agroecológicos, debemos basarnos en

marcos de actuación que sobrepasen la escala de finca y en políticas que contemplen el diferencial de «bioregión» y lo plasmen en instrumentos de gestión, consumo y mercado coherentes y eficaces. Tal vez mantener la multifuncionalidad de la agricultura requiere simplemente hacer viable dicha actividad, ya que, por sí misma, es multifuncional – palabra nueva para un concepto antiguo–.

Reconvertir los factores limitantes en señas de identidad cultural, estabilidad ecológica y calidad de vida, debería constituir un eje estratégico, para el planteamiento del desarrollo de la futura agricultura y ganadería ecológica mediterránea. Estas estrategias deben de ser apoyadas por campañas de información para que el ciudadano sienta que además de comprar un producto de calidad diferenciada, esta preservando un diseño, un paisaje, una cultura agraria milenaria y modélica y una manera de sentir y pensar.

Y es aquí donde las nuevas políticas de conservación, de desarrollo rural y las políticas agrarias deben trabajar al unísono para el diseño y puesta en marcha de medidas que favorezcan y que sirvan de estímulo, consolidación y expansión del enfoque más acorde con la multifuncionalidad, la producción ecológica y en un ámbito peculiar como es el mediterráneo. Y esto evidentemente supone un enorme desafío que deberemos estar dispuestos a afrontar.

## Referencias

- Aguilera F. 2001. La economía ecológica como ejemplo de la perspectiva institucional de la economía de los recursos naturales. En *Agroecología y Desarrollo. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de Agrosistemas mediterráneos* (Labrador J, Altieri MA, eds.). Unex/Mundi Prensa, pp 449-466
- Altieri MA, Nicholls CI. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research* 72: 203-211.
- Atance A, Tió C. 2000. La multifuncionalidad de la agricultura: Aspectos económicos e implicaciones sobre la política agraria. *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 189: 29-48.
- Bello A, López JA, Díez MA, López J, García A. 2008. Principios Ecológicos en la gestión de los agrosistemas. *Revista ARBOR*. 729:19-29.
- Feredes E. 2001. Manejo del agua en la agricultura. En: *Agroecología y Desarrollo. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de Agrosistemas mediterráneos* (Labrador J, Altieri MA, eds.). Unex/Mundi Prensa, pp 265-278
- FiBL. 2007. *Organic Farming and Climate Change*. Monograph. Research Institute of Organic Agriculture. International Trade Centre UNCTAD/WTO.

32 . El concepto de multifuncionalidad conlleva el reconocimiento de que la agricultura realiza una serie de funciones que exceden ampliamente la mera producción de materias primas y alimentos. Sin embargo, la Comisión ha empleado con mayor frecuencia la palabra multifuncionalidad como referencia a un objetivo «planeado» para la política agraria europea (Atance y Tió 2000).

33 La visión agroecológica de la sustentabilidad se focaliza igualmente, sobre la necesidad de seguir creciendo en términos de productividad agrícola, pero en equilibrio con la conservación en cantidad y calidad de los recursos naturales involucrados en la producción. Esto implica usar los recursos a tasas más bajas que aquellas a las cuales son generados, emitir desechos a tasas más bajas que aquellas a las cuales éstos puedan ser absorbidos por el ambiente y optimizar la gestión y el aprovechamiento de los subproductos



- Garrabou R, Naredo JM. 1996. La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica. Madrid: Fundación Argentaria/Visor.
- Gascó JM. 1998. Problemas y prácticas diferenciadas del control de la fertilidad en distintas zonas edafoclimáticas. En *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica* (Garrabou R, Naredo JM, eds). Fundación Argentaria/Visor, pp 109-120.
- Gascó JM. 2001. El suelo como recurso. En *Agroecología y Desarrollo. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de Agrosistemas mediterráneos* (Labrador J, Altieri MA, eds.). Unex/Mundi Prensa, pp 119-128
- Gliessman SR. 2001. *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. Advances in agroecology. Boca Raton, Fla. CRC Press.
- Gómez V, Torcal L, Roquero L. 1998. Los suelos Mediterráneos. En: *Agricultura Sostenible* (Jiménez Díaz R, Lamo de Espinosa J, eds). Madrid: Mundi-Prensa, pp 71-100.
- Gómez Sal A. 2000. Las razas de ganado autóctono en la conservación de la naturaleza. En *Manual del técnico en medio ambiente natural* (Colegio de veterinarios de Ourense eds), pp 61-68.
- Gómez Sal A. 2001. Aspectos ecológicos de los sistemas agrícolas. Las dimensiones del desarrollo. En *Agroecología y Desarrollo. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de Agrosistemas mediterráneos* (Labrador J, Altieri MA, eds.). Unex/Mundi Prensa, pp 83-119.
- Gómez Sal A. 2006. Vías pecuarias y pastoreo extensivo. Valores de conservación y servicios ambientales. En *I Congreso Nacional de Vías Pecuarias*. Ministerio de Medio Ambiente (eds.), pp 175-188.
- Gómez Sal A, Gonzalez A. 2007. A comprehensive assessment of multifunctional agricultural land-use systems in Spain using a multi-dimensional evaluative model. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 120: 82-91.
- González Bernáldez F. 1991. Diversidad biológica, gestión de ecosistemas y nuevas políticas agrarias. En: *Biological Diversity* (Díaz Pineda F, Casado MA, De Miguel JM, Montalvo J, eds.). Madrid: Fundación Ramón Areces, pp 23-32.
- Guzmán Casado G, Alonso A. 2007. La investigación participativa en agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable. *Revista Ecosistemas* 16: 24-36.
- Ibáñez JJ. 2009. Clima, Mediterráneo y Mediterraneidad: Bases Conceptuales y los Problemas Inherentes a su definición. En: <http://webblogs.madrimasd.org>.
- Labrador J. 2001a. Aproximación de la gestión agroecológica a la fertilidad del suelo. En *Agroecología y Desarrollo. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de Agrosistemas mediterráneos* (Labrador J, Altieri MA, eds.). Unex/Mundi Prensa, pp:129-164.
- Labrador J. 2001b. La materia orgánica en los agrosistemas. Madrid: MAPA/Mundi-Prensa.
- Naredo JM. 2001. Sobre la "sostenibilidad" de los sistemas. En: *Agroecología y Desarrollo. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de Agrosistemas mediterráneos* (Labrador J, Altieri MA, eds.). Unex/Mundi Prensa, pp. 435-449
- Parra F. 2001. El ámbito mediterráneo: cultura, naturaleza y agricultura. En *Agroecología y Desarrollo. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de Agrosistemas mediterráneos* (Labrador J, Altieri MA, eds.). Unex/Mundi Prensa, pp 65-82
- Puigdefábregas J. 1998). Variabilidad climática y sus consecuencias sobre los sistemas agrarios. En *Agricultura Sostenible* (Jiménez Díaz R, Lamo de Espinosa J, eds). pp. 41-71.
- Rubio JL. 2007. Desertificación y Cambio climático. En *Cambio climático y sus consecuencias*. *Revista Ambenta* 70:26-31.
- Toledo V. 2002. Ethnoecology: a conceptual framework for the study of indigenous knowledge of nature. En *Ethnobiology and biocultural diversity. Proceedings of the 7th International Congress of Ethnobiology*, (Stepp JR, Wyndham FS, Zarger RK, eds). International Society of Ethnobiology, Georgia, USA, pp. 511-522.
- Vadell J, Sánchez A, Farrús E. 2003. Gestión agroecológica del agua en la agricultura mediterránea de secano. *Revista Vida Rural* 99:33-35.

## APLICACIÓN DEL MEDIDOR PORTÁTIL DE CLOROFILA EN PROGRAMAS DE MEJORA DE TRIGO Y CEBADA

**Águeda González.**

*Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario (IMIDRA)*

*Apdo. 127, 28800 Alcalá de Henares. E-mail: agueda.gonzalez@madrid.org*

### Resumen

Para estudiar el efecto de la sequía al final del ciclo del cultivo se ha valorado el contenido en clorofilas de tres hojas en distintos genotipos de trigo y cebada, así como su relación con el rendimiento final del cultivo. Para ello se realizó un ensayo de bloques al azar con tres repeticiones en el campo. Se han obtenido correlaciones significativas ( $p < 0.001$ ) entre la concentración de clorofila de las hojas y los valores obtenidos con el SPAD-502. El contenido en clorofila de la hoja bandera fue el más alto de las hojas analizadas y estaba positivamente correlacionado con el peso de mil granos ( $p < 0.01$ ). Nuestros resultados indican que el medidor de clorofila SPAD-502 puede ser muy útil en la selección de genotipos adaptados a unas condiciones agroclimáticas determinadas.

**Palabras clave:** Trigo, cebada, contenido en clorofila, rendimiento.

### Summary

#### Use of the portable chlorophyll meter in wheat and barley breeding programmes

The chlorophyll contents of three leaves from plants of different genotypes of wheat and barley were determined to study the effect of drought at the end of the growth cycle, and to determine its influence on final yield. All plants were growing in the field in a randomised block trial with three replications. Significant ( $p < 0.001$ ) relationships were recorded between the chlorophyll concentration of the leaves and the values obtained with the SPAD-502 meter. The chlorophyll content of the flag leaf was the greatest of all the leaves analysed and was positively correlated with the thousand grain weight ( $p < 0.01$ ). The present results indicate that the SPAD-502 chlorophyll meter can be useful in the selection of genotypes adapted to certain agroclimatic conditions.

**Key words:** Wheat, barley, chlorophyll content, yield

### Introducción

El rápido desarrollo de la agricultura convencional durante los últimos 60 años, así como el aumento en la producción de cereales grano, ha sido dependiente de una importante inversión en la mejora de plantas. Durante este periodo de tiempo, la agricultura ecológica se ha desarrollado mucho más lentamente. Sin embargo, la subida del precio de los aportes químicos, como abonos y herbicidas, el aumento del impacto del cambio climático y la necesidad de un sistema de agricultura sostenible están creando una gran oportunidad para tener en cuenta los objetivos específicos de interés en la agricultura ecológica (Wolfe *et al.* 2008).

La mejora para agricultura ecológica necesita estrategias específicas que utilicen diversidad genética para soportar o mejorar el amplio rango de condiciones y prácticas agrarias (Wolfe *et al.* 2008). Para desarrollar

variedades mejor adaptadas al sistema de cultivo ecológico es necesario seleccionar para un ambiente determinado, pero se ha hecho poca investigación en este sentido. Las variedades que se desarrollan en un sistema ecológico es necesario que se adapten bien a las condiciones agroambientales de la zona en que se van a cultivar por lo que la interacción genotipo por ambiente es primordial (Backes y Østergård 2008; Kristensen y Ericson 2008). En este contexto, la diversidad de condiciones agro-ecológicas y climatológicas junto con diferentes prácticas culturales requeridas en un sistema de cultivo ecológico, representan un considerable desafío para los mejoradores (Murphy *et al.* 2005).

Actualmente hay muy pocas variedades adaptadas a condiciones ecológicas. El interés creciente en cultivos ecológicos de cereales ha aumentado la demanda de variedades idóneas para este sistema de cultivo. Teniendo en cuenta que los resultados obtenidos para la mejora

tradicional proporcionan información muy válida para la mejora en agricultura ecológica, especialmente para la mejora del rendimiento, es buena estrategia tener en cuenta los resultados de la mejora tradicional a la hora de plantear un programa de mejora del rendimiento de cereales en cultivo ecológico (Przystalski *et al.* 2008).

Aunque muchas de las características requeridas en las nuevas variedades son comunes para ambos sistemas de cultivo, hay caracteres que tienen especial relevancia al seleccionar para agricultura ecológica como la adaptación específica de las nuevas variedades y la calidad y estabilidad del rendimiento (Löschnerberger *et al.* 2008).

La falta de agua es el principal factor limitante de la productividad de los cultivos en climas de tipo mediterráneo. Para aumentar la productividad de un cultivo es esencial asegurar la estabilidad del rendimiento frente a factores ambientales adversos como la sequía, que hace que la disponibilidad de agua por la planta sea menor y el rendimiento más bajo. El aumento del rendimiento potencial de los cereales ha sido importante en las últimas décadas como se ha demostrado en trigo (Sayre *et al.* 1997), en maíz (Ding *et al.* 2005) y en soja (Morrison *et al.* 1999), sin embargo el aumento del rendimiento en condiciones de sequía ha sido menor. Para reducir la diferencia entre el rendimiento potencial y el rendimiento en ambientes con sequía es necesario introducir en los genotipos caracteres fisiológicos que confieran tolerancia a la sequía y permitan progresar de forma eficaz en la mejora del rendimiento en ambientes en que la disponibilidad de agua por el cultivo es escasa. El conocimiento de los caracteres fisiológicos que limitan el rendimiento en condiciones de estrés ha mejorado en los últimos años (Ricards *et al.* 2002). Esto ha creado nuevas oportunidades para que los mejoradores de plantas puedan utilizar ciertas herramientas en la selección para el rendimiento del grano teniendo en cuenta caracteres fisiológicos que mejoran el rendimiento del grano en distintos ambientes (Reynolds *et al.* 1998, 1999).

El contenido en clorofilas juega un papel importante en las plantas cultivadas ya que está positivamente correlacionado con la fotosíntesis (Gummuluru *et al.* 1989), por tanto, la reducción en el contenido en clorofilas puede ser considerada como una respuesta de las plantas al estrés (Tenga *et al.* 1989). Esta reducción de la clorofila puede perjudicar el proceso fotosintético conduciendo a una reducción en la fijación de carbono, de ahí la importancia de conocer el contenido en clorofilas de las plantas cuando las condiciones medioambientales no son óptimas.

En trigo se han observado diferencias en la tasa de fotosíntesis neta entre cultivares a altas temperaturas y se ha visto que iba asociada con una bajada en la concentración de clorofila de la hoja durante el periodo de llenado del grano (Reynolds *et al.* 2000). En garbanzo se ha observado que el daño producido por el estrés en la fase reproductiva es menor cuando el contenido en clorofilas se mantiene alto al ir aumentando el estrés (Nayyar *et al.* 2005).

En los últimos años se ha obtenido una relación más directa entre el contenido en clorofilas de las hojas y el rendimiento en grano, al comprobar que la tasa de fotosíntesis neta está estrechamente asociada con la pérdida de clorofila durante el periodo de llenado del grano de los cereales. Además se ha observado la existencia de una asociación genética entre el contenido en clorofila y el rendimiento (Reynolds *et al.* 2000, Gutiérrez-Rodríguez *et al.* 2000). Esto explica la importancia creciente que va adquiriendo este carácter en la mejora de los cultivos de cereales.

Los objetivos de este trabajo fueron: 1- Estudiar la relación entre los valores de clorofila estimados con el SPAD-502 y la cantidad de clorofilas de las hojas de los materiales estudiados. 2- Ver la variación en el contenido en clorofilas de las distintas hojas de una misma planta y 3- comprobar si el contenido en clorofilas de las hojas está relacionado con el rendimiento del cultivo.

## Material y Métodos

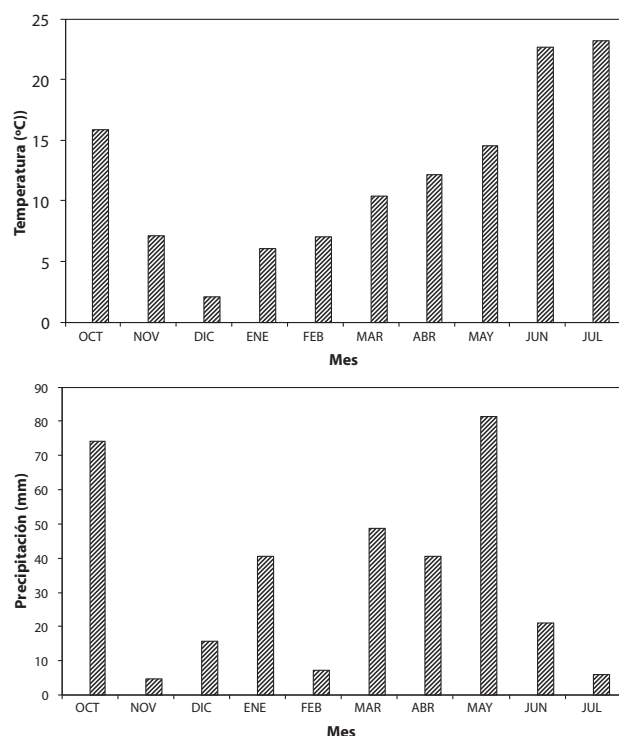
En la Finca El Encín, de la Comunidad de Madrid, se cultivaron en campo dos cebadas (una variedad comercial, Reinette y una línea de mejora, CB502) y dos variedades de trigo (Arganda, trigo blando y Camacho, trigo duro) durante la campaña 2001-2002. El ensayo constaba de tres bloques y dos tratamientos, riego y estrés hídrico. Los bloques regados se mantuvieron a capacidad de campo y a los sometidos a estrés hídrico se les suprimió el riego cuando las plantas alcanzaron el estado 41 de la escala de Zadoks (Zadoks *et al.* 1974). En cada bloque las parcelas se distribuyeron al azar. El tamaño de cada parcela era de 5 m<sup>2</sup>.

La siembra se realizó la primera semana de Noviembre.

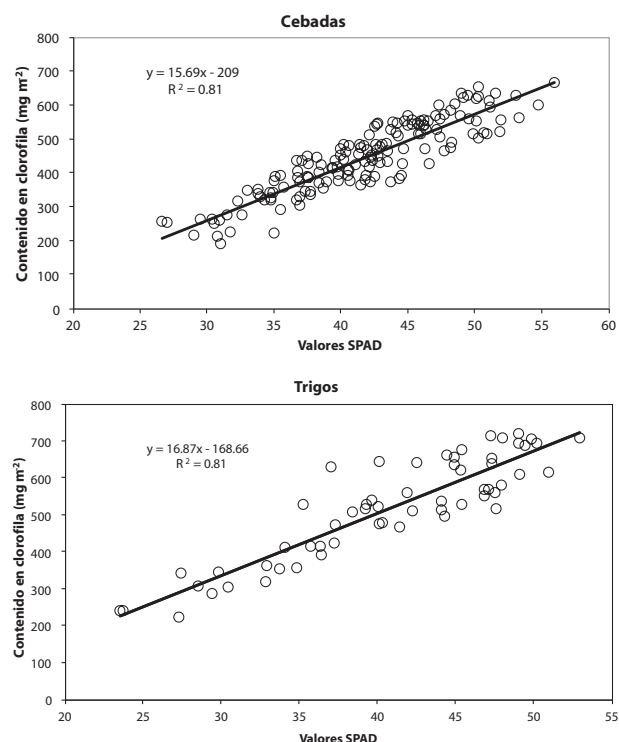
Las estimas del contenido en clorofilas se realizaron en hojas intactas con un medidor portátil SPAD-502. Las medidas se hicieron en hojas bandera del tallo principal de cada repetición y en las hojas inmediatamente inferiores identificadas como hoja 2 y hoja 3. Una vez realizadas las medidas con el SPAD, se llevaron las hojas en que se realizaron las medidas al laboratorio para la extracción de clorofilas.

Para determinar el contenido en clorofila total se homogeneizó el tejido de la hoja en N,N-dimetilformamida (DMF) y se midió la absorbancia a 647,2 nm y 664 nm en un espectrofotómetro Helios  $\alpha$ , en cubetas de vidrio, y se calculó la concentración de clorofila total utilizando los coeficientes de absorción específicos para clorofilas a y b según el método de Inskeep y Bloom (1985). Se hicieron tres muestreos desde que las plantas alcanzaron el estado de hoja bandera hasta el final del ciclo del cultivo. En cada muestreo se hicieron tres repeticiones por genotipo, utilizando dos rectángulos de 2.12 cm<sup>2</sup> de la parte central de las hojas del tallo principal en cada repetición.

Se consideraron todos los datos de forma conjunta en la recta de calibración, control y stress hídrico, al no observarse diferencias entre las rectas de regresión



**Figura 1.** Datos de temperatura y precipitación mensuales registrados en la finca El Encín durante la campaña 2001-2002.



**Figura 2.** Contenido en clorofila de las hojas en relación a los valores SPAD obtenidos para trigos y cebadas cultivados en el campo la campaña 2001-2002.

considerando los tratamientos por separado (datos no presentados).

La correlación entre el contenido en clorofilas medido en el laboratorio y los valores SPAD correspondientes en cebadas se expresan mediante la ecuación: Clorofila ( $\text{mg m}^{-2}$ ) = 15.68 (valores SPAD) – 209 y en trigo: Clorofila ( $\text{mg m}^{-2}$ ) = 16.87 (valores SPAD) – 168.66.

Los días necesarios para la emergencia y madurez de la espiga se obtuvieron contando los días transcurridos desde la siembra hasta la emergencia y madurez del 50% de las espigas, estados 55 y 92 de la escala de Zadoks. El periodo de llenado del grano se obtuvo por diferencia entre los días empleados en alcanzar la madurez y los días empleados en alcanzar la emergencia de la espiga.

Cuando el cultivo estuvo maduro se cosecharon los 4  $\text{m}^2$  centrales de cada parcela para obtener el rendimiento del grano.

Los datos meteorológicos durante la campaña se resumen en la Figura 1.

## Resultados

La relación entre el contenido en clorofila de las hojas y los valores SPAD se presentan en la Figura 2. Se observa que el coeficiente de correlación entre los valores SPAD y el contenido en clorofilas de las hojas fue muy significativo ( $p < 0.001$ ), tanto para los trigos como para las cebadas. Estos resultados indican que la estima del contenido en clorofilas de las hojas de cereales con el SPAD es de gran utilidad en el proceso de selección de plantas de trigo y cebada y que se pueden utilizar las medidas con el SPAD para cuantificar el contenido en clorofilas de las hojas una vez obtenida la recta de calibrado correspondiente. Este método se utilizó para ver la variación en el contenido en clorofila de las tres últimas hojas de una misma planta de los trigos y cebadas incluidos en el ensayo, así como las diferencias cuando los materiales crecieron con riego o sin riego al final del ciclo del cultivo.

En la Tabla 1 se presentan los datos correspondientes al contenido en clorofilas de tres hojas de distintos genotipos de trigo y cebada en condiciones de riego y de estrés hídrico terminal. Las diferencias entre riego y estrés fueron significativas para las cebadas en las tres hojas, pero en los trigos esas diferencias no fueron significativas. Esto pudo deberse a que llovió durante el periodo de llenado del grano (Figura 1), que tuvo lugar entre la segunda quincena de Abril y primera de Junio, lo que hizo que el efecto del estrés fuera menor en los trigos Arganda y Camacho que en las cebadas Reinette y CB502. Las cebadas fueron más precoces, cuando llovió estaban en un estado más avanzado que los trigos y por tanto se habían tomado las muestras antes que en los trigos, con lo que el efecto del estrés hídrico se apreció más en el contenido en clorofilas de las cebadas.

**Tabla 1.** Contenido en Clorofila ( $\text{mg m}^{-2}$ ) obtenido de las tres últimas hojas de dos trigos y dos cebadas cultivados en el campo en condiciones de riego y de estrés hídrico terminal.

| Genotipo                                       | Hoja Bandera |        | Hoja 2 |        | Hoja 3 |        | Clorofila total |
|------------------------------------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
|                                                | Riego        | Estrés | Riego  | Estrés | Riego  | Estrés |                 |
| CB502                                          | 608          | 582    | 586    | 557    | 511    | 465    | 551 ab          |
| Reinette                                       | 613          | 566    | 583    | 533    | 486    | 460    | 540 c           |
| Arganda                                        | 579          | 582    | 553    | 538    | 523    | 512    | 548 bc          |
| Camacho                                        | 636          | 624    | 573    | 574    | 517    | 501    | 571 a           |
| <b>Valor LSD para <math>p &lt; 0.05</math></b> |              |        |        |        |        |        |                 |
| Genotipo (G)                                   | 22.12        |        |        |        |        |        |                 |
| Tratamiento (T)                                | 15.16        |        |        |        |        |        |                 |
| Hoja (H)                                       | 18.64        |        |        |        |        |        |                 |
| G x T                                          | 30.34        |        |        |        |        |        |                 |
| G x H                                          | 37.29        |        |        |        |        |        |                 |
| T x H                                          | 26.39        |        |        |        |        |        |                 |
| G x T x H                                      | 52.61        |        |        |        |        |        |                 |

**Tabla 2.** Período de llenado del grano, rendimiento y peso de mil granos de dos cebadas y dos trigos cultivados en el campo en condiciones de riego y de estrés hídrico terminal.

| Genotipo                                       | P. llenado del grano (Días) |        |        | Peso del grano ( $\text{g}/4\text{m}^2$ ) |        |        | Peso de mil granos (g) |        |         |
|------------------------------------------------|-----------------------------|--------|--------|-------------------------------------------|--------|--------|------------------------|--------|---------|
|                                                | Riego                       | Estrés | Media* | Riego                                     | Estrés | Media* | Riego                  | Estrés | Media*  |
| CB502                                          | 55                          | 53     | 54 a   | 6957                                      | 6447   | 6702 a | 49.43                  | 47.49  | 48.33 a |
| Reinette                                       | 51                          | 47     | 49 b   | 7627                                      | 5910   | 6768 a | 45.96                  | 44.06  | 45.17 b |
| Arganda                                        | 53                          | 49     | 51 b   | 4323                                      | 3653   | 3988 b | 40.25                  | 39.90  | 40.33 c |
| Camacho                                        | 47                          | 41     | 44 c   | 7600                                      | 5047   | 6323 a | 49.61                  | 43.20  | 46.50 b |
| <b>Media**</b>                                 | 52 a                        | 48 b   |        | 6627a                                     | 5564a  |        | 46 a                   | 43 b   |         |
| <b>Valor LSD para <math>p &lt; 0.05</math></b> |                             |        |        |                                           |        |        |                        |        |         |
| Genotipo (G)                                   | 2.50                        |        |        | 1571                                      |        |        | 1.78                   |        |         |
| Tratamiento(T)                                 | 1.76                        |        |        | 1111                                      |        |        | 1.26                   |        |         |
| GxT                                            | NS                          |        |        | NS                                        |        |        | 2.52                   |        |         |

\*Los genotipos cuya media va seguida de la misma letra no son significativamente diferentes para un nivel de probabilidad del 5% según el test de Duncan.

\*\*Los tratamientos cuya media va seguida de la misma letra no son significativamente diferentes para un nivel de probabilidad del 5% según el test de Duncan.

Entre genotipos si hubo diferencias significativas en cuanto a la clorofila total, siendo el trigo Camacho y la cebada CB 502 los que presentaron los valores más altos y el trigo Arganda y la cebada Reinette los más bajos (Tabla 1).

Las diferencias más importantes fueron las obtenidas para las distintas hojas de una misma planta. Esas diferencias fueron significativas para todos los genotipos estudiados. Tanto en riego como en estrés, el contenido en clorofila más alto fue el correspondiente a la HB, seguido de la hoja 2, siendo el contenido en clorofila más bajo el de la hoja 3.

En la Tabla 2 se presentan los datos fenológicos y de rendimiento para todos los materiales estudiados. Considerando los valores medios de riego y estrés se puede ver que CB502 fue la que tuvo el periodo de llenado del grano más largo tanto en riego como en estrés, el rendimiento también fue más alto, junto con Reinette y Camacho que no difieren significativamente entre ellos. Sin embargo el peso de mil granos fue significativamente más alto en la línea de mejora de cebada que en los otros genotipos estudiados.

Los coeficientes de correlación entre el contenido en clorofilas de las hojas y el rendimiento fueron:  $r=0.27$ ,  $r=0.12$  y  $r=0.08$ , para HB, hoja 2 y hoja 3. Estas correlaciones fueron positivas pero no significativas. Los coeficientes de correlación entre el contenido en clorofilas de las hojas y el peso de mil granos fueron:  $r=0.50$ ,  $p<0.01$ ;  $r=0.29$ ,  $P<0.1$ ; y  $r=0.10$  ns para HB, hoja 2 y hoja 3 respectivamente. Al ver las correlaciones entre el rendimiento y el peso de mil granos con el contenido en clorofilas de las hojas se observa, en primer lugar, que esas correlaciones fueron mas altas con el contenido en clorofilas de la hoja bandera que con el de la hoja 2, siendo las correlación más bajas con el contenido en clorofilas de la hoja 3. Por otra parte, los coeficientes de correlación fueron más altos con el peso de mil granos que con el rendimiento.

## Discusión

En programas de mejora de cereales es necesario analizar un número elevado de genotipos por lo que para



que un carácter se pueda utilizar como criterio de selección en programas de mejora, es necesario que sea sencillo, fácil de medir y económico. Nuestros datos demuestran que la utilización del SPAD para medir las clorofilas de las hojas cumple esos objetivos ya que indica el contenido en clorofila de las hojas y una vez obtenida la recta de calibrado se pueden interpolar directamente los datos obtenidos con el SPAD para cuantificarla. Además, la medida con el SPAD no es destructiva con lo que no afecta al desarrollo del cultivo. Teniendo en cuenta que la hoja bandera es la que aporta más fotoasimilados al grano y que el contenido en clorofilas de hoja bandera es mayor que el de las hojas dos y tres (Tabla 1), se puede medir sólo en hoja bandera al seleccionar genotipos mejor adaptados a unas condiciones determinadas. La correlación encontrada entre contenido en clorofilas de la hoja bandera y el peso de mil granos fue más alta ( $p < 0.01$ ) que la correlación encontrada con la hoja 2 ( $p < 0.1$ ) y no significativa con la hoja 3. Estos resultados indican que la contribución de la hoja bandera al llenado del grano ha sido mayor que la de las otras dos hojas.

El rendimiento es un carácter muy complejo en el que influyen muchos factores por lo que al seleccionar materiales adaptados a climas de tipo mediterráneo es necesario tener en cuenta caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos (González *et al.* 1999, González y Ayerbe 2009) que mejoren la adaptación del cultivo a la sequía. Sin embargo las medidas de clorofilas con el SPAD es un método interesante ya que es indicativo de la actividad fotosintética, al estar ésta relacionada con el contenido en clorofilas de las hojas (Gummuluru *et al.* 1989). En general la pérdida de clorofilas es una respuesta frecuente de las plantas a diversos tipos de estrés (Tenga *et al.* 1989, Tenga y Ormrod 1990, Reynolds *et al.* 2000), ligada en la mayor parte de los casos a una reducción del intercambio gaseoso. Nosotros hemos obtenido correlaciones significativas entre el contenido en clorofilas de las hojas y el peso de mil granos. Estos resultados indican que la mayor cantidad de clorofilas durante el periodo de llenado del grano ha contribuido a mejorar la calidad del grano, aumentando su peso unitario y consecuentemente el rendimiento del cultivo. Esto se aprecia más claramente en los resultados obtenidos para CB502 (Tabla 2), que posee el peso de mil granos y el rendimiento más alto de todos los genotipos estudiados en condiciones de estrés hídrico terminal. Para el trigo Arganda ocurre lo contrario, posee el peso de mil granos más bajo y el rendimiento más bajo en esas condiciones.

## Referencias

- Backes G, Østergård H. 2008. Molecular markers to exploit genotype-environment interactions of relevance in organic growing systems. *Euphytica* 163:523-531.
- Ding L, Wang KJ, Jiang GM, Liu MZ, Niu SL, Gao LM. 2005. Post-anthesis changes in photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. *Field Crops Research* 93:108-115.
- González A, Ayerbe L. 2009. Effect of terminal water stress on leaf epicuticular wax load, residual transpiration and grain yield in barley. *Euphytica* DOI: 10.1007/s10681-009-0027-0
- González A, Martín I, Ayerbe L. 1999. Barley yield in water-stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crops Research* 62:23-34.
- Gummuluru S, Hobbs SLA, Jana S. 1989. Physiological responses of drought tolerant and drought susceptible durum wheat genotypes. *Photosynthetica* 23:479-485.
- Gutiérrez-Rodríguez M, Reynolds MP, Larque-Saavedra A. 2000. Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment. II. Traits associated with genetic gains in yield. *Field Crops Research* 66:51-62.
- Inskeep WP, Bloom PR. 1985. Extinction coefficients of chlorophyll *a* and *b* in N, N-Dimethylformamide and 80% Acetona. *Plant Physiology* 77:483-485.
- Kristensen K, Ericson L. 2008. Importance of growth characteristics for yield of barley in different growing systems: will growth characteristics describe yield differently in different growing systems? *Euphytica* 163:367-380.
- Löschenberger F, Fleck A, Gausgruber H, Hetzendorfer H, Hof G, Lafferty J, Marn M, Neumayer A, Pfaffinger G, Birschtzky J. 2008. Breeding for organic agriculture: the example of winter wheat in Austria. *Euphytica* 163:469-480.
- Morrison MJ, Voldeng HD, Cober ER. 1999. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. *Agronomy Journal* 91:685-689.
- Murphy K, Lammer D, Lyon S, Carter B, Jones SS. 2005. Breeding for organic and low-input farming systems: An evolutionary-participatory breeding method for inbred cereal grains. *Renewable Agriculture and Food Systems* 20:48-55.
- Nayyar H, Walia DP. 2004. Genotypic variation in wheat in response to water stress and abscisic acid-induced accumulation of osmolytes in developing grains. *Journal of Agronomy & Crop Science* 190:39-45.
- Przystalski M, Osman A, Thiemt EM, Rolland B, Ericson L, Østergård H, Levy L, Wolfe M, Büchse A, Piepho HP, Krajewski P. 2008. Comparing the performance of cereal varieties in organic and non-organic cropping systems in different European countries. *Euphytica* 163:417-433.
- Reynolds MP, Delgado MI, Gutiérrez-Rodríguez M, Larque-Saavedra A. 2000. Photosynthesis of

- wheat in a warm, irrigated environment. I. Genetic diversity and crop productivity. *Field Crops Research* 66: 37-50.
- Reynolds MP, Rajaram S, Sayre KD. 1999. Physiological and genetic changes of irrigated wheat in the post-green revolution period and approaches for meeting projected global demand. *Crop Science* 39: 1611-1621.
- Reynolds MP, Singh RP, Ibrahim A, Ageeb OAA, Larqué-Saavedra A, Quick JS. 1998. Evaluating physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments. *Euphytica* 100: 85-94.
- Sayre KD, Rajaram S, Fischer RA. 1997. Yield potential progress in short bread wheats in northwest Mexico. *Crop Science* 37: 36-42.
- Tenga AZ, Ormrod DP. 1990. Diminished greenness of tomato leaves exposed to ozone and post-exposure recovery of greenness. *Environmental Pollution* 64: 29-41.
- Tenga AZ, Marie BA, Ormrod PD. 1989. Leaf greenness meter to assess ozone injury to tomato leaves. *HortScience* 24: 514.
- Wolfe MS, Baresel JP, Desclaux D, Goldringer I, Hoad S, Kovacs G, Löschnerberger F, Miedaner T, Østergård H, Lammerts van Bueren ET. 2008. Developments in breeding cereals for organic agriculture. *Euphytica* 163: 323-346.
- Zadoks JC, Chang TT, Kozank CF. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.



# AGROECOLOGÍA

## *Información para los autores y política editorial*

La revista de *Agroecología* editada por la Facultad de Biología de la Universidad de Murcia, a través del Servicio de Publicaciones de esta Universidad, en colaboración con la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE), publica en inglés, español y portugués, resultados de investigación en todos los campos de la Agroecología.

### **Agroecología acepta:**

- artículos originales sobre temas agroecológicos.
- comunicaciones breves de hasta dos páginas manuscritas
- reseñas bibliográficas

### **1. Extensión de los artículos**

Los artículos no deben exceder 25 páginas impresas en DIN A4, a doble espacio y tamaño de letra 12. Como procesador de texto se utilizará preferentemente Microsoft Word.

### **2. Presentación de los manuscritos**

La primera página de cada manuscrito debe contener:

Título del artículo, nombre de los autores y dirección e-mail, teléfono y fax del autor responsable de la correspondencia.

Resumen, que no excederá de 250 palabras, y de 3 a 7 palabras claves. Resumen y palabras claves en inglés y español o portugués.

Las siguientes secciones incluirán el contenido usual: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos, Referencias (ver a continuación), Tablas (ver a continuación), Ilustraciones (ver a continuación), Leyendas (ver a continuación).

### **3. Tablas**

Cada tabla (Tabla 1) debe ser presentada por separado, numerada y estará referida en el texto.

### **4. Figuras**

Los dibujos (Fig. 1) pueden ser enviados como originales o como fotografías en blanco y negro bien contrastadas y de alta calidad.

### **5. Fotografías y microfotografías**

Deben ir numeradas secuencialmente con las figuras. Se debe incorporar una escala en el lugar que se estime apropiado. El autor debe utilizar sus propios

símbolos, números y letras tanto para las figuras como para las fotografías. El nombre del autor/es del artículo y el número de la figura debe escribirse en el dorso de la misma.

### **6. Leyendas**

Las leyendas de las tablas y figuras, convenientemente numeradas, deben escribirse todas juntas en páginas separadas del resto del artículo.

### **7. Referencias**

Corresponderán únicamente a los trabajos, libros, etc., citados en el texto y se escribirán según el siguiente modelo:

#### a) Para artículos en revista

Packer C. 1983. Sexual dimorphism: the horns of African antelopes. *Science* 221: 1191-1193.

Boyer HW, Roulland-Dussoix D. 1969. A complementation analysis of the restriction and modification of DNA *Escherichia coli*. *Journal of Molecular Biology* 41: 459-465.

Klos J, Kuta E, Przywara L. 2001. Karyology of *Plagiomnium*. I. *Plagiomnium affine* (Schrad.) T. Kop. *Journal of Bryology* 23: 9-16

Usar los nombres de las revistas completos, no en abreviación.

#### b) Para libros, tesis y otras publicaciones no periódicas

Whelan RJ. 1979. The ecology of fire. Cambridge: Cambridge University Press.

#### c) Para artículos y capítulos de contribuciones en libros

Huenneke LF. 1991. Ecological implications of genetic variation in plant population. In *Genetics and conservation of rare plants* (Falk DA, Holsinger KE, eds.). Oxford: Oxford University Press, pp. 31-44.

#### d) Los trabajos en prensa

Sólo se citarán si han sido formalmente aceptados para su publicación, su reseña se hará como sigue:

Werner O, Ros RM, Guerra J. in press. Direct amplification and NaOH extraction: two rapid and simple methods for preparing bryophyte DNA for polymerase chain reaction (PCR). *Journal of Bryology*.

La lista bibliográfica de un trabajo se establecerá or-

denando las referencias alfabéticamente por autores (y cronológicamente para un mismo autor, añadiendo las letras a, b, c, etc., a los trabajos del mismo año). En el texto, las referencias bibliográficas se harán de la manera usual: "según Packer (1983)", "el ahorro energético (Margalef 1983)", "en trabajos recientes (Ritley 1981, Rufoss & Canno 1999)", etc. Se citarán los autores por su apellido cuando éstos sean uno o dos (Kumagai & Hasezawa 2000), pero no cuando sean más de dos, empleándose entonces, la abreviación de *et alii* (Sunderesan *et al.* 1999).

## 8. Unidades

*Agroecología* sigue el Sistema Internacional de Unidades (SI).

## 9. Abreviaturas

Las abreviaturas de uso no común deben ser explicadas.

## 10. Pruebas de imprenta

Cada autor recibirá una prueba de imprenta de su trabajo. El autor debe ajustarse a los plazos de devolución de las pruebas corregidas y evitar la introducción de modificaciones importantes al texto original. La corrección de pruebas deberá hacerse según pautas y

símbolos internacionalmente admitidos, de los que se adjuntará una muestra con las galeras. En las galeras corregidas se indicará (al margen) el lugar aproximado del texto en el que colocar las distintas figuras y tablas.

## 11. Advertencia final

Los autores deben evitar rigurosamente el uso de negritas, mayúsculas, subrayados, etc., en la totalidad del manuscrito. Subrayar sólo los nombres científicos de géneros, especies, subespecies, etc.

## 12. Envío de los trabajos originales

Toda la correspondencia relativa a la publicación de artículos en **Agroecología** puede enviarse:

a) Por correo electrónico (e-mail) a la dirección: jmegea@um.es

b) Por envío postal (original y disquette o CD-ROM, con el texto, cuadros y figuras) a:

José M. Egea  
Dpto. de Biología Vegetal (Botánica)  
Facultad de Biología  
Universidad de Murcia  
Campus de Espinardo  
30100 Murcia. España



# AGROECOLOGÍA

## *Instructions for authors and editorial policy*

### Instructions for authors and editorial policy

*Agroecology* Journal is being edited by the Faculty of Biology of the University of Murcia (Spain), Publishing Service, in collaboration with the Spanish Society for Organic Farming (Sociedad Española de Agricultura Ecológica, SEAE). The contents are accepted research results from all fields of Agroecology, in English, Spanish or Portuguese.

*Agroecology* paper acceptance:

- original research papers on Agroecology
- short notes up to 2 printed pages
- book reviews

### 1. Size or length of papers documents

Papers should not exceed 25 printed pages in DIN A4, double space and word writing size 12. Text processing preferable will be Microsoft Word.

### 2. Organization of the manuscript

The first page of each manuscript should indicate:

The title, the author's names and the name, address, e-mail, phone and fax number of the corresponding author and 3 to 7 key words. The Abstracts must not exceed 250 words. Abstracts and key words in English and Spanish or Portuguese

The following sections covering the usual contents:

Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References (see below), Tables with figures (see below), Illustrations or graphics (see below), Legends (see below).

### 3. Tables

Each table (Table 1) should be typed on a separated sheet, numbered and should be referred to in the text.

### 4. Figures

Line drawings (Fig. 1) can either be submitted as original drawings ready to print or as clean and sharp glossy black and white photographs.

### 5. Photographs and microphotographs

Photographs should be numbered in sequence with the figures. A scale bar should be drawn where appropriate. Authors should use their own symbols, numbers and lettering to figures, including photographs. The

author's name and the number of the figure should be written on the back of each figure.

### 6. Legends

Legends of tables and figures conveniently numbered should be typed on a separate sheet and not written on the figures.

### 7. References

Should be restricted to books, papers, etc., cited in the paper, and should be presented according to the style shown below:

#### a) Articles from journals

Packer C. 1983. Sexual dimorphism: the horns of African antelopes. *Science* 221: 1191-1193.

Boyer HW, Roulland-Dussoix D. 1969. A complementation analysis of the restriction and modification of DNA *Escherichia coli*. *Journal of Molecular Biology* 41: 459-465.

Klos J, Kuta E, Przywara L. 2001. Karyology of *Plagiomnium*. I. *Plagiomnium affine* (Schrad.) T. Kop. *Journal of Bryology* 23: 9-16

Write out the journal names in full.

#### b) Books, Theses and other sporadic publications

Whelan RJ. 1979. The ecology of fire. Cambridge: Cambridge University Press.

#### c) Articles and chapters from books

Huenneke LF. 1991. Ecological implications of genetic variation in plant population. In *Genetics and conservation of rare plants* (Falk DA, Holsinger KE, eds.). Oxford: Oxford University Press, pp. 31-44.

#### d) Papers in press

Should only be quoted if they have been accepted for publication, their quotation should be as follows:

Werner O, Ros RM, Guerra J. in press. Direct amplification and NaOH extraction: two rapid and simple methods for preparing bryophyte DNA for polymerase chain reaction (PCR). *Journal of Bryology*.

References must be given in alphabetical order of authors (and chronologically for the same author, adding the letters a, b, c, etc. for papers of the same year). In

the text, references should be cited in the conventional manner: "according to Packer (1983)"; "the energy saving (Margalef 1983)"; "in recent papers (Ritley 1998, Rufoss & Canno 1999)", etc. Authors will be mentioned by their surnames (without initials) when they do not exceed two (Kumagai & Hasezawa 2000) and by "*et al.*" when more than two (Sunderesan *et al.* 1999).

## 8. Units

*Agroecology* uses SI units (Système International d'Unités).

## 9. Abbreviations

Uncommon abbreviations should be explained.

## 10. Proofs

Authors will receive one set of proofs of their paper. Authors should obey the dead lines of the corrected proofs and should avoid introducing extensive modifications of the original text. Correction of proofs should be done according to international symbols

and standards, an example of which will be enclosed with the galley-proof. The approximate place to insert figures and tables should be indicated on the corrected proofs.

## 11. Final remark

Avoid bold, italic, capital letters, etc. in the manuscript, only underline scientific names of genus, species, subspecies, etc.

## 12. Submission of papers

All the communication regarding articles and publication of the **Agroecología** Journal can be sent to:

c) Per e-mail to: [jmegea@um.es](mailto:jmegea@um.es)

d) Per conventional Post (original and disquette or CD-ROM, with the text, tables and figures) to:

José M. Egea

Dpto. Biología Vegetal (Botánica)

Facultad de Biología

Universidad de Murcia

Campus de Espinardo, s/n

30100 Murcia. Spain



# BOLETÍN DE SUSCRIPCIÓN, COMPRA O INTERCAMBIO (SUBSCRIPTION ORDER)

## Enviar a (Send to):

Servicio de Publicaciones  
Universidad de Murcia  
C/. Actor Isidoro Máiquez. 9.  
30007 MURCIA (España)  
Tlfno.: 968 36 30 11 y 12 (Internacional: +34 968 36 30 12)  
Fax: 968 36 34 14 (Internacional: 34 968 36 34 14)

## 1.- Suscripción:

Desde año:..... Número:..... inclusive.

## 2.- Números atrasados:

Desde año:..... Número:..... inclusive.

## Forma de pago

- Talón o cheque bancario a nombre de Universidad de Murcia (Servicio de Publicaciones)
- Transferencia a la c/c nº 00496660702416026835 código de ingreso 5103C Banco de Santander.  
C/. Trapería, 5. 30001 Murcia (España)

## Sólo para extranjeros

Si pagan mediante cheque bancario deberá ser en euros. Si trabajan con bancos extranjeros tendrán que añadir 9 €.

## Precios de suscripción:

- Suscripción normal: 30 € + gastos de envío (foreign countries: 30 U.S. \$ + postage and packing cost.)
- Número atrasado (delayed number): 30 € + gastos de envío (30 U.S. \$ + postage and packing cost.)

## Datos personales

Nombre y apellidos o razón social: .....

NIF. o CIF: .....

Calle/plaza: .....

Código postal:..... Ciudad:..... Provincia:.....

País:..... Tfno.:..... Fax:.....

## Para intercambios

Enviar solicitud a: Universidad de Murcia. Biblioteca General. Intercambios. 30071 MURCIA.  
Teléfono: 968 36 36 92 • Fax: 968 36 78 09 • e-mail: mdem@um.es

Publicación que se ofrece en intercambio (Título, dirección):

.....  
.....  
.....

