

PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO AGROPECUARIO DEL CONO SUR  
PROCISUR  
Montevideo, Uruguay

---

Subprograma Recursos Naturales y  
Sostenibilidad Agrícola

# **LIBRO VERDE**

## **ELEMENTOS PARA**

### **UNA POLITICA AGROAMBIENTAL**

#### **EN EL CONO SUR**

Coordinador: *Ing. Ernesto Viglizzo*

Montevideo, Uruguay  
Octubre 1997

---

ARGENTINA - BOLIVIA - BRASIL - CHILE - PARAGUAY - URUGUAY

**IICA**  Instituto Interamericano de  
Cooperación para la Agricultura

1ª Edición: Octubre 1997

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del PROCISUR.

Edición: Juan P. Puignau  
Diagramación y armado: Cristina Díaz

Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur.  
Libro Verde: elementos para una política agroambiental en el Cono Sur / PROCISUR. Sub Programa Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola. -- Montevideo : PROCISUR, 1997. 206 p.

/SOSTENIBILIDAD/ /AGRICULTURA/ /MEDIO AMBIENTE/ /RECURSOS NATURALES/ / POLITICA AMBIENTAL//POLUCION/

ISBN 92-9039-339 4

AGRIS P01

CDD 630

*Las ideas y planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios de los autores y no representan necesariamente el criterio de las instituciones integrantes del PROCISUR.*

# INDICE

<b>Prólogo</b> , por <i>Roberto M. Bocchetto</i> .....	i
<b>Prefacio</b> , por <i>Ernesto F. Viglizzo</i> .....	1
<b>Capítulo 1.</b> Rol del sistema científico-tecnológico para el desarrollo sustentable de la agricultura, por Roberto Díaz Rossello .....	3
<b>Capítulo 2.</b> Educación para el desarrollo de una agricultura sustentable, por Alvaro Díaz e Ignacio Porzecanski. ....	17
<b>Capítulo 3.</b> Monitoreo ambiental y sistemas de información para la evaluación de la relación agricultura-medio ambiente, por José Carlos N. Epiphanio .....	35
<b>Capítulo 4.</b> Uso sustentable de tierras y aguas en el Cono Sur, por Ernesto F. Viglizzo.....	53
<b>Capítulo 5.</b> Gestión de recursos vulnerables y degradados, por Juan Gastó, León D. Vélez y Carlos H. D'Angelo .....	75
<b>Capítulo 6.</b> Manejo y conservación del recurso suelo, por José L. Panigatti .....	117
<b>Capítulo 7.</b> Biodiversidad: importancia, tendencia y estado actual en algunos ecosistemas del Cono Sur, por Tomás Schlichter, Manuel Aguilera, Never Bonino y Leonardo Gallo. ....	129
<b>Capítulo 8.</b> Manejo integrado de plagas, enfermedades y plantas dañinas en agroecosistemas, por Odair A. Fernandes .....	151
<b>Capítulo 9.</b> Contaminación ambiental por pesticidas en el Cono Sur. Una revisión de la literatura, por Geraldo Stachetti Rodrigues. ....	161
<b>Capítulo 10.</b> Doce recomendaciones a los países para instrumentar una política agroambiental en la región. ....	187
<b>Anexo 1.</b> Capítulos de la Agenda 21 directamente vinculados a la problemática agroambiental. ....	195
<b>Anexo 2.</b> Indice de autores. ....	201

## PRÓLOGO

**E**n 1993 el PROCISUR modifica su estrategia para dar respuesta a las nuevas demandas ambientales y agroindustriales en el marco del proceso de globalización e integración regional. Ha venido concretando este cambio mediante el trabajo articulado de cinco Subprogramas: Biotecnología, Recursos Genéticos, Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola (Ambiente), Agroindustria y Desarrollo Institucional. La acción de los mismos se plasma en un nuevo modelo de convergencia e integración tecnológica en el nivel subregional, apoyado desde el área de escenarios y políticas.

En este marco el Subprograma de Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola fue construyendo una nueva visión de cómo dar tratamiento a los problemas ambientales, en forma integrada con los económicos y sociales. Es así que a partir de una preocupación de base netamente ética y ecologista intentó penetrar la realidad de los problemas ambientales a nivel de los sistemas de producción, para expandir posteriormente el accionar al monitoreo y valoración económico/social de la base agroecológica; llegando en la actualidad a poner especial atención en las restricciones ambientales que está imponiendo el mercado internacional. Durante esa trayectoria el Subprograma fue mostrando que no es suficiente definir indicadores de la cuestión ambiental si no se dispone de referenciales para orientar las políticas y esquemas institucionales que aseguren un aceptable desempeño agroambiental.

El PROCISUR asigna un rol destacado a la competitividad como estrategia central para responder a las señales y demandas de los mercados que fluyen a través de las cadenas agroalimentarias. Reconoce al mismo tiempo, que los perfiles de competitividad deben estar acotados por restricciones que se corresponden con el uso racional de los recursos naturales y del medio ambiente, debiendo abastecerse desde la investigación el espectro tecnológico capaz de atender las demandas de los diferen-

tes agentes sociales comprometidos en la generación del excedente económico. La innovación juega además el papel prospectivo de prever y promover cambios en el modelo de desarrollo y pautas de consumo que incrementen las potencialidades productivas para satisfacer las futuras demandas de la sociedad.

En este cuadro de necesidades presentes y futuras el mercado es el instrumento clave en la asignación de los recursos y productos a través del mecanismo de precios. No obstante, debe operar dentro una matriz político-institucional de incentivos y controles que induzcan la búsqueda de un equilibrio socialmente aceptable entre crecimiento económico/competitividad, conservación de la base ambiental y concreción de niveles de ingreso satisfactorio para los diferentes agentes económicos que participan desde el sector del trabajo y del capital. Ineludiblemente la búsqueda histórica de este equilibrio constituye un problema de política y no de mercado. Si el funcionamiento del mercado no arroja un equilibrio socialmente satisfactorio es responsabilidad del Gobierno a través de la política, como así también, de la sociedad civil mediante la participación y el control de sus organizaciones, promover cambios en la matriz de restricciones e incentivos para cumplir con ese objetivo fundamental.

Para asegurar una utilización más racional de la base ambiental, dentro de la política global de Gobierno juegan un papel estratégico aquellos componentes más directamente relacionados con el ordenamiento territorial, la transformación de los procesos productivos y tecnológicos, así como, con la estructura de incentivos. La definición de estas políticas es una actividad estrictamente articulada a la heterogeneidad agroambiental y en tal sentido adquiere niveles de especificidad con las dimensiones demográfica, ecológica, económica, tecnológica y social que determinan el desempeño de los sistemas agropecuarios y agroalimentarios en los niveles regional y local. En el caso específico del Cono Sur, el MERCOSUR imprime a esa realidad nuevas reglas de juego dadas por el

incremento sustantivo del flujo de insumos, capitales (económico y humano) y productos que promueven las fuerzas comerciales contenidas cada vez más dentro de una estrategia política, económica y social propia del bloque regional.

La formulación de las políticas agroambientales que deben insertarse en esta heterogeneidad espacial y proceso de integración regional precisa de pautas conceptuales y técnicas que induzcan la construcción de perfiles de competitividad adecuados a las exigencias de la apertura económica y del comercio internacional, con eficiencia ambiental y social. El Libro Verde elaborado en el ámbito del Subprograma de Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola es una contribución del PROCISUR a ese propósito.

Recientemente buscamos analizar las condicionantes del desarrollo tecnológico en el marco del proceso de globalización e integración regional a través del documento: "El cambio global y el desarrollo tecnológico

agropecuario y agroindustrial del Cono Sur". Paralelamente, intentamos entender mejor las nuevas demandas agroindustriales realizando el "Mapeo tecnológico de cadenas agroalimentarias en el Cono Sur" plasmado en otro documento de trabajo. Con el Libro Verde deseamos contribuir a clarificar las demandas ambientales y las necesidades de políticas que las institucionalicen y legitimen dentro de la generación del excedente económico de las sociedades nacionales y del bloque regional.

Estos tres documentos constituyen un primer producto conjunto que genera el PROCISUR como resultado de un proceso de reingeniería en plena consolidación que pretende constituirlo en un referencial institucional de reconocido nivel intelectual y profesional para el desarrollo tecnológico agropecuario y agroindustrial del Cono Sur.

**Roberto M. Bocchetto**  
Secretario Ejecutivo  
del PROCISUR

## P R E F A C I O

**E**l Libro Verde del PROCISUR intenta ser no más que una guía conceptual para definir lineamientos de política agroambiental. Su área de influencia es el Cono Sur como región integrada y, por supuesto, los propios países que lo cohabitan. La idea es contribuir a llenar un vacío perceptible que los decisores políticos encuentran cada vez que les toca diseñar estrategias que armonicen los problemas del ambiente con los de la sociedad y los de la economía.

Los problemas que emergen de la relación entre el ambiente y las actividades humanas son hoy tan complejos, variados, localizados e impredecibles, que todo intento de generalizar normas y políticas tropieza a menudo con dificultades insalvables. Cada tiempo, cada lugar, cada problema tienen particularidades que conspiran contra la generalización. No resulta sencillo trasplantar una legislación agroambiental de un país templado a un país tropical. Ni tampoco aplicar como tal la legislación creada 20 ó 30 años atrás para resolver problemas que hoy no existen o no tienen la magnitud de antes. El problema se complica aún más si aceptamos que distintos países, provincias o estados han creado, a través de los años, normas y regulaciones propias, heterogéneas, a menudo divergentes, que resultan de difícil armonización. En el campo agroambiental, la generalización es siempre riesgosa. No obstante, como siempre, existen principios generales, con validez universal, que pueden servir de guía para formular una norma o instrumentar una política. Conscientes de las limitaciones apuntadas, hacia esos principios apuntamos en esta obra. Una vez delineados, cada región, país, provincia o estado puede adaptar estos principios a sus demandas específicas.

Son destinatarios naturales de esta obra todos los órganos de gobierno, instituciones, grupos o personas involucradas, directa o indirectamente, con la formulación de normas y la instrumentación de políticas para el sector rural y el ambiente.

Es éste un emprendimiento cooperativo inédito entre los países que integran el PROCISUR. Los distintos temas desarrollados se asignaron a especialistas de los países miembros que acreditaron experiencia y conocimiento científico en la problemática abordada. Con ellos se conformó un grupo interdisciplinario de trabajo que, durante tres años consecutivos, se abocó a la tarea de rastrear, revisar, organizar y articular la información disponible. Cada capítulo se encuadró en un marco teórico inicial que sirvió de fundamento para las recomendaciones que cada autor formuló al final de su trabajo.

Para encuadrar el trabajo dentro de pautas ampliamente aceptadas por la comunidad internacional, las temáticas agroambientales tratadas en cada capítulo fueron seleccionadas en base a prioridades establecidas en la Agenda 21. Sin duda, la Agenda 21 es el programa internacional más influyente, amplio y ambicioso que se ha elaborado para orientar y ordenar la relación entre el desarrollo y el ambiente. Recibió, en la Cumbre de Río de Janeiro de 1992, el apoyo de 180 países que lo adoptaron por consenso. El Libro Verde intenta extender algunos postulados de la Agenda 21 a la región a través de un tratamiento ampliado de esas temáticas.

La obra está acotada al tratamiento de temáticas institucionales y tecnológicas soslayando, en esta primera edición, aspectos relativos a doctrinas políticas y sus instrumentos de aplicación, a economía y a contabilidad de los recursos naturales, y a la evaluación de impactos ambientales. La adquisición de una base científica más amplia para tratar estos temas, permitirá en su momento ampliar los alcances de este trabajo.

El Libro Verde cierra su contribución con una docena de recomendaciones sobre política agroambiental que el Subprograma de Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del PROCISUR hace a los gobiernos del Cono Sur. Estas recomendaciones sur-

gen como producto de los fundamentos bosquejados por los especialistas que trataron cada capítulo. No obstante, ellas no necesariamente coinciden con las recomendaciones efectuadas por los autores de capítulo. Tampoco el Subprograma hace propias ni asume responsabilidad sobre las recomendaciones individuales de aquéllos; simplemente ha consultado sus valiosos puntos de vistas sobre problemáticas específicas para elaborar, desde una visión integral, sus propias recomendaciones.

Tenemos en PROCISUR fundadas expectativas de que esta obra llegue a sus destinatarios y pueda influir positivamente sobre ellos. Nuestra misión estaría salvada si alguna vez vemos reflejadas nuestras ideas en alguna legislación o política que apunte a armonizar la relación agricultura-ambiente en la región. Significaría, para nosotros, saber que no hemos sembrado en el desierto y que el esfuerzo invertido no ha sido en vano.

**Ernesto F. Vigilzo**  
Coordinador Internacional del  
Subprograma Recursos Naturales y  
Sostenibilidad Agrícola

# CAPÍTULO 1

## ROL DEL SISTEMA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA AGRICULTURA

---

ROBERTO DÍAZ ROSSELLO

# Rol del sistema científico-tecnológico para el desarrollo sustentable de la agricultura

Roberto Díaz Rossello \*

## INTRODUCCIÓN.

Esta temática puede ser analizada desde distintas aproximaciones y explorar dimensiones del tema muy amplias. Ciertamente, ya que se trata de un documento elaborado por una organización como PROCISUR, el enfoque del tema será en las dimensiones regionales de los países del Cono Sur y desde la perspectiva de los Institutos de Investigación Agropecuaria (INIAs) y sus vinculaciones con el resto del Sistema Científico-Tecnológico (SCT).

El deterioro ambiental como consecuencia de los procesos productivos no es simplemente un efecto marginal indeseable que puede ser corregido con simples "ajustes" del proceso tecnológico. Es por el contrario lógico resultante, de un modelo económico que sobrevalora la "productividad" de la mano de obra y del capital en perjuicio de los recursos naturales. Se privilegia el consumo actual sobre el futuro. Por tanto, la política tecnológica solo podrá modificarse en la medida que cambien los valores de la sociedad y ellos se manifiesten en una nueva política económica. En la actualidad se asiste a la revalorización social de los recursos naturales y su preservación con procesos productivos sustentables, lo que inevitablemente demandará cambios de políticas e instituciones de modo que obligarán a revisar el rol del SCT y en particular el rol tradicional de los INIAs orientado hacia el desarrollo y difusión de tecnologías mayoritariamente productivistas.

Los fenomenales cambios que se viven en la evolución política, económica y social plantean un período de fuerte transición en la agricultura y consecuentemente en los desafíos que enfrentan sus organizacio-

nes. Los cambios son tan grandes y continuados que quizás hacen de la transición un estado permanente al que habrá que adaptarse con estructuras institucionales mucho más flexibles y dinámicas que las heredadas.

Para el abordaje de este tema, se tienen muchas más incertidumbres que seguridades, pues en un terreno tan complejo y cambiante no vale simplemente proyectar nuestras experiencias hacia el futuro. Por consiguiente, aquí se plantean algunas de las muchas interrogantes que se comparten en los cometidos de los INIAs y sus relaciones con el resto del SCT, desde la educación hasta la diseminación de los conocimientos, en lo interno de cada nación y en la integración regional. Develarlas será una tarea continua y compleja que permitirá anticipar y corregir el rumbo del desarrollo tecnológico sustentable.

## ROL DE LOS INIAs EN EL SISTEMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (SCT).

La sustentabilidad concebida como una relación de largo plazo entre el ser humano y la naturaleza se ha instalado como un reto impostergable para nuestras sociedades. Los sistemas de producción agrícola son, por su alcance territorial, la relación más importante que se establece entre el hombre y los recursos naturales. Eso es muy visible cuando se lo compara con la importancia territorial del urbanismo, la industria o la explotación minera. Por consiguiente, la degradación de los recursos naturales que se deriva de su uso productivo con tecnologías que no contemplan su preservación es de la mayor relevancia.

Como se verá más adelante, la sociedad le ha conferido a los INIAs la responsabilidad de crear y diseñar la mayor parte de las tecnologías que tienen que ver con el manejo productivo de los recursos naturales y por lo tanto a ellos les cabe la máxima responsabilidad para implementar sus soluciones.

---

\* *Ingeniero Agrónomo, MSc., INIA la Estanzuela, Colonia, Uruguay.*

Ese rol clave y relevante es el que justifica esta visión de la organización del SCT a partir de su actor protagónico y sus relaciones con las otras organizaciones involucradas.

Los INIAs conjugan dos factores claves para actuar como articuladores de la temática tecnológica relativa a la sostenibilidad: a) Su amplia cobertura territorial mediante redes de estaciones experimentales con fuerte presencia regional donde realmente se desenvuelven los diferentes sistemas productivos, y b) En general las organizaciones de los productores y el estado son socios en el financiamiento y en ocasiones en la conducción de la actividad institucional.

Las relaciones que existían en el pasado dominado por la creación y transferencia de tecnologías productivistas son exiguas e inadecuadas para las demandas de relacionamiento horizontal que requiere el éxito en la adopción de sistemas de producción tecnológicamente sostenibles.

## **ANTECEDENTES Y NATURALEZA DE LA DEMANDA TECNOLÓGICA.**

Los INIAs en América Latina, y en particular los del Cono Sur, han tenido muchos rasgos comunes en su enfoque de la tecnología agrícola, desde su instalación luego de la Segunda Guerra Mundial. Su diseño original se orientó a transferir y adaptar las emergentes tecnologías agrícolas de los países desarrollados para aumentar la producción. Así en la década del cincuenta se crearon numerosos Servicios de Extensión Agrícola. Ya a comienzos de los años sesenta se reconoció la necesidad de adaptar la tecnología a las condiciones locales. Luego de un período inicial, en que ese tipo de investigación quedó en manos de unidades de investigación en los Ministerios de Agricultura, pasó en muchos países a Institutos semi-autónomos.

Durante las décadas del '60 y '70 la descentralización y autonomía tuvieron un cariz esencialmente administrativo y financiero, ya que el Estado lideró la política de reconversión tecnológica de la producción. Esa situación era consecuencia de la ideología dominante, que daba al Estado la promoción del desarrollo económico. En la visión agroexportadora de los países del Cono Sur sustancialmente se orientó a desarrollar la economía mejorando tecnológicamente la competitividad de los productos exportables, sin descuidar aquellos rubros que mediante la reducción de

los precios urbanos de la alimentación se reducía la inflación. El objetivo casi exclusivo de la investigación y de sus resultados tecnológicos era la productividad.

Debe admitirse que el modelo fue exitoso y que los incrementos de productividad de los grandes rubros fueron muy altos a pesar de la ausencia de protección y de algunas políticas que discriminaron contra la agricultura, en beneficio de otros sectores.

Asimismo, debe reconocerse que tempranamente los Servicios de Extensión Agrícola desaparecieron o soportaron crisis crónicas. Ese fracaso no es ajeno a que las tecnologías disponibles no fueron un instrumento eficaz para mantener y desarrollar a los pequeños agricultores dentro del modelo de crecimiento de la productividad. Precisamente en esos sistemas de producción es donde se observan las situaciones más críticas de sostenibilidad productiva.

El modelo de producción general no dejó de ser intensivo en el uso de recursos naturales y escasamente la temática de la erosión figuraba en el inventario de los proyectos tecnológicos. Eran casi inexistentes otras temáticas como la conservación de los recursos genéticos, el seguimiento de la contaminación ambiental con agroquímicos, etc.

Desde fines de los años '70 y durante la década de los '80 comienzan a visualizarse diversos cambios, asociados a la apertura de las economías, que desembocan en el siguiente escenario de demanda de tecnología en el que actualmente el SCT se tiene que desempeñar:

- Continúa la presión por incrementos en la productividad.
- La demanda de los sectores urbanos y los mercados desarrollados se diversificó en gran variedad de nuevos productos y en pluralidad de nuevos sistemas productivos que atender.
- Emerge la demanda de calidad - principalmente en productos exportables - que requiere tecnología en el sistema productivo, de procesos y mercadeo.
- Preocupación creciente por la preservación de los recursos naturales con sistemas de producción sustentables.
- Los cambios ambientales globales preocupan en sus efectos sobre los sistemas productivos y como éstos puede contribuir a mitigarlos.

- Disminuyen las oportunidades en áreas de tecnología apropiable porque la ocupa rápidamente el sector privado.

En resumen, se aprecia que crece la demanda por tecnología pero ella es mucho más diversificada y obliga a conciliar objetivos tecnológicos múltiples - muchas veces en conflicto - para que la tecnología sea viable. Por otra parte se diversifican los grupos de interés directo en los productos resultantes de los objetivos arriba descritos. Ya no son sólo los productores los principales beneficiarios, sino que las agroindustrias demandan productos diversificados y mejoras en la calidad. Los proveedores de insumos (agroquímicos, inoculantes, maquinaria, cultivares, etc) demandan evaluación y adaptación a los sistemas de producción.

Por encima de todo siempre el Estado tiene intereses pero particularmente en las temáticas ambientales pues representa a la sociedad. Todos esos grupos de interés pueden inducir modificaciones en la estructura del SCT al ser potenciales orientadores, conductores y financiadores de la actividad.

La demanda por tecnología también crece porque no sólo existe mayor conciencia social acerca del rol de la tecnología como factor estratégico de desarrollo, sino porque en muchas de nuestras economías la agricultura está llamada a desempeñar un rol central en el modelo económico. Las políticas macroeconómicas tienden a no discriminar contra la agricultura y lentamente aunque consistentemente los subsidios en las economías desarrolladas probablemente declinan.

A esa percepción económica, se agrega que el Cono Sur de Latinoamérica dispone privilegiadamente de una de las reservas de tierras y clima más productivos, con quizás la única frontera agrícola del mundo con posibilidad de crecimiento significativo.

También el modelo de apertura generó cambios en las instituciones involucradas en la generación y transferencia:

- La crisis fiscal disminuyó la disponibilidad de fondos públicos y los institutos de investigación debieron procurar nuevas fuentes de financiamiento mediante convenios con empresas públicas y privadas; cobro de royalties por las tecnologías apropiables; facturación de servicios; desarrollo de consultorías, etc.

- Crecen las universidades e institutos privados que realizan investigación y compiten con las Facultades agrarias por recursos públicos y privados.

- Los organismos de extensión sufren muy grandes reducciones de presupuesto y de recursos humanos y crece la asistencia técnica privada.

- Emergen las organizaciones no gubernamentales (ONGs) particularmente con un rol muy activo en las temáticas de preocupación ambiental.

## **CAPACIDADES Y RESTRICCIONES DEL SCT PARA LA INVESTIGACIÓN.**

### **INIAs**

La actividad tradicional y dominante de los INIAs ha sido el mejoramiento genético vegetal. Esa actividad se organizó principalmente por rubros y lideró la investigación de otras disciplinas como: fitopatología, entomología, control de malezas, suelos, semillas, etc. La razón de esta supremacía del mejoramiento era que por un lado, era la única disciplina plenamente identificada con un solo rubro y por otro que el enfoque prevalente pretendía la elaboración de "paquetes tecnológicos" por rubro que acompañaban el lanzamiento de los nuevos cultivares.

En los años '70 en muchos INIAs del Cono Sur se fortalece el enfoque sistemológico de la investigación y se desarrollan investigaciones orientadas por sistemas físicos y modelos productivos. También en esos años crece la preocupación por el deterioro productivo de muchos suelos de alta capacidad agrícola y se sientan las bases experimentales de los sistemas de producción más diversificados y de las tecnologías de conservación de suelos.

Hacia fines de los '80 se verifica un cambio de prioridades hacia la sostenibilidad productiva. Casi todos los INIAs adoptaron la terminología de agricultura sostenible e incorporaron la sostenibilidad como uno de sus principales objetivos. Sigue creciendo la demanda por tecnologías sustentables en las disciplinas de protección vegetal y suelos pero se hace crónica la incapacidad de incorporar las ciencias sociales a su actividad. Persiste la interrogante acerca de la conveniencia de la incorporación de disciplinas no tradicionales en los INIAs tales como los economis-

tas en recursos naturales, antropólogos, ecólogos, geógrafos, etc.

### **Otras entidades públicas**

Además de los estudios de levantamiento de recursos naturales que hacen parcialmente algunos INIAs existen diversas entidades públicas que hacen estudios básicos de los recursos naturales y monitoreo ambiental: ministerios de medio ambiente y recursos naturales; institutos de suelos, hidrología, geografía, meteorología en ministerios de agricultura o dependencias afines. La gran mayoría tienen sistemas de información geográfica operativos o en implementación.

La coordinación de los INIAs con estas entidades ha sido tradicionalmente muy escasa, pues se limitaba al empleo de los registros, pero sin realizar emprendimientos conjuntos. Actualmente se aprecia un crecimiento de los proyectos en que participan varias de estas reparticiones, particularmente estimulados por proyectos de medio ambiente donde los fondos externos condicionan la diversidad de las fuentes de información y de profesionalismo.

### **Las Organizaciones No Gubernamentales (ONGs)**

Existe un gran número de ONGs que trabajan relacionadas al sector agropecuario y en particular a la temática ambiental. No obstante la mayoría tienen menos de una docena de profesionales y técnicos, sin infraestructura experimental de apoyo y poco arraigo real entre los agricultores. Dependen de un financiamiento externo proveniente de USA y Europa que tiende a disminuir.

Las ONGs han ayudado mucho a identificar y promover tecnologías sencillas de manejo de los recursos naturales, como el uso de los abonos orgánicos, la conservación de suelos, reforestación, los repelentes naturales e insecticidas botánicos, etc. En la región la actividad de mayor repercusión pública se relaciona con la siembra, procesamiento, y comercialización de productos orgánicos para la exportación.

Las relaciones de los INIAs con las ONGs se ven frecuentemente entorpecidas por diferencias de enfoques y prioridades. En contraste con los INIAs, las ONGs tienen un enfoque agroecológico e indigenista apreciando el conocimiento y la naturaleza de los

sistemas de producción del campesinado. Asimismo, tienen una visión hipercrítica de la Revolución Verde y los objetivos productivistas.

### **Las universidades**

En muchas universidades de la región se están realizando investigaciones de alta calidad sobre una amplia gama de temas. El principal problema en muchos de esos casos es el carácter excesivamente académico de una buena parte de la investigación de la que no es ajena la debilidad de los vínculos entre las facultades y los productores. Algunos sectores muy empresariales han facilitado una relación estrecha entre las universidades y esos sectores, pero son casos excepcionales los departamentos y profesores con mucha proyección en el medio productivo.

En los últimos años se han abierto programas de posgrado en agroecología y temas afines en Brasil y Argentina pero aún se encuentran en una fase de desarrollo y consolidación.

La relación de los INIAs con la universidad ocurre sustancialmente con las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias con escasísimas relaciones con otras Facultades y Departamentos. También se aprecia gran variedad de relaciones que van desde situaciones muy distantes, competitivas y con sobreposición de roles hasta campos universitarios integrados a Estaciones Experimentales de INIAs. No obstante, crecen las experiencias de proyectos de investigación conjuntos ya sea por fondos externos como por algunas experiencias de los INIAs financiando, con fondos propios, investigación básica de apoyo a la tecnología en las universidades.

### **IMPORTANCIA EN UNA POLÍTICA REGIONAL COMÚN.**

Los INIAs no pueden seguir actuando más con un enfoque autónomo en un ámbito estrictamente nacional. Se asiste a la acelerada integración económica y política de nuestros países que seguramente facilitará emprendimientos conjuntos en el campo tecnológico. Los países del Cono Sur comparten proyectos de integración con obras de servicios como: puentes, represas, usinas, puertos, etc., pero escasamente se ha progresado en el tratamiento de las regiones agroecológicas comunes que los sustentan y en donde se comparte la misma naturaleza de problemas productivos y ambientales.

A nadie escapa que los problemas y las potencialidades de los agroecosistemas no se detienen en las fronteras políticas. La integración política y económica regional resultante de la formación del MERCOSUR debe fortalecer la capacidad de integración en muchas otras dimensiones y organismos como PROCISUR deberían tomar el rol de ser los diseñadores de la política tecnológica del sector agropecuario en la dimensión de la integración territorial. Asimismo, el uso del territorio para los espacios agroecológicos compartidos deberá desarrollarse también con proyectos integrados y en esa tarea se ha hecho muy poco. También el PROCISUR cuenta con los antecedentes y las capacidades para asumir esa responsabilidad, mediante la articulación de las capacidades de los INIAs.

En el SCT también existen otras redes que podrían facilitar una política regional común tales como la red de Universidades del Grupo Montevideo.

La tarea de desarrollar tecnologías viables para la implementación de sistemas agrícolas sustentables tiene dos grandes vertientes: 1) La dimensión de los problemas ya existentes que habrá que frenar e intentar revertir. 2) La anticipación que se alcance en el desarrollo de técnicas y políticas para las regiones aún no explotadas.

El Cono Sur constituye quizás el más grande reservorio del planeta para expandir su frontera agrícola, porque aún no se han explorado los límites de las tradicionales zonas agrícolas y por la importancia de la sabana que, principalmente en el "Cerrado" brasileño, dispone de 112 millones de hectáreas potencialmente arables y escasamente exploradas.

En el Cono Sur pueden reconocerse 10 ecosistemas que pertenecen a más de un país y que comparten sistemas productivos muy similares con capacidad de transferencia de tecnologías para el manejo de tierras. Además de la Sabana mencionada, los que tienen más significación territorial son: La Pampa, el Planalto, la Patagonia, el Chaco, los bañados (Pantanal) y el Altiplano.

## **MODELOS ALTERNATIVOS DE ORGANIZACIÓN.**

### ***Roles y cometidos institucionales de los INIAs.***

El manejo sustentable de tierras no puede alcanzarse sólo con propuestas tecnológicas sino que

requiere de cambios profundos en las actitudes, en las políticas, en los procedimientos de regulación y control, etc. Asimismo, como se ha visto, también en el campo tecnológico hay un menú de responsabilidades mucho más amplio que en el pasado, lo que agrava un viejo conflicto en el rol de los INIAs que ha merecido continuos debates.

Si a la tarea central de generación de tecnología de los INIAs se le suman otras, que requieren: recursos humanos, actividades y estructuras operativas de distinta naturaleza, se puede concluir que no es posible abordarlas con la estructura tradicional. La gerencia de tareas muy diversas en los INIAs puede conducir a instituciones grandes, burocráticas y de centralismos ineficientes. Es impostergable la reestructuración y revisión de las acciones a ejecutar por los INIAs asumiendo que hay que restringir las responsabilidades a la capacidad de gestión y a los recursos con que se cuenta. Por consiguiente, es cada vez más necesario concentrarse en aquellas tareas que le dieron razón de ser y que requieren de los dos recursos tradicionales y sustantivos de los INIAs: las Estaciones Experimentales para investigación regional y los investigadores en generación de tecnología. Como contraparte, habría que delegar, a instituciones especializadas del resto del SCT, las tareas de investigación básica o fundamental, el relevamiento o levantamiento de recursos naturales, las campañas sanitarias, la educación, y la extensión agropecuaria.

Esta propuesta puede correr el riesgo de ser percibida como muy esquemática, pero simplemente intenta precisar lo que debe ser la misión de las instituciones que participan de un sistema. Allí deben estar muy claros los objetivos centrales para los cuales la institución se estructura y que cuando se asume alguna responsabilidad en otras tareas ellas deben ser actividades subsidiarias, no permanentes y orientadas a apoyar a aquellas otras organizaciones del sistema que las tienen como cometido dominante. No se está proponiendo un modelo de instituciones monopólicas en sus responsabilidades, pero el equilibrio se ha desplazado hacia el otro extremo y en particular en algunos INIAs se verifica una altísima diversificación de tareas.

La larga crisis financiera de muchas instituciones públicas determinó una búsqueda desordenada de recursos externos que incrementó el menú de roles y cometidos que se asumieron. A las tradicionales restricciones de gerencia del modelo institucional pú-

blico, se sumó esa diversificación de tareas que sinergizó las ineficiencias del aparato institucional. El Estado debe reconocer prioritariamente en su política tecnológica este problema al asignar sus recursos y diseñar instituciones, quizás más pequeñas, pero especializadas. Simultáneamente deben mejorarse los mecanismos y recursos orientados a que esas instituciones se relacionen.

### ***Características de la actividad en los INIAs y su organización.***

El desarrollo de proyectos de investigación relativos a la sostenibilidad productiva tiene peculiaridades que alientan una óptica y organización que contemplen esos requisitos:

- En general se trabaja sobre problemáticas que interactúan fuertemente con el sistema de producción por lo que el enfoque de sistemas y metodologías de simulación son particularmente apropiadas en el tema.
- La identificación de los problemas y la validación de las soluciones requiere sostenida cooperación con otro tipo de organizaciones que trabajen en monitoreo ambiental, extensión, financiamiento, etc. Entonces, es necesario contar con recursos para tener capacidad de relacionamiento con otros equipos de trabajo y manejar los flujos de información. La masa crítica no se alcanza sólo dentro de los INIAs sino en base al éxito en el relacionamiento con otros equipos técnicos.
- La naturaleza de la problemática demanda soluciones interdisciplinarias, por lo que los proyectos normalmente son más complejos en su gerencia y ejecución. Es escasa la cultura y la experiencia de los investigadores para este tipo de trabajos y puede ser necesario un entrenamiento especial. Sin embargo, en los últimos años los INIAs han ido modernizando sus estructuras operativas hacia un enfoque de financiamiento y ejecución de la investigación por proyectos lo que facilita la tarea.

Casi todos los INIAs organizan sus sistemas de investigación por rubros de producción o en disciplinas científicas. Esta no es la mejor organización para afrontar los problemas del manejo de los recursos naturales que requieren de la participación cruzada en

la estructura institucional de muchas disciplinas y rubros de producción. Se plantea la interrogante acerca de la conveniencia de crear alguna estructura operativa especializada en el manejo de proyectos que tengan que ver con la problemática de los recursos naturales. Puede reconocerse cierto beneficio para actuar como contrapartida responsable en los proyectos que tengan que ver con el uso de tierras. La otra opción es administrar el tema convencionalmente bajo la estructura de proyectos, asignándolos a las disciplinas más cercanas a la problemática.

### ***Alternativas de organización del SCT***

Cabe preguntarse si existe un modelo de organización único y óptimo para desarrollo y diseminación de las tecnologías orientadas a satisfacer la sostenibilidad de los sistemas productivos. En primera instancia, parece difícil imaginar un diseño de organización que atienda con todas sus capacidades exclusivamente este objetivo de la tecnología agrícola, ya que como se ha señalado para viabilizar cualquier tecnología éstas no pueden desatender los otros grandes objetivos acerca de la productividad y la calidad de productos.

Así como, se debe tener una visión sistémica que contemple todas las interacciones económicas, sociales y biofísicas para tener éxito en la adopción de prácticas tecnológicas sustentables, también debe contemplarse su conciliación con los otros objetivos tecnológicos de los sistemas productivos. En conclusión no existe un modelo universal y los más adecuados para cada caso, deberán ser además flexibles y polivalentes.

David Kaimowitz (1996) plantea siete opciones de organización de los programas de investigación: rubros de producción, ecorregionales, recursos naturales o agroecología, tipos de tecnología, disciplinas científicas, políticas y monitoreo ambiental.

Aunque las dos últimas no parecen categorías de organización de la investigación sino más bien temáticas relevantes, las cinco primeras cubren el mayor espectro de posibilidades y experiencias y merecen su discusión en la óptica de las ventajas e inconvenientes que presentan.

#### ***a) Rubros de producción.***

Tradicionalmente, como ya se ha indicado, la organización más frecuente es por rubros de producción.

Si se le asigna a esos programas la responsabilidad para investigar sobre aspectos de manejo de recursos naturales, relacionados con los sistemas donde estos rubros son dominantes, se evita cierta desestabilización de las instituciones frente a un cambio de estructura. No obstante, mantiene restricciones para: a) investigar en los rubros asociados que componen el sistema, b) monitorear los recursos naturales y c) investigar sobre aspectos de políticas y ciencias sociales.

#### *b) Ecorregiones.*

Desde la perspectiva única de la agricultura sostenible, la organización de los programas en función de agroecosistemas es la más consistente en términos conceptuales, puesto que la formulación de los proyectos puede realizarse con los mismos objetivos generales y específicos. Permite, además, superar las barreras institucionales y políticas de los países para abordar los problemas regionales entre instituciones de diferentes países persiguiendo objetivos afines y sumando esfuerzos. La restricción más importante para la implementación de este enfoque es la gran interdisciplinabilidad que requiere y la poca experiencia de organización y métodos que existe. Con este tipo de programas se pueden sobredimensionar los diagnósticos en detrimento del desarrollo e implementación de soluciones.

#### *c) Recursos naturales.*

Los programas de recursos naturales o agroecología tienen escasos y malos antecedentes en la región pues se constituyeron en los INIAs como programas residuales de actividades disímiles y escasamente integradas. Por esta vía no se logra establecer masa crítica de investigación y vínculos efectivos y estables con la transferencia. El gerenciamiento de proyectos con participación de gran diversidad de disciplinas no cuenta con la "cultura" institucional y requerirá de capacitación en ese sentido para no improvisar experiencias que seguramente resultarán frustrantes.

#### *d) Tipos de tecnología y disciplinas.*

Los programas centrados en tipo de tecnología, como conservación de suelos y agua, control biológico de plagas, manejo del bosque natural o sistemas agroforestales presentan características opuestas a

los programas sobre agroecosistemas. Tienden a ser muy efectivos en la implementación de soluciones tecnológicas específicas y muchas de las iniciativas más exitosas en desarrollo de prácticas sostenibles de producción han sido organizadas de esta forma. A pesar de su muy limitada capacidad de diagnóstico y jerarquización de problemáticas, coordinan adecuadamente los esfuerzos y vinculan sólidamente la generación y transferencia de tecnología. En algunos aspectos presentan características similares a los programas por disciplinas, pero tienen mayor apertura multidisciplinaria con productos tecnológicos propios y su actividad no es percibida como simplemente de apoyo técnico a otras disciplinas.

Los modelos tradicionales y dominantes de organización de la investigación en los INIAs son en programas por rubros, ya que responden a las razones indicadas con anterioridad de formulación de "paquetes tecnológicos". Asimismo, son coherentes con el interés de las mayores fuentes de financiamiento. Tal el caso, de las organizaciones de productores o de las cadenas agroindustriales que financian y demandan en función de sus rubros. Muchas universidades también tienen cátedras que responden a rubros pero naturalmente, en ese caso, es más relevante la organización por disciplinas.

Cuando se plantean programas para el SCT debe atenderse su compatibilidad con la diversidad de organizaciones y así como no existe consenso sobre un modelo de organización institucional para la investigación en la temática, tampoco existe para programas potencialmente abordables en todo el SCT. Las diversas alternativas de organización ni siquiera son excluyentes y una institución, un país o una región pueden combinar varias.

La organización de Programas de agricultura sustentable deberá ir progresivamente ajustando sus estructuras, en un proceso de mejora continua, ya que no existen suficientes antecedentes de experiencia institucional que aseguren ante cualquier problemática una forma óptima de organización. Algunas iniciativas de reorganización han sido poco exitosas y encontraron fuertes críticas y resistencias por parte de los investigadores acostumbrados a trabajar en programas por rubro. Si no se logran impactos remarcables en el corto plazo, el apoyo interno para esos cambios desaparece rápidamente.

## **COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL Y REGIONAL**

Más allá de la estructura de organización que se adopte, es incuestionable la necesidad de fortalecer los mecanismos de coordinación interinstitucional. Cuando se establecen programas cooperativos entre instituciones, éste es el componente probablemente más importante de la programación y puede constituirse, en el mediano plazo, en inductor de reformas organizacionales en las instituciones participantes.

La coordinación procura como objetivo general mejorar la muy débil comunicación que existe entre instituciones y equipos técnicos de trabajo que participan en proyectos de agricultura sustentable. El desarrollo de esta coordinación es generalmente significativo en aquellos proyectos con financiamiento extrarregional y con participación de instituciones también externas a la región.

Los principales objetivos específicos para mejorar la comunicación plantean: construir consensos sobre objetivos y políticas, intercambiar información y metodologías y evitar duplicación de esfuerzos. En general, dichos propósitos se alcanzan con la participación en redes y levantando las restricciones que tienen los técnicos de la región para acceder a la bibliografía y para participar en seminarios, reuniones técnicas y cursos. En este sentido en los últimos años se vienen estableciendo y fortaleciendo programas cooperativos en red tales como: el del Instituto Interamericano para el Cambio Global (IAI); el del propio Subprograma de Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del PROCISUR; el de Siembra Directa para conservación de suelos con financiamiento del BID; el de las Asociaciones Latinoamericanas de la Ciencia del Suelo, Entomología y Fitopatología, etc. También existen asociaciones de productores que promueven el desarrollo tecnológico de la siembra directa y la agricultura sostenible y que trascienden el ámbito de los países con alcance latinoamericano (CAPAS)

La cooperación horizontal entre los países de la región ha permitido el acceso de los países más pequeños a los centros especializados de los países más grandes. Tal es el caso de los Institutos de Recursos Naturales del INTA en Castelar o Centros Federales de EMBRAPA en Brasil como el de Pesquisas Espaciales en San José dos Campos o el de Defensivos Agrícolas en Jaguariúna. En un SCT limi-

tado al ámbito nacional, los países pequeños por razones de escala tienen restricciones evidentes de especialización, que se ven muy beneficiadas cuando se desarrollan proyectos regionales con la participación de dichos centros.

## **LA REGIÓN EN LA PERSPECTIVA INTERNACIONAL.**

Los institutos más importantes para los INIAs en su relacionamiento internacional han sido los centros internacionales entre los que se destacan: CIMMYT, CIAT y CIP por su actividad en la región. Tradicionalmente la misión institucional de estas organizaciones ha sido desarrollar germoplasma, pero en los últimos años se asistió a un fuerte debate en relación a su compromiso con el desarrollo sustentable y a la consecuente participación en el diseño de tecnologías de producción a nivel de finca para diversas regiones. Si bien, la misión de los centros aún no está claramente definida, actualmente sus capacidades incuestionablemente están centradas en el mejoramiento genético. No se perciben progresos en los cometidos señalados, salvo en algunas áreas del CIAT, y no son los referentes más idóneos en relación a la problemática de la sostenibilidad agrícola. Quizás un nuevo centro internacional debería asumir este cometido facilitando el relacionamiento externo y regional del los INIAs.

La problemática ambiental de naturaleza global o planetaria es la demandante de muchos proyectos colaborativos. Emergen nuevos institutos en relación a problemas globales que requiere superar la vinculación tradicional de los SCTs como pasivos receptores de cooperación internacional destinada al fortalecimiento de las capacidades institucionales. Al igual que en la cooperación regional, es necesario ofrecer información en relación a los efectos ambientales de los sistemas productivos que sea de interés para esos proyectos que evalúan el impacto a nivel global. En ese sentido los INIAs, en el marco del SCT, deberían priorizar los proyectos compartidos con otros países del Cono Sur para relacionarse conjuntamente con los agentes de la cooperación internacional. Un claro ejemplo de ese enfoque, se encuentra en las posibilidades de anticipar los efectos del calentamiento global en relación a la distribución de lluvias y como planificar el uso del territorio, modificando el diseño de los sistemas de producción en la región.

## EL FINANCIAMIENTO

Procurar los recursos necesarios para abordar la problemática de la agricultura sostenible es seguramente el mayor desafío de su organización programática. Los múltiples objetivos ya mencionados, que tiene que atender la investigación actual, deben enfrentarse con la crisis de recursos públicos iniciada en los años '80 con las políticas de abatimiento del gasto público para nivelar las balanzas de pago en los países de la región. El modelo económico pone un creciente énfasis en "la privatización" de actividades de investigación como instrumento para resolver la disponibilidad de recursos en los programas de ajuste estructural y reforma del estado. La mayor parte de las tecnologías que dotan de sostenibilidad a la producción son de beneficio social y por ende de muy difícil apropiación individual. El sector privado sólo ocasionalmente estará interesado en financiarla y deberá ser el sector público el protagonista de su desarrollo.

Quizás los INIAs lograron sortear parcialmente, mediante otros mecanismos de financiamiento, esa crisis que llevó a niveles mínimos a todo el SCT y en particular a la investigación básica, el relevamiento y prospección de recursos naturales y la extensión oficial. En los últimos años, aumenta la capacidad de proteger las obtenciones vegetales de los programas de mejoramiento debido a progresos en el marco legal y regulatorio del tema. Este nuevo escenario encuentra a los INIAs muy bien capacitados para explorar este mercado en las especies de polinización libre, que no han sido tradicionalmente abordadas por las empresas transnacionales de mejoramiento genético. Por consiguiente, la asignación de recursos en los INIAs está cada vez más orientada hacia esas oportunidades de los productos con tecnología apropiable en el mercado, lo que puede competir por los recursos de temáticas más ambientales.

Ante esa circunstancia es necesario que los problemas regionales de uso del territorio se expresen como un "mercado" que demanda. Los productores y sus organizaciones deben hacer sentir esa demanda en las diferentes estaciones experimentales y unidades operativas regionales mediante mecanismos formales que los INIAs deben desarrollar. La temática territorial necesita un grado importante de descentralización en los INIAs. También pueden identificarse allí fuentes regionales de financiamiento según grupos de interés.

Es imperioso fortalecer la conciencia política y social acerca que el adecuado uso de los recursos naturales no es de responsabilidad exclusiva de los productores sino que representa un beneficio capitalizable por toda la sociedad. Por lo tanto, para financiar este tipo de actividades, no es justo recurrir exclusivamente a las fuentes de financiamiento de los INIAs que, en algunos casos, están basadas en impuestos a la comercialización de productos del sector.

Se explicitó previamente que el manejo sustentable de la agricultura es resultado de la interacción de múltiples instituciones y organizaciones. Para llevar adelante proyectos conjuntos y atender las tareas de coordinación no basta con la voluntad y disposición institucional sino que esa actividad requiere de recursos específicos. Así la previsión y reserva institucional de recursos como es el caso de los Fondos de Promoción de Tecnología Agropecuaria es un mecanismo idóneo para ese propósito que habrá que revitalizar.

Se percibe que la temática del desarrollo de la agricultura sustentable se irá construyendo y resolviendo a través de múltiples proyectos de muy diversa naturaleza que tendrán alcance local, regional o internacional. En términos de estrategia institucional el camino consiste en desarrollar ordenadamente acciones concretas paso a paso, sin expectativas de proyectos grandiosos de difícil realización y dudoso financiamiento. Con ese propósito es necesario mejorar la capacidad institucional para identificar y diseñar proyectos mediante unidades especializadas. Así se podrán coordinar acciones y acceder a fuentes de financiamiento que requieren profesionalismo en la gerencia de los recursos de cooperación.

Finalmente, es impostergable coordinar orgánica y progresivamente las acciones de los del SCT. Es necesario fortalecer y estructurar los programas de los INIAs con acuerdos institucionales con todo el SCT a nivel nacional para luego desarrollar proyectos regionales. De esta manera, no solamente se multiplicará la capacidad de captar y ejecutar colaboración internacional, sino que se optimizarán los muy escasos recursos técnicos y científicos en la solución de problemas que serán definitivamente compartidos.

## IMPACTOS ESPERABLES EN LA REGIÓN POR LA INTEGRACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA.

La integración mediante el intercambio horizontal de tecnologías tiene enormes posibilidades, principal-

mente en el campo de los conocimientos o tecnologías de naturaleza básica. No obstante, las grandes propuestas tecnológicas en relación a sistemas de producción también tienen oportunidades de transferencia. Obviamente ellas requerirán de ajustes en sus componentes o prácticas de producción a las condiciones locales.

Ejemplos notorios y cercanos ilustran ese universo de posibilidades: 1) El desarrollo de los sistemas con siembra directa en Argentina permite incorporar en la agricultura de granos de Uruguay y en los llanos de Bolivia muchos componentes técnicos. 2) Prácticas de producción en sistemas basados en rotación con pasturas, principalmente con el cultivo de arroz, se han transferido de Uruguay a Entre Ríos y Corrientes. 3) La siembra directa para suelos del Planalto desarrollada en Paraná (Brasil) se transfiere en forma significativa a la región Oriental de Paraguay. 4) Equipos de siembra directa desarrollados en Brasil y Argentina son empleados en el resto de los países de la región. 5) Tecnologías de control biológico de pulgones desarrolladas en Chile fueron transferidas a Argentina, Brasil y Uruguay. 6) Para el control biológico de una plaga de soja se transfirieron virus de Argentina a Brasil así como otros virus fueron transferidos desde Brasil a Argentina y Paraguay a través de programas cooperativos.

En el campo de la generación de tecnologías apropiables el SCT ha generado y abastecido una significativa proporción del mercado de cultivares con adaptación regional. La integración tecnológica permite fortalecer los programas de mejoramiento genético vegetal y el intercambio y conservación de germoplasma. Permite asimismo el diseño e implementación de redes de evaluación de cultivares de alcance transnacional tal como se han desarrollado en la integración de la Comunidad Europea. Ello mejora la información acerca del comportamiento agronómico de los cultivares que manejan los agricultores y fortalece la eficacia de los programas de mejoramiento genético que participan en las redes.

Gran parte de las tecnologías que hacen al diseño de los sistemas productivos y al uso del suelo tienen efectos directos en los emprendimientos de represas, puentes, caminos, puertos, etc. que la región desarrolla. En algunas regiones la integración puede modificar simultáneamente el desarrollo urbano, así como la localización de los sistemas de producción en función

de esos mercados. En los proyectos de esas obras y servicios es fácilmente perceptible la enorme necesidad de equipos multidisciplinarios y regionales para su desarrollo. La integración estimulará los emprendimientos conjuntos de países y en su dimensión territorial y productiva demandarán evaluaciones del impacto ambiental que naturalmente deberán dar lugar a proyectos con gran integración del SCT de la región.

Para los INIAs la integración no es novedosa, pues ya ha recorrido en los últimos años una incipiente tarea de integración tecnológica horizontal. Sin lugar a dudas la experiencia más significativa y exitosa se encuentra en el PROCISUR que se iniciara en los años '80. Pero ese programa que tiene resultados encomiables en el campo genético y fitosanitario ha tenido escasas acciones en relación al desarrollo de sistemas productivos sostenibles. En ese sentido hay nuevos proyectos, pero aún se encuentran en una etapa incipiente y con escaso financiamiento.

La creación de un espacio económico común como el que se implementa a través del MERCOSUR y que seguramente se ampliará a todos los países del Cono Sur condicionará marcadamente el uso del territorio. Las economías cerradas de los países amparaban la producción marginal de diversos rubros con políticas de auto-abastecimiento alimentario. La integración económica beneficiará el empleo de los recursos naturales de acuerdo a sus mejores condiciones para los requerimientos de cada rubro. Sin embargo, se corre el riesgo de perder diversificación en los sistemas productivos y que se fortalezcan modos de producción orientados a la especialización productiva con modelos cercanos a la monocultura. Habrá que estar muy atentos a este riesgo, pues una de las grandes herramientas para otorgar sostenibilidad al uso del territorio, se basa en el diseño de sistemas productivos con alta diversificación que permitan equilibrar y complementar el empleo de los recursos naturales.

## RECOMENDACIONES.

Frente a una temática emergente como el desarrollo sostenible el funcionamiento armónico del SCT es muy deficiente. La definición de la misión y los cometidos de los componentes del SCT debe reverse, si se quiere hacer un uso más eficaz de los recursos disponibles.

Si bien los cambios de las estructuras institucionales de SCT son una tarea de iniciación urgente, para consolidar cambios efectivos se necesita mucho tiempo. En el corto plazo, habrá que priorizar estrategias de orientación de los recursos públicos y privados que faciliten el desenvolvimiento de los mejores equipos técnicos entre instituciones. Asimismo, deben diseñarse formas más sostenibles de financiar las actividades de coordinación interinstitucional, porque la gran mayoría de esas acciones se financia a corto plazo por proyectos bilaterales. Resulta incongruente pretender desarrollar la sostenibilidad de la producción agrícola con proyectos no sostenibles, ya que rara vez sobrepasan los 3 ó 4 años de acciones y luego se discontinúan los acuerdos, recursos financieros y humanos.

La larga crisis financiera de muchas instituciones públicas determinó una búsqueda desordenada de recursos externos que incrementó el menú de roles y cometidos que se asumieron. A las tradicionales restricciones de gerencia del modelo institucional público, se sumó esa diversificación de tareas que sinergizó las ineficiencias del aparato institucional. El Estado debe reconocer prioritariamente en su política tecnológica este problema al asignar sus recursos y diseñar instituciones, quizás más pequeñas, pero especializadas. Deben mejorar asimismo los mecanismos y recursos orientados a que esas instituciones se relacionen.

Es necesario que los problemas regionales de uso del territorio se expresen como un "mercado" que demanda. Los productores y sus organizaciones deben hacer sentir esa demanda en las diferentes estaciones experimentales y unidades operativas regionales mediante mecanismos formales que los INIAs deben desarrollar. La temática ambiental necesita un grado importante de descentralización en los INIAs.

La problemática ambiental de naturaleza global o planetaria es la demandante de muchos proyectos colaborativos. Emergen nuevos institutos en relación a problemas globales que requiere superar la vinculación tradicional de los SCTs como receptores pasivos de la cooperación internacional destinada al fortalecimiento de las capacidades institucionales. Al igual que en la cooperación regional, es necesario ofrecer información en relación a los efectos ambientales de los sistemas productivos que sea de interés para esos proyectos que evalúan el impacto a nivel global. En

ese sentido todo el SCT, debería priorizar los proyectos compartidos con otros países del Cono Sur para relacionarse conjuntamente con los agentes de la cooperación internacional.

La integración política y económica regional resultante de la formación del MERCOSUR debe fortalecer la capacidad de integración en muchas otras dimensiones y organismos como PROCISUR deberían ser los diseñadores de las propuestas de política tecnológica del sector agropecuario en la dimensión de la integración territorial. Asimismo, el uso del territorio para los espacios agroecológicos compartidos deberá desarrollarse también con proyectos integrados y en esa tarea se ha hecho muy poco. También el PROCISUR cuenta con los antecedentes y las capacidades para asumir esa responsabilidad, mediante la articulación de las capacidades de los INIAs.

## LITERATURA CONSULTADA

- BID (EE.UU); IICA. 1992. Seminario: Agricultura Sostenible en América Latina y el Caribe, 9 y 10 de Septiembre de 1992, Washington, D.C.
- ECHVERRÍA R.G.; TRIGO E.; Y BYERLEE D.. 1996. Cambio Institucional y Alternativas de Financiación de la Investigación Agropecuaria en América Latina. Departamento de Programas Sociales y Desarrollo Sostenible. BID.
- ISNAR. 1993. Agenda 21: Issues for National Agricultural Research. The Hague, ISNAR. Briefing paper N°4. 7p.
- KAIMOWITZ, D 1993. The role of Nongovernmental Organizations in Agricultural Research and Technology Transfer in Latin America, In: World Department 21 (7):1139-50
- , 1994. La economía política de la gestión ambiental en América Latina. 30 p. IICA San José.
- , 1996. La investigación sobre el manejo de los recursos naturales para fines productivos en América Latina. In: Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Programas Sociales y Desarrollo Sostenible, División de Medio Ambiente. 62 p.
- LYNAM, J. K. 1994 "Sustainable Growth in Agricultural Production: the Links between Production, Resources, and Research" In: Opportunities, Use and Transfer of Systems Research Methods in Agriculture to Developing Countries, P. Golsworthy y F. Penning de Vries (eds.), p. 3-27. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

LOCKERETZ W., and ANDERSON M.D.. 1993. Agricultural Research Alternatives, University of Nebraska Press.

Recursos naturales y sostenibilidad agrícola en el Cono Sur. Versión modificada a partir del documento aprobado por PROCISUR/IICA en 1994. Jaguariúna, SP, Brasil. CNPMA-EMBRAPA. 102 p. Documento interno.

SCHLICHTER T., 1994. Sustentabilidad y Limitantes Políticas In: Desarrollo agropecuario Sustentable INTA, Argentina, .p.55-60.

TRIGO, E.J.and KAIMOVITZ, D. 1994. Agricultural research and technology transfer in Latin America in the 1990s. 29 p.

## CAPÍTULO 2

# EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO DE UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE

---

ALVARO DÍAZ E IGNACIO PORZECANSKI

# Educación para el desarrollo de una agricultura sustentable

Alvaro Díaz \* e Ignacio Porzecanski \*

## UNA HISTORIA MUY RECIENTE.

### *El origen de la agricultura.*

Como explica Darcy Ribeiro (1971): «El primer proceso civilizatorio corresponde a la revolución agrícola que comenzó originalmente hace alrededor de 10.000 años entre los pueblos de Mesopotamia y Egipto y se repitió más tarde, como efecto de la difusión o de desarrollos independientes, en India (6.000 A.C.), en China (5.000 A.C.), en Europa (4.500 A.C.), en el Africa Tropical (3.000 A.C.) y en las Américas (2.500 A.C.).

Antes de la revolución agrícola el hombre había vivido siempre en pequeñas bandas móviles de recolectores de raíces y frutos, de cazadores y pescadores, rígidamente condicionados al ritmo de las estaciones, engordando en las épocas de abundancia y enflaqueciendo en los períodos de escasez».

Para el *Homo sapiens* este período significa menos del uno por ciento de su historia como especie. Sin embargo, fue suficiente para que tuviera un tremendo crecimiento demográfico y ocupara casi toda la faz de la tierra. Que unos pocos, cada vez menos, produjeran el alimento para todos, permitió la vida sedentaria, el desarrollo urbano, liberó a la mayoría de los hombres para el comercio, la industria, la política y la cultura, y sentó las bases de un acelerado proceso civilizatorio.

### *La agricultura moderna.*

Las técnicas agrícolas avanzaron no obstante muy lentamente a lo largo de los siglos, como destaca Julio

Luelmo (1975): «Los métodos agrícolas de Inglaterra y de los Estados Unidos en 1850 diferían muy poco de los de Egipto del año 2.000 A.C. Es verdad que los egipcios no tenían arados de hierro; pero salvo esta diferencia, apenas existen otras en los medios de producción».

La mecanización de la agricultura, que se inició después de 1850 mediante el uso de la máquina de vapor y la producción de abonos químicos, luego de los trabajos de Liebig en 1845, marcan en realidad el inicio de la agricultura moderna.

La última fase de este proceso se inicia a partir de 1960 y está representada por la llamada revolución verde, desarrollada sobre la base de una espectacular concentración de recursos financieros y capacidad técnica en centros internacionales de investigación agrícola. Financiados principalmente por fundaciones con sede en Estados Unidos, fueron pioneros el IRRI, dedicado al arroz, instalado en 1960 en Filipinas, y el CIMMYT, orientado al maíz y al trigo, fundado en México en 1966.

Pocas veces se señala que los organismos oficiales de EEUU tardaron en apoyar estos emprendimientos, por temor a la competencia de la producción de granos de otros países en relación a los excedentes de su propio país.

Como lo señala Sterling Wortman (1976): «Por ejemplo, hasta la última semana del mandato del presidente Johnson, la AID no procedió a prestar ayuda financiera al IRRI, de Filipinas, y al CIMMYT de México. Para entonces ya era evidente que los crecientes déficits de los países en vías de desarrollo no tardarían en rebasar la capacidad de producción de los Estados Unidos y empezaba a ponerse de manifiesto que gran parte de la esperanza de extender los mercados internacionales de toda índole residía en mejorar la situación económica de muchos países agrícolas».

\* *Ingeniero Agrónomo, Director de PROBIDES, ex Decano de la Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.*

\*\* *Ingeniero Agrónomo, PhD, Consultor en Agronomía, ex Profesor Adjunto de Fitotecnia de la Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.*

La revolución verde se caracterizó por la formación de «paquetes tecnológicos», con intención de aplicación casi universal, mediante un uso intensivo de mecanización, fertilizantes y pesticidas y, en general, de riego, combinado con la creación de cultivares insensibles al fotoperíodo, muy eficientes en la transformación de nutrientes en grano, resistentes al viento y a algunas enfermedades predominantes. Estas prácticas resultaron en un gran incremento de la producción por hectárea, y en ciertos países del tercer mundo, del volumen total de granos, en cereales tales como trigo, arroz y maíz.

No obstante, la revolución verde ha mostrado claramente sus limitaciones. Sus beneficios alcanzaron a los productores de mayores recursos y a aquéllos ubicados en las mejores tierras. Por otra parte, a escala de país, se incrementó la dependencia de insumos externos, se hizo un uso ineficiente de la energía y se acrecentaron los efectos de la contaminación ambiental, por el uso indiscriminado de agroquímicos.

A su vez, la expansión de vastas áreas ocupadas por cultivos homogéneos aumenta la vulnerabilidad a enfermedades y plagas y reduce la biodiversidad. Esta reducción se produce al nivel intraespecífico, por el desplazamiento de variedades tradicionales locales, sustituidas por los nuevos cultivares de base genética estrecha y alto rendimiento en condiciones ambientales de abundancia de agua y nutrientes. También la reducción de la biodiversidad opera por la desaparición de diferentes especies de cultivo de uso regional, que son sustituidas por una alimentación simplificada provista por una o pocas especies de difusión universal.

## **EL DESARROLLO SUSTENTABLE: UNA PRÁCTICA A CONSTRUIR.**

### ***El desafío de hoy.***

Tras esta breve historia agrícola, el hombre se enfrenta a un desafío dramático y cada vez más agudo. Por un lado, cientos de millones de hombres, mujeres y niños padecen hambre, mientras el crecimiento demográfico mundial continúa. Por otro, en relación a la agricultura, la degradación ambiental afecta amplias regiones del mundo. Sus principales efectos son la erosión, desertificación y salinización

de los suelos, la contaminación del aire, el agua y el suelo, la deforestación en términos de cantidad y calidad, la pérdida grave de biodiversidad animal y vegetal.

Desde luego que los problemas de inequidad en el acceso a los recursos y en la distribución de los productos, continúan siendo factores determinantes de las graves carencias de gran parte de la población mundial. Pero aún imaginando el escenario futuro más justo y equilibrado, la falta de sustentabilidad de soluciones del estilo de la revolución verde, nos enfrenta al dilema de alimentar a una población mundial que no ha cesado de crecer, mediante un incremento drástico de la producción, que no altere en forma irreversible los recursos naturales. Hoy, no parece que tengamos a la mano, el conjunto de soluciones técnicas validadas, que nos permitan estar a la altura de las circunstancias.

### ***La agricultura campesina.***

En América Latina, como en el resto del mundo subdesarrollado, en forma simultánea a la revolución verde, continuó existiendo una agricultura campesina, basada en la mano de obra familiar, destinada en primer lugar a la producción de alimentos para la propia subsistencia.

Esta agricultura se caracteriza por el multicultivo - producción simultánea de varios cultivos en la misma parcela- la cría animal asociada a la producción agrícola, un mínimo uso de insumos externos a la finca, la utilización de tracción animal, la sobreexplotación de la mano de obra propia y una racionalidad diferente, que procura minimizar el riesgo, más que incrementar la ganancia.

La crítica a la revolución verde, ha conducido a veces a señalar las eventuales ventajas, y el saber acumulado en esta agricultura campesina. Se ha indicado también extensamente, no sin fundamento, cómo la investigación y la educación agrícolas han ignorado o subestimado esas realidades y esos conocimientos tradicionales (Laird, R.J., 1977 y FAO, 1987).

De allí, suele concluirse que la sostenibilidad de los recursos está ligada, y es favorecida, por el manejo racional e intensivo que hacen muchos campesinos latinoamericanos, asiáticos y africanos. Sistemas en los que cada palmo de tierra, roca o arena es cultivado

con atención y paciencia, adoptando, a veces, métodos de siembra, de laboreo, de fertilización y de rotación de cultivos milenarios. De ellos hay mucho que aprender y debemos documentarlos y estudiarlos. Con todo, estos sistemas son extremadamente vulnerables, por la fragilidad de los ambientes en los que han sido confinados, por la propia presión demográfica, como también debido a oscilaciones climáticas drásticas, y a variaciones en el precio de sus productos. Y el problema más grave, es que el sistema es, efectivamente, tan sustentable y perdurable como la miseria del que lo practica. Parecería que las soluciones en estos casos pasan por enfrentar el tema en sus componentes sociales y técnicos en forma simultánea (propiedad de la tierra, créditos para obtención de insumos, constitución de cooperativas, soluciones técnicas para condiciones específicas).

### ***El concepto de sustentabilidad.***

A los efectos de la claridad conceptual, conviene definir qué entendemos por «desarrollo sustentable». Como punto de partida, podemos aceptar una definición amplia y algo vaga, como la propuesta por la Comisión Bruntland (World Commission on Environmental Development, 1987): «El desarrollo sostenible, cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las futuras para atender las suyas...».

Hay contenidos en ella que deben aclararse; uno de ellos es «desarrollo», otro es «necesidades».

Tradicionalmente entendido en su significado económico, entrelazado con el social, la palabra «desarrollo» tiene también un sentido físico, que nos concierne, especialmente en lo que tiene que ver con el acceso y el manejo de los recursos naturales. En este sentido, es necesario entender que «desarrollo sustentable» adquiere una clara referencia a la adopción de prácticas agronómicas que impliquen un manejo ambiental, que tienda a la conservación de los recursos naturales. Por lo tanto, la definición mencionada ya nos introduce en la temática de los recursos esenciales, entre ellos el suelo, el agua y la energía.

Hace relativamente pocos años la lista de recursos se hubiera detenido en la enumeración de los mencionados términos. Hoy sabemos que debemos agregar: la flora y la fauna existentes, incluyendo la población

humana que habita, trabaja y explota tal o cual región de manera específica.

En cuanto a las «necesidades», su determinación es totalmente dependiente del contexto histórico, social y económico de las diferentes poblaciones a las que hagamos referencia: ¿quiénes las definen y cómo se definen estas necesidades? La incorporación en el concepto de desarrollo sustentable de un compromiso intergeneracional, introduce una complejidad aún mayor: ¿quién predice cuáles serán las necesidades de las generaciones humanas por venir? Todo lo anterior, podría llevarnos a la tentación de concluir que la definición de desarrollo sustentable sugerida resulta tan general, tan llena de «porqués» y de tal complejidad que, al no resultar útil, deberíamos descartarla. No es así. La definición refleja precisamente la complejidad y la riqueza del tema. Con todas sus ambigüedades y limitaciones, el concepto de agricultura sustentable se convierte en eje ineludible de nuestra visión de futuro. Lo que se plantea es la necesidad de construir una agricultura sustentable, en base a una visión productiva de mediano y largo plazo. El razonamiento es el de optimizar la utilización de los recursos naturales y de los insumos, más que el de maximizar producciones puntuales.

Esta filosofía comienza a predominar también en términos puramente económicos; o sea, puede ser más ventajoso (en margen final) producir menos cantidad total de grano, carne o leche (en relación a la capacidad genética del cultivo o del animal) utilizando los insumos en cantidades o calidades por debajo de los máximos probados. Puede ser posible cosechar seis toneladas de trigo/ha; puede no ser rentable; seguramente, por factores de clima, es mucho más riesgoso. Este pensamiento, unido a la definición de algunos indicadores objetivos sencillos de «salud ambiental», apoyados por normas estrictas para su cumplimiento, puede redundar en productividad con sostenibilidad.

### ***La construcción de nuevos modelos productivos.***

No se trata de contraponer como soluciones antagónicas y excluyentes la agricultura moderna y la agricultura campesina. Necesitamos diseñar y evaluar soluciones técnicas para el gran cultivo, que

incorporen un gradiente de alternativas de agricultura orgánica, que favorezcan un rendimiento sostenido en el tiempo y resulten en un uso conservacionista de los recursos. Como dice Altieri (1991): «realísticamente, necesitamos modelos de agricultura sostenible que combinen elementos de ambos conocimientos, el tradicional y el modelo científico». Y como plantea Tisdell (1991): «Aún si sistemas completamente orgánicos no son adaptados, el uso de sistemas que incluyan menos productos químicos y más métodos orgánicos y naturales puede ser ambientalmente ventajoso».

Sin embargo, la transición hacia sistemas menos dependientes de insumos externos, más «naturales» u «orgánicos», presenta problemas diversos y complicados.

Hay, en primer lugar, limitaciones de escala; algunas soluciones técnicas válidas en el predio pequeño, no son prácticas, ni económicamente viables en el gran cultivo. Además, el mercado exige volumen de producción, de calidad homogénea. Aspectos culturales imponen también la obtención de productos de total uniformidad y presencia inmaculada, lo cual se ha acentuado con la predominancia del supermercado.

Por otra parte, una producción orgánica supone cambios sociales, donde los productores y sus familias radicados en sus predios, realicen un seguimiento mucho más riguroso del proceso productivo. Además, se hace necesario afinar el estudio de las relaciones económicas de producción-mercado, para determinar el rango de alternativas viables. Tanto para adoptar tales o cuales esquemas productivos (cultivo mínimo, manejo integrado de plagas), como para identificar oportunidades y nichos particularmente diseñados para sistemas productivos más adecuados al uso racional de los recursos disponibles.

En muchos casos, una agricultura en mayor sintonía con el ambiente exigirá insumos diferentes y maquinaria nueva, lo que tiene repercusión en la ecuación de rentabilidad. En especial, la inversión en maquinaria (para laboreo mínimo, para cultivo directo, para aplicar productos en el cultivo con mayor precisión) puede ser muy pesada. Debemos llegar a un punto en que los agentes oficiales financiadores ayuden a que la inversión se realice y empiecen a discriminar entre los diferentes insumos que el agricultor está dispuesto a utilizar, volcando las tendencias para el lado de la inversión y las prácticas respetuosas del ambiente.

En cualquier caso, debemos tener en cuenta que éstos son modelos a construir y evaluar, a partir de los cuales se inicia un proceso de transformación largo y difícil. Este proceso implica, en primer lugar, un cambio de mentalidad, con referencia a la consideración de las variables ambientales en nuestra evaluación económica. Supone, desde luego, un esfuerzo en términos de investigación y educación agrícolas reorientadas hacia nuevas preocupaciones y prioridades. Comprende también la implementación de políticas que favorezcan el uso sabio de los recursos naturales.

Como pregunta Morello (1993): «¿Pero cómo pasar a sistemas de producción que cuiden más el capital natural, que piensen en él como un «stock» cuya tasa de depreciación o deterioro debe ser nula?

¿Cómo conseguir no depreciar el stock de base y lograr simultáneamente niveles de ingreso de la población rural que permitan la realización de sus necesidades y aspiraciones? ¿Cómo hacerlo en un marco económico, legal, político e institucional que no está ajustado para apoyar una transformación tan profunda como la que requiere el paso de una agricultura industrial predatoria, o de subsistencia igualmente deteriorante, a otra preocupada por las generaciones futuras?». Y agrega más adelante: «Cómo la sustentabilidad es un tema transgeneracional deseo indicar que mi experiencia personal me hace escéptico en cuanto al cumplimiento de nuestras obligaciones con las generaciones futuras, salvo que ello se transforme en una actividad rentable, aún sin el apoyo de incentivos fiscales importantes».

## **EDUCACIÓN Y CIENCIA AGRÍCOLA: ALGUNOS CONCEPTOS GENERALES ÚTILES AL DESARROLLO SUSTENTABLE.**

### ***La base científica de la educación.***

Debemos empezar por las ideas más simples, aunque no siempre vigentes. La educación agrícola a nivel técnico y superior contribuirá a la construcción de sistemas productivos sustentables, en la misma medida en que se desarrolle la investigación agrícola adecuada. Vale la pena recordar, que si bien estamos viviendo una transición irreversible hacia un paradigma «ambiente-consciente» en las ciencias naturales, no es el método científico que debe ser cuestionado.

Intentar culpabilizar al uso indebido de la tecnología como la causa de los males ambientales y sociales es, no sólo equivocado (las técnicas son aplicadas por sociedades en tiempos y formas coyunturales), sino peligroso. Efectivamente, mirar hacia el futuro, y reconocer la necesidad de inventar nuevas alternativas tecnológicas para la explotación de los recursos, significa más investigación y técnica, no menos.

En muchos de nuestros países, las crisis económicas y organizativas de los sistemas de educación han conducido a debilitar la capacidad de generar conocimientos de los institutos de enseñanza agrícola superior.

El divorcio entre ciencia y educación, conduce a ésta última a la burocratización y al fracaso. Resulta pues imprescindible, repensar la estructura y la organización, y a veces la localización, de nuestros sistemas públicos de educación agrícola, articularlos fuertemente con los institutos de investigación y dotarlos de recursos decorosos. La premisa básica es que una agricultura sustentable requiere de una educación e investigación agrícola de alta calidad y también sustentable.

La alta calidad refiere al nivel de la enseñanza que se imparte y de la investigación que se desarrolla, pero también a la capacidad de actuar como ámbitos de pensamiento crítico independiente, aportando nuevas ideas y soluciones para la construcción de nuestras sociedades del futuro. Nos parece que desde cualquiera de las perspectivas que se analice, en términos de contribuciones al desarrollo de una agricultura sustentable, existe un importante déficit, a nivel regional.

### ***Una apuesta a la creatividad.***

Lentamente, estamos tomando conciencia de que todos los supuestos que aplicamos pueden ser desafiados y que es sano hacerlo. Para las viejas generaciones de agrónomos, hubiera sido imposible imaginar que no era necesario arar para obtener excelentes cosechas, y que, por el contrario, podía ser bueno no hacerlo tanto desde el punto de vista económico, como de la conservación de los suelos.

Hoy, en EEUU casi el 40 por ciento del área de maíz y más del 30 por ciento de la correspondiente a la soja, se manejan con técnicas de mínimo cultivo.

Es útil pues recordar que ya en la década del '40 un señor llamado Eduard Faulkner (1945) escribió: «La verdad que nadie ha adelantado jamás una razón científica para arar» . . . «Se ha supuesto como un axioma que arar era lo correcto, y sobre ese axioma se basó todo el conjunto de razonamientos referentes al modo de tratar el suelo».

La cita pretende indicar que la investigación puede ser rutinaria, basada en variaciones de detalle sobre los mismos temas, los cuales a veces no responden a problemas bien formulados o, cuando sí lo hacen, resultan apropiados para otras condiciones ambientales, económicas y sociales.

Siempre es difícil cuestionar lo que parece obvio, pero parece imprescindible hacerlo si realmente queremos construir nuevos paradigmas científicos. En términos educativos aprender a cuestionar, significa aprender a pensar. Crear los ámbitos y las oportunidades para que en una atmósfera académica, a la vez rigurosa y abierta, el estudiante analice situaciones reales.

Significa también flexibilidad curricular y combate a la rigidez mental.

### ***El enfoque global.***

La idea de sostenibilidad impone la necesidad de focalizar el ambiente como un todo interrelacionado. Esto tiene aspectos pedagógicos e investigativos importantes. Estamos acostumbrados a tratar los temas y las disciplinas en forma discreta: la Geología separada de la Edafología, separadas a su vez de Cultivos y Cereales, desligados de Fisiología Vegetal.

En la realidad, los fenómenos sobre los que tratan las disciplinas en forma tan prolija, suceden en forma simultánea: una pradera crece en un suelo con determinado contenido en materia orgánica y es atacada por plagas y sufre seca o se inunda, y los animales la pastorean y al mismo tiempo se va enmalezando... y así sucesivamente. Debemos procurar encontrar formas de enseñar y de aprender sobre estos fenómenos naturales tal como ellos ocurren en la realidad. Esto no es sustituto de la especialización y de la investigación puntual y reduccionista que tanto contribuyó y seguramente continuará contri-

buyendo al conocimiento que poseemos. Pero como dice R. Hart (1980): «La razón principal para aceptar el enfoque de sistemas es simplemente que hay poca esperanza para entender los procesos agrícolas si se siguen estudiando solamente los detalles».

Desde el punto de vista pedagógico esto supone introducir los conceptos básicos de la teoría de sistemas en el curriculum. Implica también la necesidad de crear una multidisciplina, se llame Agricultura Ecológica, o Manejo de Sistemas Agrícolas, que debe ocuparse de establecer las relaciones esenciales entre los diversos componentes de los recursos explotados y sus interacciones.

En verdad, se necesita como lo dice Spedding (1975): «...una especie de análisis y síntesis simultáneos que es, en realidad, como procedemos cuando intentamos entender como funcionan las cosas». Para entender el todo debemos profundizar en sus partes, tomando en cuenta el cuadro general en el cual funcionan. Esto nos conduce en términos de investigación al diseño y la validación de modelos. Siguiendo otra vez a Spedding (1975): «Así, la conclusión central es que el objetivo principal de la investigación aplicada en agricultura involucra la construcción de modelos de los sistemas agrícolas mayores y de sus subsistemas y procesos constituyentes». Tenemos sólo ideas generales sobre como investigar y educar para integrar conocimientos y construir nuevas soluciones globales para nuestros sistemas agrícolas.

En el pasado, ésta fue la gran tarea de los líderes académico-científicos, desarrollada a veces en el trabajo con pequeños grupos de discípulos, inadvertida para muchos, inscripta sólo en el curriculum oculto, pero que daba una marca de calidad a la institución toda.

Sin embargo, tales liderazgos son escasos, el mundo científico-académico está debilitado y los problemas son graves y muy complejos. Necesitamos por lo tanto incorporar los enfoques holísticos en la programación curricular y científica de rutina de nuestras instituciones. No como rareza, ni como asignatura extra, para que el resto siga como está. Sino como un nuevo paradigma que se abre paso para quedarse. No para sustituir, sino para dar nueva vida a cada una de las partes.

Como lo plantea Jacques Lesourne (1993): «Lentamente, en forma desigual pero segura, se halla en

vías de elaboración en materia científica, un nuevo paradigma. Centrado sobre la noción de sistema, pone el acento en el juego de relaciones que otorga al todo propiedades diferentes que las de las partes, así como sobre las interacciones de orden y de desorden que le permiten organizarse, aprender, crear más allá del desarrollo indispensable de las facultades de análisis de los alumnos, ¿qué lugar puede brindar el sistema educacional a este enfoque global que será indispensable mañana para la comprensión de los sistemas, tanto técnicos como sociales?».

Sobre la base de algunos apoyos teóricos, parece condición imprescindible para cumplir con estos requerimientos, ofrecer, a lo largo de la carrera, instancias de integración, de conocimientos, con apoyo docente interdisciplinario, a partir de problemas que surgen de los propios sistemas de producción. Nada mejor para una formación con enfoque global que los estudiantes -si en grupos mejor- actuando, pensando, decidiendo, estudiando, viviendo en contacto directo con la realidad, esa gran maestra.

### ***El monitoreo de los recursos.***

Es necesario introducir la idea de monitoreo de los recursos, como evaluación de diferentes manejos en el largo plazo. Existe una tendencia, en el manejo de los recursos, a actuar en base a plazos cortos; extremadamente cortos en el caso del monocultivo intensivo, menos cortos en el caso de las rotaciones cultivo/pradera, alarmantemente cortos de vista (sino de tiempo) en el tema forestal.

Esto acarrea la necesidad del monitoreo de alternativas de manejo y de impacto ambiental en zonas de alta actividad transformadora de recursos, por medio de investigación multidisciplinaria sobre regiones relativamente grandes. El objetivo será descubrir la dinámica de los componentes del sistema global a largo plazo (de cinco años para más), en áreas con características físicas y culturales bien definidas. Hay sobre el tema antecedentes interesantes, especialmente en estudios y monitoreo de vegetación en sabanas y bosques ralos de Australia y EEUU, bosques y selva en Costa Rica y Brasil, humedales en EEUU.

Estos trabajos de monitoreo, con el apoyo de equipos interdisciplinarios, son un instrumento educativo espléndido para la formación de estudiantes de

diferentes niveles y distintas disciplinas, que colaboren con la toma y análisis de datos y aprendan en el terreno sobre los sistemas y sus componentes y sobre la condición ambiental de la región.

Estas tareas, de base claramente interdisciplinaria, están en general muy retrasadas en la región. Hay pocas experiencias realizadas y no hay personal profesional formado para ejecutarlas; la estructura feudalizada, común en nuestras universidades, ha bloqueado los esfuerzos interdisciplinarios. Han faltado ámbitos de trabajo común, y en consecuencia de pensamiento común, entre el mundo científico-académico proveniente de las ciencias naturales, las tecnologías y las ciencias sociales. ¿Dónde y cómo podrían entonces formarse las nuevas generaciones?

Si pensamos, por ejemplo en el Uruguay de 1996, en donde la actividad forestal ha adquirido gran importancia: ¿qué se está haciendo hoy para tener alternativas de manejo en los bosques que se hayan convertido en la madera de mañana? y, en relación a la concentración de producciones en algunas áreas: ¿qué efectos están sucediendo en la cuenca del río Santa Lucía, que abastece de agua a Montevideo, en relación a la sostenida producción intensiva, concentrada en la zona?

No obstante, como lo plantea Viglizzo (1996): «En el futuro cercano vamos a comprobar que ya no alcanza con declarar que producimos de manera sustentable; vamos a tener que demostrarlo mediante sistemas de contabilidad ambiental como hoy lo hacemos con la contabilidad económica o fiscal. La auditoría ambiental puede transformarse en pocos años en un pre-requisito para exportar».

### **Las tecnologías de procesos.**

La revolución verde significó el apogeo de una tecnología basada en altos insumos, en donde en un ambiente muy controlado -herbicidas, plaguicidas, fertilizantes, riego- cultivares de gran respuesta a esas condiciones y, en general, de buena adaptación a diferentes condiciones climáticas, producían un rendimiento máximo por hectárea.

En términos de producción fue el auge de los «paquetes tecnológicos» destinados a difundirse sobre grandes áreas agrícolas de diferentes países.

En la enseñanza, su expresión extrema se caracterizó por las recetas: el trigo se planta así; el maíz así; hay un nuevo herbicida, comprémoslo; hay que echar tanto nitrógeno por hectárea, echémoslo; tal pulgón se combate con tantos litros de tal producto al tanto por ciento; y, así sucesivamente. Con referencia a la investigación, en su forma más burda, se alentó un tipo de experimentación-resultado o de «caja negra», en donde se comprueban dosis de insumos para obtener más kilos de productos, por unidad de superficie.

Por el contrario, una tecnología de procesos pone énfasis en la combinación de los factores, toma en cuenta las condiciones locales biofísicas y socioeconómicas y procura un uso eficiente de los recursos productivos esenciales, no renovables, tendiendo a su conservación. Todo ello, sitúa en el centro de las preocupaciones el entender como funcionan las cosas, para manejarlas mejor. Desde luego, llevada a sus extremos esa preocupación puede resultar paralizante. Toda tecnología tiene sus zonas de «caja negra»; es allí donde hay que penetrar con una afinada curiosidad empleando todas la herramientas científicas disponibles. La heterosis, recordemos, comienza a entenderse a nivel genético cuarenta años después de haber sido empleada empíricamente para la generación de híbridos de maíz; comprensión ésta que redundaba en un impulso tecnológico renovado.

Parece necesario establecer aquí, que una ciencia que procure entender los procesos y conocer las consecuencias de las decisiones técnicas a largo plazo, no puede ser manejada por meros criterios de mercado. ¿Quién está dispuesto a financiar el desarrollo de tecnologías cuyos resultados se avisan a largo plazo, y se hallan envueltos en un alto grado de incertidumbre?

Por eso, la participación de los sectores productivos en la investigación agrícola es un factor necesario, pero no suficiente. La conducción de la investigación -y claro está la de la enseñanza superior- requiere también de un grado importante de autonomía técnica, que permita mantener la fidelidad con los intereses generales del presente y, también, con los que estimemos serán los de las generaciones futuras.

Por otra parte, las compañías transnacionales no están diseñadas para generar tecnologías que no sean apropiables por medio de patentes. Por el contrario, la tendencia ha sido hacia la integración de

paquetes tecnológicos, concentrando en compañías de productos químicos, la capacidad de obtención de nuevas semillas mejoradas. Primero, mediante la producción de híbridos de gran rendimiento, bajo condiciones de alta fertilización y riego; ahora, con la manipulación genética, que permite, por ejemplo, la incorporación de genes de resistencia al herbicida que ha sido producido por la misma compañía.

Parece pues claro, que sobretodo la investigación local y regional, desarrollará una tecnología de procesos, que sea menos dependiente de insumos importados y suponga la búsqueda de soluciones técnicas específicas, para un abanico de situaciones y condiciones muy diversas.

Con referencia a la educación agrícola, este enfoque supone desterrar las recetas y crear las condiciones para que el estudiante sea capaz de analizar y comprender la realidad y de proponer alternativas válidas ante problemas concretos. Lo cual significa alcanzar ese raro equilibrio entre una buena formación científica y un agudo sentido práctico, ambas condiciones necesarias para desarrollar una tecnología apropiada.

Finalmente, una tecnología de procesos requiere también de la permanente supervisión de un productor radicado y dedicado, cuya observación inteligente permita el ajuste de las soluciones técnicas, de acuerdo a las condiciones cambiantes del sistema.

## **EDUCACIÓN Y CIENCIA AGRÍCOLAS: TEMAS ESPECÍFICOS PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE.**

### ***Nuevas preocupaciones y prioridades.***

La construcción de un nuevo paradigma, implica privilegiar el uso sabio de los recursos naturales, realizar el monitoreo de la «salud ambiental» de las regiones y modificar los criterios de evaluación de los sistemas. Esto significa establecer cuentas ambientales, medir la eficiencia en el uso de los recursos, la habilidad en el reciclaje de los subproductos y la estabilidad de los sistemas en el mediano y largo plazo.

Supone, también, la necesidad de zonificar o delimitar la actividad de explotación de los recursos adoptando una óptica de preservación.

En efecto, la amenaza más grave para los hábitats «naturales» es -aparte de los requerimientos de urbanización- el arado, o sea la intención de incorporar estas áreas a la producción agrícola. Incluimos aquí áreas con problemas de suelos ácidos, áreas sujetas a la desertificación y áreas con problemas de drenaje, de topografía y similares. Un porcentaje importante de estas áreas debería convertirse en áreas protegidas, en las que tenemos la obligación de conservar gran parte de la reserva de biodiversidad ecológica que nos resta y estudiarla sistemáticamente.

En la medida que la humanidad pueda satisfacer las necesidades alimenticias, cultivando racionalmente áreas que tienen verdadera aptitud productiva, más fácil será apartar de la producción áreas frágiles o inadecuadas.

El costo de la conservación y el estudio de estas áreas protegidas debería ser internacionalizado o compartido por dos razones. Uno, la ubicación geográfica de estas zonas está distribuida irregularmente entre los países y, dos, los resultados de la conservación y el estudio a mediano y largo plazo serán de beneficio general.

Tanto en relación a la investigación como a la enseñanza, las tecnologías con énfasis en la sustentabilidad reordenan la importancia jerárquica de algunas disciplinas.

Como lo ha expuesto Trigo (1991): «Algunas de las áreas que, sin duda, cobrarán creciente importancia son las de manejo y conservación de suelos, uso de abonos orgánicos, sistemas de labranza mínima, manejo integrado de plagas, sistemas agrosilvopastoriles y reciclaje de residuos. En un nivel más agregado, aspectos tales como los estudios de zonificación agroecológica y los esquemas de manejo de cuencas y microcuencas también deberán recibir mayor atención». Hacemos a continuación breves comentarios sobre algunas áreas temáticas específicas.

### ***Manejo y uso del suelo.***

La mejor utilización de los insumos, así como la conservación de las propiedades del suelo y el combate a la erosión, han conducido a sistemas de cero/mínimo laboreo, con ejemplos importantes en la región. Es el caso de la rotación trigo/soja en el norte de

Río Grande y Paraná, en Brasil. Por otra parte, el cultivo mínimo se practica en casi la totalidad del área plantada con soja, en el Estado de Río Grande del Sur. Las rotaciones, en general, representan instancias de obtener una relación costo-beneficio más eficaz (biomasa global en granos y carne, por insumos utilizados), en un plazo más largo que el de un cultivo puntual.

La adopción de sistemas mixtos de producción en Uruguay, con rotación de cereales con praderas, significó un manejo conservacionista del suelo, a la vez que un incremento en la productividad por hectárea para la mayoría de los cultivos (Díaz, 1990).

Todo indica que estas líneas de trabajo, referentes al uso y manejo de suelos deberán extenderse y profundizarse en el futuro inmediato. En relación directa con ellas, se asocian el manejo de la materia orgánica y del agua del suelo y los variados métodos de fertilización orgánica, sea la incorporación simbiótica o no de nitrógeno, la utilización de abonos verdes o el uso de vermicompostaje en cultivos hortícolas intensivos.

La tendencia general es pues disminuir el laboreo del suelo y el uso de fertilizantes químicos, para bajar los costos de producción, la erosión y la contaminación ambiental.

El caso del fertilizante es claro, debido a su costo y también a los residuos en forma de nitratos y fosfatos que pueden acumularse y convertirse en un grave problema. Por lo tanto, el uso muy afinado del fertilizante en tiempo y cantidad («targeting»), aparece como un tema importante.

Incorporar estas perspectivas en el curriculum agronómico, depende no sólo, ni principalmente de crear nuevas asignaturas. Desde luego, manejo de suelos y aguas y manejo de cultivos deberán estar presentes como temas centrales. Pero lo más importante es que los docentes participen en investigaciones que incorporen las nuevas perspectivas. Y además, es necesario que técnicos del mejor nivel, de fuera del núcleo académico permanente, accedan al contacto directo con los estudiantes.

Sistemas complejos de producción como los policultivos o los agrosilvopastoriles han merecido poca atención en cátedras y campos experimentales. Parece predominar la idea que son propuestas técni-

cas aptas para la pequeña parcela, pero impracticables en el gran cultivo comercial.

El futuro dirá si este supuesto no deberá ser también desafiado.

### ***Manejo integrado de plagas y enfermedades.***

Bajo este título, entran una serie de prácticas de manejo de los cultivos (fechas de siembra y cosecha, rotaciones, manejo del barbecho), el incremento de la biodiversidad del o de los cultivos sembrados, la incorporación de resistencia genética, la introducción de enemigos naturales o el estímulo para su difusión, etcétera.

En todos los casos, se intenta minimizar el uso de pesticidas químicos, mediante un monitoreo adecuado del cultivo, evaluando la incidencia y la intensidad del ataque, y por medio de la estimación del umbral, por encima del cual se produce daño económico. Los costos de los pesticidas, la contaminación ambiental severa producida en algunas áreas por su uso indiscriminado y la aparición de razas de plagas resistentes a los pesticidas de uso común, dan sobrada razón a la prioridad adquirida por estas líneas de trabajo.

Estos problemas se han agravado porque el uso indiscriminado de líneas genéticas -que pueden mostrarse susceptibles a enfermedades- para la creación de variedades comerciales de gran potencial productivo, condujo a abases genéticas muy estrechas. Esto ya es problemático en maíz y trigo, y es latente en muchos otros cultivos de importancia económica. El tema de la diversidad genética de los cultivos aparece como crucial: si efectivamente se está acortando la vida útil de los cultivares en uso, existe una demanda permanente de crear sustitutos viables. Esto presiona al sistema para encontrar fuentes de variación, lo que pasa a ser una tarea de orden global y requiere grandes esfuerzos de intercambio, información y ensayo.

Aparece como importante, entonces, una profundización en el estudio de otros mecanismos de defensa del cultivo vía manejo (control integrado de plagas y enfermedades), así como la investigación genética y la caracterización de genes de resistencia y su posible introducción en los cultivos más variados.

Varios proyectos de investigación promisorios se realizan en la región, tanto en los centros de investigación, como en las universidades, en relación al control biológico de plagas y a la incorporación de resistencia genética en los cultivos.

Desde el punto de vista académico, estos trabajos deben alterar, o ya lo han hecho, los programas de cátedras tales como Entomología, Fitopatología y Genética Vegetal.

De nuevo, sin embargo, el cambio más trascendente tendrá lugar, si los propios docentes investigan en estos temas, y si mantienen una estrecha colaboración con el resto de los investigadores dedicados a estos trabajos, en el país y en la región.

### **La biotecnología.**

Por sus características especiales y su importancia estratégica, nos detendremos algo más en la biotecnología. Lo que es importante comprender sobre el conjunto de métodos que se incluyen bajo ese rótulo, es principalmente la magnitud de su alcance. Independientemente del gran «ruido» inicial de hace unos 15 años sobre si la biotecnología sería la promesa de salvación de la humanidad o simplemente un artefacto científico adicional para que las grandes empresas se hagan más grandes y ricas, es importante medir objetivamente de qué se trata y ver qué cosas están pasando para emitir una opinión justa sobre su perspectiva.

En primer lugar, lo que hay que entender es que la posibilidad de analizar las características de los organismos a nivel del ADN es cuantitativamente diferente de las otras técnicas que se venían y vienen usando históricamente, como la descripción naturalista, la taxonomía, el microscopio, la electroforesis, la cromatografía o las matemáticas de poblaciones. Hoy podemos efectivamente identificar cada uno de los genes de un organismo y (dependiendo del gene en cuestión) tener una idea más o menos justa de lo que codifica y/o de su función. Esto significa que podemos entender con mucho más precisión toda una serie de atributos fisiológicos, metabólicos y de las patologías de los organismos que antes sólo podíamos caracterizar en forma burda y general. La biotecnología no es simplemente un complemento de las otras técnicas; en realidad, algunos atributos, antes de la biología molecular, ni siquiera había como estudiarlos; por

ejemplo, mecanismos relacionados a enfermedades de plantas y animales.

En segundo lugar, y surge como corolario de lo anterior, al conocerla, existe la posibilidad de manipular la estructura genética de los organismos. Por ejemplo, un trabajo recientemente publicado sobre la introducción en el genoma de maíz de un gene sintético derivado de *Bacillus thuringiensis* como mecanismo de defensa contra un taladro plaga del cultivo, involucra, además de la utilización de una técnica de transformación de plantas, en este caso el bombardeo por microproyectiles, las siguientes manipulaciones genéticas a nivel molecular:

- El aislamiento, la caracterización y el armado de este gene sintético, proveniente de la bacteria mencionada, para que contenga una versión más potente de la proteína insecticida nativa.
- La utilización, en el gene sintético de regiones promotoras provenientes de un virus o del propio maíz, con el objetivo de medir la eficiencia de la expresión génica.
- La utilización, luego de la transformación exitosa del maíz, de métodos de hibridación clásicos, para verificar su herencia y consecuente posibilidad de cruzamientos comerciales.

Esta descripción resumida nos puede dar una idea del alcance real de los métodos biotecnológicos en términos de producción varietal con caracteres específicos. Entre 1986 y 1995 se han utilizado un total de 3647 pruebas de campo con plantas transgénicas, de las cuales 33 por ciento en maíz, 21 por ciento en colza, 11 por ciento en tomate e igual porcentaje en papa, 9 por ciento en soja, y porcentajes menores en tabaco, melón y algodón. Los objetivos han sido: tolerancia a herbicidas en el 35 por ciento de los casos; calidad en el 20 por ciento; resistencia a plagas 18 por ciento; resistencia a virus 11 por ciento; a hongos el 3 por ciento; y un 13 por ciento a caracteres varios (marcadores, resistencia a bacterias, nematodos, genes de sustancias aromáticas y alcaloides). Naturalmente la elección de los temas y los cultivos en los cuales se está trabajando, depende del interés de los autores y de los objetivos.

Como la tolerancia a determinados herbicidas va de la mano de un incremento en su utilización, los fabricantes de herbicidas procuran armar cultivares

resistentes a sus productos. La realidad está mostrando, con todo, que la incursión en el tema biotecnológico de las grandes empresas privadas no es estrictamente en áreas restringidas al uso de sus productos; se confirma que el dominio de una determinada técnica les permite incursionar en todos los campos del mejoramiento a los que las técnicas se aplica y en los que haya un mercado potencial importante. Las tecnologías del manejo del ADN -al tratarse de la molécula codificadora universal- tienen una ventaja adicional: han roto la distinción entre capacidades rígidas en una especie o un cultivo y han abierto la mente a soluciones antes impensables.

Frente a esta situación, la única respuesta posible por parte de los países de la región, es la inversión en capacitación y en programas de investigación en mejoramiento audaces y diseñados para los problemas locales más urgentes. En este sentido, es que se requieren esfuerzos renovados, económicos y de imaginación, a nivel de los institutos oficiales de investigación y principalmente a nivel académico. La tecnología existe; ignorarla sería no sólo inconveniente sino irresponsable.

## **EDUCACIÓN PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE: ALGUNAS PROPUESTAS Y REFLEXIONES.**

### ***La educación ambiental como proceso.***

No hay fórmulas mágicas en educación, menos aún para la educación ambiental, de la cual la agricultura sustentable es una rama aplicada.

El tema ambiental debe aparecer en la escuela y continuar a lo largo de todo el sistema educativo y más allá de él, como se ha dicho (Blas Zabaleta, Herrero y Pardo, 1991): «La educación ambiental de carácter general insistirá en la comprensión de los ecosistemas, en los peligros que los amenazan, en las actividades presentes o futuras que incidan en ellos, y pondrá de relieve los elementos históricos y culturales que condicionan esas actuaciones. Su ámbito natural es la escuela, desde el preescolar hasta la universidad, pero también los medios de comunicación social. En cuanto a los métodos, las organizaciones internacionales aconsejan fomentar la interdisciplinariedad como forma de acercamiento a una realidad compleja, y estimular procedimientos activos, como el estudio de casos y el planteamiento y resolución de problemas

concretos, para vincular los conocimientos teóricos con la realidad».

### ***Aspectos generales y perfil profesional.***

Con referencia a una educación para la agricultura sustentable no hay recetas, pero sí existen orientaciones generales que ayudan a caminar en el sentido requerido.

Las Facultades de Agronomía han incorporando el enfoque sistémico y la preocupación por el uso sustentable de los recursos, lo cual se refleja en la propia definición del perfil profesional (FAO, 1991). Así la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, establece en el nuevo plan de estudios de 1987: «El ingeniero agrónomo es el profesional capaz de intervenir científicamente en los sistemas agropecuarios y forestales para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos naturales y evitar su deterioro, con el objeto de mejorar la calidad de vida de la comunidad».

Por su parte el nuevo plan de estudios aprobado en 1989, en la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República de Uruguay, indica: «Puede definirse al ingeniero agrónomo como el profesional universitario preparado para comprender, manejar, mejorar y transformar sistemas de producción agropecuarios con el objeto de servir al bienestar social y al desarrollo nacional sostenido».

Por su parte la Facultad de Ingeniería Agronómica, de la Universidad Nacional de Asunción ofrece hoy, junto a las carreras de Ingeniería Agronómica y de Ingeniería Forestal, una nueva carrera, la de Ecología Humana. Ésta, en base a un enfoque humanista y agroecológico, concentra su atención en el desarrollo de los pequeños agricultores del país y en la utilización de sistemas agropecuarios sostenibles. La carrera de Ecología Humana, contiene cuatro áreas curriculares: Desarrollo Humano; Alimentos y Nutrición; Producción y Tecnologías Agroecológicas; y Economía y Administración.

El verdadero problema es trascender la letra del perfil profesional y convertirla en un mensaje institucional, que dinamice todo el quehacer académico. Que no quede en letra muerta depende de muchos factores, entre los cuales de una adecuada proporción docente estudiante, y de facilidades en equipos y

otros recursos. Pero el factor principal es la buena formación de los docentes y el grado de convicción con que asuman las nuevas orientaciones.

### ***Asignaturas integradoras.***

Ya hemos hecho referencia a la necesidad de integrar al curriculum agronómico nuevas disciplinas que, de por sí, coadyuven a un enfoque holístico: Agroecología, Manejo y Conservación de Suelos y Aguas, Manejo de Sistemas Agrícolas, a las cuales debería agregarse Economía Ambiental.

Parece importante que desde el inicio de la carrera el estudiante se familiarice con el enfoque de sistemas. Poco a poco podrán introducirse ejercicios con modelos cualitativos y más adelante cuantitativos, en donde el estudiante pueda «jugar» con un programa en una computadora, variando las entradas para obtener diferentes productos. Resulta obvio enfatizar sobre la importancia de integrar en estos emprendimientos a disciplinas tales como Administración Rural y Economía Agrícola.

Los aspectos metodológicos son insoslayables, porque debe tenerse en cuenta que el mero hecho de introducir disciplinas integradoras, no resuelve el problema de una formación ambiental con enfoque sistémico, pues como ya ha sido expuesto (Meza Aguilar, 1992): «...aún no se ha logrado la incorporación de la educación ambiental a los planes y programas de estudio, los intentos desarrollados se han encaminado hacia una mayor cantidad de contenidos ecológicos, principalmente en las materias de ciencias naturales o incluso de las ciencias sociales, *parchando* la estructura de planes y programas de estudio con este barniz ecológico, pero sin incorporar realmente la educación ambiental como una dimensión horizontal que se relacione con los contenidos de todas las áreas de conocimientos, olvidando el carácter interdisciplinario de lo ambiental para lograr su explicación. Así la inclusión de una materia de ecología o de contenidos ecológicos no es incorporar la educación ambiental».

### ***Instancias de integración.***

El modelo curricular tradicional dominante, en la enseñanza de las ciencias agropecuarias, ha estado organizado en una sucesión de disciplinas dictadas en

el aula, con el apoyo de algunas prácticas específicas. Primero las disciplinas básicas, luego las aplicadas, con el complemento, a veces, de ciencias sociales.

Los objetivos de la enseñanza han sido de hecho confiados a cada cátedra y la articulación de los conocimientos al azar, o a la iniciativa individual de los estudiantes y de algunos docentes.

Esta situación debe ser modificada radicalmente (FAO, 1991 b): «En el proceso de formación de futuros profesionales agrarios es esencial restaurar el equilibrio, desarrollando orientaciones docentes o creando instancias de aprendizaje en las cuales el alumno tenga la oportunidad de visualizar y practicar la integración disciplinaria en torno a problemas o situaciones de producción, reales o simuladas, o en torno a *sistemas de producción*, los que deben responder a las realidades concretas de los productores a quienes se intenta servir. Es utópico esperar que el profesional tenga una visión integradora, si en el programa de estudios que cursó como estudiante no se le ha facilitado o estimulado para aprender la forma como los conocimientos de las diferentes disciplinas se aplican en forma integrada a determinadas soluciones o realidades productivas».

Distintas Facultades de Agronomía han procurado crear estas instancias de integración bajo diferentes nombres (Prácticas Integradas, Seminarios, Talleres Agronómicos). La Universidad Nacional de Córdoba inició esas actividades tempranamente. La Facultad de Agronomía de Bogotá, de la Universidad Nacional de Colombia (Universidad Nacional de Colombia, 1977), ha diseñado un plan de estudios original y pedagógicamente ambicioso, en donde la aproximación a la realidad supone una programación complementaria al estudio de las disciplinas del nivel, la que se denomina Práctica Agronómica Integrada. Se hace énfasis en la investigación interdisciplinaria de problemas a nivel regional, en donde los problemas a estudiar son determinados previamente por el equipo de profesores encargados de coordinar este tipo de trabajos en cada uno de los semestres del nivel. En la Facultad de Agronomía de Uruguay, se han creado Talleres Agronómicos, que se identifican como espacios curriculares donde predominan el trabajo y la observación en relación directa con el proceso de producción, dando origen a reflexiones y análisis realizados preferentemente en grupos, con la orientación de un equipo docente interdisciplinario. Los Talleres acompañan los cursos de 1º a 4º año, tomando como

eje temático sucesivamente el país agropecuario, las regiones, los rubros de producción y los predios.

### ***El contacto precoz con la realidad productiva.***

Las experiencias de integración han sido en general concebidas para ser implementadas desde el mismo inicio de la carrera agronómica; esto tiene un valor pedagógico trascendente. En el plan de estudios de la Facultad de Bogotá se incluye una introducción a las Ciencias Agrarias, de modo que el estudiante desarrolle capacidades para observar, descubrir y ubicar la complejidad del mundo de la producción agrícola; definir e interpretar problemas; analizar fuentes bibliográficas y presentar informes; se aspira a una formación en donde se hace énfasis en forma progresiva en el TODO «aproximación sensitiva a las producciones agrícolas», las PARTES «conocimiento y profundización de las áreas científicas de la profesión» y el TODO «investigación y aplicación a la producción agrícola del conocimiento científico técnico adquirido». Este tránsito, o vaivén permanente entre el estudio pormenorizado de ciertas disciplinas puntuales y la observación sistemática de la realidad productiva global, es la llave comprobada para lograr síntesis fructíferas a todos los niveles.

También en Córdoba y Uruguay se ha estructurado el currículum de modo que el estudiante recién ingresado, pasa por experiencias vivenciales en contacto con el medio rural. El contacto temprano con el medio, el trabajo directo con animales y plantas, la convivencia con familias rurales y la percepción global de los problemas de la producción agropecuaria y del rol de la propia carrera agronómica en ella, constituyen experiencias de enorme valor pedagógico. Estimulan el estudio científico, articulan los conocimientos parciales dentro de un marco global y destraban no pocas inhibiciones que limitan mucho el rendimiento de los estudiantes, sobre todo el de aquéllos de origen urbano.

### ***El saber ocupa lugar.***

El enciclopedismo es la enfermedad más frecuente en los programas de nuestras Facultades.

Incorporar nuevas disciplinas y nuevas instancias de integración curricular supone, necesariamente, eliminar contenidos viejos y aun disciplinas enteras.

Esto significa una de las luchas más difíciles y enojosas en la implantación de nuevas orientaciones pedagógicas.

Boisanté y Jouve (1989), nos recuerdan que el tiempo global de trabajo de un alumno -incluyendo cursos y trabajo personal- debería situarse a lo sumo en 40 horas por semana y que el corporativismo de las disciplinas no puede tener lugar a la hora de fijar los contenidos necesarios y agregan: «luchemos contra el enciclopedismo, adquiramos el método e inculquemos la idea de los conocimientos transferibles». Por su parte Lesourne (1993) se pregunta: «¿De qué manera el sistema educacional francés debe manejar la explosión de los conocimientos, tanto en el nivel del segundo ciclo de la enseñanza secundaria como en el nivel superior? Hay una sola certeza: si hay un método que no es bueno, éste es el de la densidad de los programas y la multiplicación de las materias. Para los programas correspondientes a las diversas disciplinas, es inevitable una revisión periódica, para concentrar la enseñanza en las partes vivientes de las raíces y del tronco, eliminar las ramas caducas y, sin ceder a la moda, hacer lugar a las ramas nuevas...».

Para sustentar nuestra posición, podemos recurrir también a una fuente más antigua y altamente prestigiosa (Whitehead, 1957): «La educación con ideas inertes no es sólo inútil: es, sobre todo perjudicial», a lo que añade: «Enunciaremos dos mandamientos educativos: «No enseñar demasiadas materias» y «Lo que se enseña, enseñarlo a fondo.»».

### ***La flexibilidad curricular.***

Los programas sobrecargados suelen formar parte de estructuras curriculares rígidas, tan esclerosadas éstas como aquéllos.

Apostar a la creatividad, supone estimular la renovación de los programas a nivel docente y confiar en la capacidad de elegir bien de los estudiantes, de acuerdo a la calidad de los cursos que se ofrecen y a sus propios intereses y vocaciones. Precisamos un mundo académico flexible, dinámico, con una oferta variada de cursos, que se incremente en los tramos finales de la carrera. Hay muchas formas de hacer las cosas bien (y también muchas de hacerlas mal); un currículum rígido en el mundo de hoy resulta más que un error, una petulancia.

Coincidimos pues, con lo que aquí se transcribe (FAO, 1993): «Ante realidades tan diversas y en una época en donde la innovación y la creación científica y tecnológica se suceden cotidianamente, produciendo acelerados cambios en las diferentes esferas de la vida humana, la formación de los profesionales no puede permanecer estática ni sujetarse a patrones rígidos; debe ser suficientemente creativa y versátil para que los profesionales se adapten a realidades desconocidas y cambiantes. Los cambios que están sucediendo a escala internacional nos obligan a formar profesionales capaces de enfrentar situaciones nuevas, capaces de vivir y desarrollarse profesionalmente dentro del cambio».

A esto podemos agregar la reflexión de Lesourne (1993): «Es preciso, por cierto, adaptarse al cambio tecnológico, pero también a la aceleración del cambio».

## A MODO DE CONCLUSIÓN.

A lo largo del presente trabajo hemos intentado identificar algunos de los elementos más significativos que hacen al tema de la sustentabilidad y su relación con procesos educativos. Con el objetivo de resumir y dejar en claro algunos conceptos principales, podríamos enumerar las conclusiones siguientes:

### ¿ *Qué es una agricultura «moderna» ?*

Constatamos que el modelo del paquete tecnológico de altos insumos/altos rendimientos debe ser revisto radicalmente: no es a través de más fertilizantes, más plaguicidas y variedades con bases genéticas cada vez más estrechas que vamos a mantener las tasas de aumento de los rendimientos agrícolas verificadas durante las últimas décadas. El desafío actual es el de producir en armonía con todos los recursos disponibles, aplicar técnicas que permitan bajar los costos de producción relacionados a combustibles y productos químicos, y obtener eficiencia en la productividad dentro de una visión menos puntual y a plazos más largos. Este desafío requiere respuestas tecnológicas nuevas, en las que se hace necesario investigar cada vez más y más profundamente los procesos biológicos subyacentes a la producción.

### *Una «cultura» de sustentabilidad.*

Comprobamos que cualquier intento de definir sustentabilidad pasa por un cambio sustancial de

valores; principalmente en lo que se refiere a los plazos y a las variables que deben incluirse en las ecuaciones de costo / beneficio cuando pensamos en la calidad de los recursos naturales que tendremos dentro de cinco, diez y cien años. Pensar sustentabilidad es pensar en el futuro próximo y en el más lejano. No hay forma de evitar enfrentar el hecho de que el uso que estamos haciendo hoy de los recursos, tiene mucho que ver con las cosechas de los próximos años.

Comprobamos también que un cambio cultural de este tipo requiere tiempo, esfuerzo específico desde temprano y alternativas claras. No existen ni recetas ni soluciones milagrosas; existe el trabajo de observar mejor, investigar más y diseñar alternativas viables.

### *El Nuevo Paradigma.*

Al hablar sobre un «nuevo paradigma» relacionado a una visión de la producción agropecuaria sustentable, debemos tratar de especificar cuáles son sus elementos y en qué difieren de los criterios de producción tradicionales. Tres factores principales tienen que ver con el nuevo paradigma:

#### *De impacto productivo*

Incorporar en forma paulatina al tratamiento del ambiente y del uso de los recursos productivos naturales y sintéticos, **indicadores de salud ambiental**, con el objetivo de poder monitorear su evolución, extender recomendaciones y, eventualmente, legislar al respecto. Es muy probable que en el mediano y largo plazo algunas medidas de manejo de los recursos deban tener que ser adoptadas «a la fuerza», o, como mínimo, a través de mecanismos de premios y multas.

#### *De impacto científico*

Crear capacidad local y regional para el análisis y la investigación de sistemas agropecuarios y forestales alternativos, utilizando el arsenal de conocimientos ya existente, integrándolo a las nuevas técnicas bioquímicas y de biología molecular, con los objetivos de conocer mejor nuestra flora y fauna (manejo integrado de plagas, biodiversidad y conservación), y equiparnos con las **herramientas científicas adecuadas** a nuestras condiciones específicas.

### *De impacto educativo*

Crear tanto nuevas disciplinas (globalizadoras) como nuevas formas de instruir y educar sobre las disciplinas tradicionales (mayor flexibilidad, mucho énfasis en trabajos de campo, relevamientos de áreas protegidas y cultivadas), en el sentido de **enfatar las interrelaciones** entre todas las variables relevantes que participan y definen un determinado ambiente. No hay forma de crear conciencia «ambientalista» sería sin modificar la manera de aprehender y analizar el medio que nos rodea.

En síntesis, una formación científica básica sólida, la flexibilidad curricular, una enseñanza directamente ligada a la producción, con énfasis en el aprender haciendo, en la formación metodológica y en el análisis y resolución de problemas reales, contribuirán decisivamente a la comprensión de sistemas complejos y a la capacidad de formulación de alternativas técnicas más sustentables.

### ***El Sistema Técnico, base para el desarrollo de una agricultura sustentable.***

Educación, investigación y producción están interrelacionadas en el mediano y largo plazo. Los estudiantes serán mañana los productores (o asesores de), investigadores, extensionistas, técnicos de empresas y cooperativas y decisores políticos y técnicos que actúan en el medio. Los investigadores, como generadores y depositarios del conocimiento, tienen una influencia grande en lo que se enseña a los estudiantes y, dependiendo de la existencia y de la calidad de los resultados que obtengan, en las prácticas que se van a adoptar en la producción. Los productores son, en el final de la cadena, los que deciden si adoptan o no las prácticas, de acuerdo a las ventajas que suponen que obtendrán, en las condiciones y plazos que la sociedad defina.

Ciencia, educación y producción, no deben estar divorciadas; por el contrario, deben complementarse alimentarse recíprocamente.

El desarrollo de una agricultura sustentable depende de que todo este sistema técnico se oriente y se articule adecuadamente. Sus elementos, cada uno de los cuales gira en un ámbito algo diferente, se nutren entre sí y constituyen la base para una estrategia de desarrollo distinta: la creación de nuevas prácticas y alternativas de manejo de los recursos, afinadas y

multiplicadas por el conocimiento, mantenidas por una nueva conciencia, y apuntaladas por un marco legal normativo que debe ser simple y razonable. Las consideraciones centrales de mercado deberían resultar como consecuencia lógica y natural de estas nuevas prácticas. Es decir, las ecuaciones de producción que puedan implementarse como resultado de nuevos sistemas productivos deberán tener un reflejo -hoy impredecible- en el mercado de insumos y productos.

En definitiva, podemos prever que las prácticas productivas típicas de un desarrollo sustentable serán diferentes. No sabemos cuánto ni cómo; sí prevemos su dirección general. Estamos seguros que si no adoptamos una visión globalizadora y respetuosa del ambiente habrá menor diversidad y grave deterioro de los recursos naturales físicos y bióticos, alimentos cada vez más caros y fundamentalmente, una sociedad más pobre, más injusta y, en forma generalizada, con peor calidad de vida.

### **LITERATURA CITADA**

- ALTIERI, M. 1991. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional?. In: Agroecología y desarrollo. CLADES. Chile. Año 1, Nº 1.
- BLAS ZABALETA, P. DE; HERRERO, C. Y PARDO, A.. 1991. Respuesta educativa a la crisis ambiental. Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid, España.
- BOISANTÉ, J.L. y JOUVE, H. 1989. L'enseignement agricole à l'horizon 2000. La Documentation Française, Paris, Francia.
- DÍAZ, R. 1990. La tecnología agropecuaria: perspectiva nacional e internacional. In: Seminario La agricultura uruguaya en los años '90. IICA, Montevideo, Uruguay.
- FAO. 1987. Generación de tecnologías adecuadas al desarrollo rural. Serie Desarrollo Rural Nº 4. Oficina Regional para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile.
- , 1991 b. Educación Agrícola Superior en América Latina: sus problemas y desafíos. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe, Santiago, Chile.
- , 1993. Educación Agrícola Superior: la urgencia del cambio. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe, Santiago, Chile.

- FAULKNER, E. H. 1945. La insensatez del labrador. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.
- HART, R. D. 1980. Agroecosistemas: conceptos básicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- LAIRD, R. J. 1977. Investigación agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- LESOURNE, J.. 1993. Educación y Sociedad. Los desafíos del año 2000. Editorial Gedisa, Barcelona, España.
- LUELMO, J. 1975. Historia de la Agricultura en Europa y América. Ediciones Istmo. Madrid, España.
- MEZA AGUILAR, L.. 1992. Educación Ambiental ¿Para Qué?. In: El desafío político del medio ambiente, Nueva Sociedad, N°122. Caracas, Venezuela.
- MORELLO, J.. 1993. Desarrollo rural sostenible. In: Seminario Taller la Universidad de Buenos Aires y el Medio Ambiente. Buenos Aires, Argentina. Facultad de Filosofía y Letras, Documentos de Base.
- RIBEIRO, D. 1971. El proceso civilizatorio. Centro Editor de América Latina. Buenos Aires, Argentina.
- SPEEDING, C. R. W. 1975. The Biology of Agricultural Systems. Academic Press. London, New York, San Francisco.
- Taller del Cono Sur sobre Alimentación, Nutrición y Agricultura en la Educación y Capacitación Agrícolas. 1991. Asunción, Paraguay. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe, Santiago, Chile.
- TISDELL, C.. 1991. Economics of Environmental Conservation. Economics for Environmental and Ecological Management. Elsevier, Amsterdam.
- TRIGO, E. . 1991. Hacia una estrategia para un desarrollo agropecuario sostenible. IICA, San José, Costa Rica.
- Universidad Nacional (Colombia). 1977. Facultad de Agronomía Bogotá. Carrera de Agronomía, Plan de Estudios.
- VIGLIZZO, E. F. 1996. La idea de sustentabilidad en los sistemas orgánicos de producción. In: Seminario Carne Ecológica, Montevideo, Uruguay.
- WHITEHEAD, N. N. 1957. Los fines de la educación. Editorial Paidós, Buenos Aires.
- World Commission on Environmental Development. 1987. Our Common Future. Oxford University Press. Oxford, Inglaterra.
- WORTMAN, S.. 1976. Alimentación y Agricultura en Investigación y Ciencia, número 2. Prensa Científica, Barcelona, España.

## CAPÍTULO 3

### MONITOREO AMBIENTAL Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN AGRICULTURA-MEDIO AMBIENTE

---

JOSÉ CARLOS N. EPIPHANIO

# Monitoreo ambiental y sistemas de información para la evaluación de la relación agricultura - medio ambiente\*

José Carlos N. Epiphanyo \*\*

## INTRODUCCIÓN

El Cono Sur, representado por diversos países, con una extensión territorial de más de 12 millones de km<sup>2</sup> presenta una gran diversificación de ambientes y de usos. Los recursos naturales son explotados muchas veces de formas no apropiadas o, en condiciones subóptimas. Incluso, cuando se desea aprovechar los recursos de una forma más adecuada, frecuentemente se choca con un nivel de conocimientos poco satisfactorio sobre el medio físico. Además, incluso cuando la información existe, no es poco común el hecho de que ella esté en locales y en formas de difícil acceso, o que muchas veces ocasione duplicaciones de esfuerzos para obtenerla de manera redundante. O sea, la información en el Cono Sur, y en particular la ambiental, sufre desvíos de variada naturaleza.

En un momento que la demanda de informaciones para el gerenciamiento ambiental se amplía cada vez más (Simpson, 1996) y los medios de acceso parecen tornarse más simples y difundidos, es forzoso reconocer que se está delante de una realidad donde los aspectos antes mencionados son determinantes y dificultan cualquier acción, desde el nivel de las investigaciones al de trazado e implementación de políticas. Se sabe que para cualquier programa integrado de uso de los recursos terrestres existe la necesidad de tener conocimientos del medio. Sin embargo, no basta esto, es necesario que tal conocimiento sea accesible al usuario o al que toma decisiones. Este asunto es de tal relevancia, que una de las preocupa-

ciones centrales de las reuniones sobre medio ambiente se refieren a la información (Nations Unies, 1993).

Una de las informaciones buscada frecuentemente se refiere a la sustitución de la vegetación nativa o ecosistema natural por otros orientados a atender las necesidades materiales del ser humano y sus agrupamientos. Luego de aquella alteración inicial, los principales usos que se hacen de la tierra son: la agricultura, la pecuaria y/o la reforestación. El desarrollo de esos usos secundarios de la tierra, en general, producen estrés variado sobre el ambiente. Tal estrés se refiere a los tres reinos: animal, vegetal y mineral. Ya que no es el objetivo de este capítulo la investigación de tales alteraciones, se detecta de una forma muy generalizada: en el reino animal alteraciones sobre la fauna; en el vegetal de la flora y, en larga escala, la sustitución de una capa por otras; y en lo mineral, no es poco común que se observen diversas contaminaciones, erosión del suelo, alteraciones de lagos y cursos de agua.

El tema es complejo y puede ser abordado en diversos niveles de profundidad. Cuando se busca relacionar la información con tales alteraciones, lo que se observa es un frecuente desacompañamiento entre el tipo y la amplitud de la información necesaria, y su disponibilidad. O aún, muchas veces se verifica que la información está disponible, pero no se sabe de su existencia. Este último caso es grave, pues indica que se hicieron inversiones en la generación de la información y ella se mantiene incógnita para el usuario, con evidente perjuicio social. Para los países del Cono Sur, tal gravedad es aún mayor, una vez que los recursos disponibles para la generación de las informaciones son escasos.

No obstante, el tema de la información pueda ser abordado de múltiples formas, nuestra atención será dirigida especialmente al relevamiento y monitoreo de

---

\* Traducido del portugués por el Dr. Juan A. Dogliotti.

\*\* Ingeniero Agrónomo, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE), São José dos Campos, SP, Brasil.

los recursos naturales y, más específicamente, a las posibilidades de integración de diversas informaciones existentes con el objetivo de comprender y modelizar las relaciones que comprometen la agricultura con el ambiente. En este contexto, las técnicas de sensores remotos y geoprocesamiento han desempeñado un papel creciente. Así, para que se consiga tener una visión amplia acerca de las posibilidades de estos instrumentos, es necesario que se tenga un conocimiento de su historia, desarrollo y perspectivas.

Una fuente actual de datos está en uso creciente en el ámbito del Cono Sur, el sensorio remoto. Con el avance del conocimiento en esta área, muchas aplicaciones nuevas han sido abiertas. Es en este sentido que, en este capítulo, se va a discutir algunos aspectos relacionados a la información y su disponibilidad, y presentar el sensoramiento remoto como un recurso disponible para la obtención de datos acerca de la agricultura y el ambiente, y además realizar una vinculación entre las técnicas de sensores remoto y los sistemas de información geográficos.

## LA GENERACIÓN DE INFORMACIONES EN EL CONO SUR.

La información es un momento avanzado en el proceso de toma de decisiones. Antes de que ninguna acción - por ejemplo, gubernamental sobre el medio ambiente - se pueda tomar es necesario que haya una clara identificación del problema que se desea abordar y se pueda confeccionar una metodología adecuada de relevamiento de datos y análisis para la generación de las informaciones. A partir de allí es que se pueden diseñar escenarios y decidir sobre las posibles acciones a ser tomadas frente a aquel problema. En una sociedad, los agentes de obtención de informaciones particularmente sobre agricultura y medio ambiente, en una sociedad, pueden ser de naturaleza muy diversa. En esos casos, hay un componente gubernamental muy fuerte ya que, en general, ello compromete altos costos, y los retornos en términos financieros no siempre son visibles a simple vista. Así, por ejemplo, un relevamiento de suelos en el ámbito estadual sólo es concebido y realizado si hay un fuerte componente gubernamental que asuma los costos del relevamiento.

Las universidades, las instituciones de investigación (por ejemplo, EMBRAPA, en Brasil; INTA, en la

Argentina) y los órganos gubernamentales especializados (IBGE e IGC, en Brasil) son las grandes instituciones generadoras de información sobre el medio ambiente y sobre la agricultura. Se puede decir de forma simplificada que, en el caso de las universidades, hay una carencia de formas rutinarias y consagradas de divulgación de las informaciones generadas. O sea, muchas de esas informaciones están en la forma de artículos científicos y tesis, las cuales ni siempre son de fácil acceso a usuarios secundarios de la información y a tomadores de decisión.

En el caso de los organismos de investigación, en general, se aumenta el énfasis en la diseminación de las informaciones durante el proceso de su generación. Pero aún así el usuario de la información siente cierta dificultad en localizar la información deseada. Los órganos gubernamentales especializados, por tener actividades más direccionadas a la generación de informaciones específicas, son a los que se puede acudir con más rapidez cuando se necesita cierto tipo de información. No obstante estos niveles variados de generación de la información existente, lo que se constata es: la existencia de la dificultad en saber lo que se está generando y, una vez generado, donde encontrarlo.

A continuación se presenta un itinerario reflexivo relacionado a la información, y que debe interesar tanto al responsable por su generación cuanto al usuario final.

- Nivel de generación de la información.
  - ¿Cuál es el problema que se desea enfrentar?
  - ¿Qué información es necesaria?
  - ¿Quién sabe como generar tal información?
  - ¿Cómo generar tal información?
- Nivel de difusión de la información.
  - ¿La información será pasiva (el detentor de la información desea hallar un receptor, por tanto el receptor es pasivo), o activa (el receptor desea una información y procura a quien la tiene, por tanto el receptor es activo)?
  - ¿Qué tipo de información es necesaria?
  - ¿Quién precisa de esa información?
  - ¿Cómo transmitir la información?

- ¿Quién sabe como transmitir la información?
- Nivel de uso de la información
  - ¿La información obtenida es adecuada al problema?
  - ¿Qué adaptación debe sufrir la información?
  - ¿Es posible tener un mecanismo de "feedback" de la información?
  - ¿Son necesarias otras informaciones?
  - ¿Cómo implementar y hacer uso de la información?

## RELACIÓN AGRICULTURA-AMBIENTE

La agricultura, por naturaleza, es una actividad que sigue al uso original de la tierra. O sea, se puede decir que la agricultura es un uso secundario de la tierra, siendo implantada en lugar de la vegetación que originariamente ocupaba determinado espacio. Además, la agricultura es componente esencial para la continuidad de la civilización en la Tierra, una vez que es posible pensar en la sustitución o síntesis de muchos productos que el hombre moderno consume (petróleo, plásticos, etc.), pero es prácticamente imposible pensar en sustituir el consumo de productos agrícolas naturales. Esto se puede hacer por cortos espacios de tiempo y apenas en pequeña escala. Por tanto, una premisa básica de cualquier discusión sobre ambiente es el hecho de que la agricultura es una actividad que va a continuar existiendo.

La agricultura es una actividad que ocurre fundamentalmente como sustitución de un uso original de la tierra; también mantiene interfase con el agua, el suelo y la atmósfera. Es obvio, así, que la relación de la agricultura con el ambiente es íntima. Esta relación de la agricultura con el ambiente extrapola hasta el mismo ambiente próximo en que es implantada. Eso quiere decir que, aunque la actividad agrícola sea realizada en una determinada localización espacial, puede afectar directamente el ambiente que se encuentra a grandes distancias. Así, por ejemplo, muchos de los insumos actuales utilizados en la agricultura son producidos en las proximidades de grandes centros urbanos, pudiendo afectar el aire y reservorios de abastecimiento de esas poblaciones. O aún, parte

del suelo transportado para los reservorios puede afectar la generación de energía, debido a la degradación de la calidad del agua y volumen del reservorio (Pires y Novo, 1991). O sea, cuando se busca analizar la agricultura y su relación con el ambiente, se debe tener en perspectiva el mayor número de aspectos involucrados. Para que se puedan establecer y acompañar esas interrelaciones deben haber informaciones disponibles.

## DE LOS DATOS A LA INFORMACIÓN AMBIENTAL

Un paso fundamental hacia la información ambiental es la obtención de datos. Los datos pueden ser de múltiples fuentes, tener los más diversos formatos, ser representativos desde áreas puntuales hasta áreas regionales o nacionales, etc. Se puede decir que los datos tienen una variabilidad intrínseca muy grande y que su utilización en la generación de una información útil, depende de un análisis riguroso de su real adecuación al problema enfocado.

Se puede categorizar los datos por sus niveles de obtención en: a) de laboratorio, b) de campo, c) de aeronave, d) espaciales. Es claro que cuando se hace esta división a los efectos de la discusión, entran en escena algunas condiciones de contorno, como por ejemplo, instrumentación y escala.

### Laboratorio

En este nivel de adquisición, se llega a una información detallada sobre muestras puntuales, ya sea de datos físico-químicos de suelos provenientes de un horizonte de cierto perfil, o de muestras de agua de reservas colectadas por cierto interés. A este nivel es posible separar bien la fuente material a ser analizada, o sea, es posible distinguir entre una muestra de suelo, una de agua, una de aire, y una de hojas. El nivel de precisión de las determinaciones analíticas tiene buenos parámetros y la constitución microscópica de la muestra tiene peso significativo. Es posible el establecimiento de rutinas de laboratorio con grados significativos de eficiencia, y la repetibilidad de análisis es una constante.

En un análisis ambiental, este nivel no debe ser nunca relegado a un plano secundario. Es el nivel

donde se detectan, en detalle, alteraciones en el suelo, en el agua, en el aire, en la flora y en la fauna. Por otro lado, este nivel no debe estar desconectado de los demás. Como es una medida puntual, en general, carece de representatividad espacial y temporal, las cuales pueden ser complementadas por otros niveles. Por tanto, su análisis debe ser siempre hecho, tomando en cuenta la medida exacta de su representatividad. Si el concepto de escala fuera aplicado aquí, se puede decir que este es un nivel de mayor escala, donde lo que ocurre en el terreno tiene casi que el mismo orden de representación numérica. Actualmente, uno de los grandes temas en las discusiones ambientales es el problema de escala. Por ejemplo, cómo extrapolar datos puntuales, y cómo trabajar con datos obtenidos en diferentes escalas (Ehleringer y Field, 1993).

### **Campo**

Es un nivel más generalizado que el de laboratorio. Comprende aquellas determinaciones, análisis y observaciones que van desde parcelas experimentales hasta extensiones de varios kilómetros cuadrados. Puede ser definido como el nivel secundario de obtención de datos. El tipo de dato proveniente de aquí tiene mayor representatividad espacial, no obstante pierde en detalle. Por ejemplo, no es posible hacer varias perforaciones a lo largo de una ladera y tener una evaluación, aunque grosera, de la variación textural-espacial de los suelos en aquel trecho. Un ataque de plagas en un cultivo puede ser mejor detectado a nivel de campo, donde se puede verificar su importancia espacial, desuniformidad de la infestación, eventuales relaciones topográficas.

Otra característica del nivel de campo es la posibilidad de interacción social. En este nivel, en muchos trabajos, la entrevista de campo es un dato fundamental. Es de relevancia para un análisis ambiental saber: dónde y cuándo un animal fue intoxicado, si un área es más productiva que otra, cuál es el tipo de herbicida y otros productos químicos utilizados en las últimas zafras, etc. Ese tipo de información sólo es posible a través de la colecta de datos a este nivel.

Muchas otras determinaciones y actividades son realizadas a nivel de campo, como seguimiento de desarrollo de cultivos con mediciones biofísicas (índice de área foliar, porcentaje de cobertura, incidencia de plagas, enfermedades, intoxicaciones, etc.),

implantación de experimentos, verificación correlativa con análisis de laboratorio. O sea, es el nivel intermedio donde hay un contacto con la expresión natural del ambiente, donde le es posible al analista comparar la realidad de campo con el nivel más microscópico y con los niveles más generalizados que serán discutidos a continuación.

### **Aeronave**

El nivel de aeronave es aquél donde el instrumento sensor está localizado en un vehículo de transporte aéreo, así sean globos, helicópteros o aviones de baja, media y alta altitud. Dada la gama de altitudes en que pueden operar los vehículos en este nivel, es natural que las observaciones se puedan presentar en diversas escalas. Los instrumentos de sensorio remoto más comunes relacionados a la agricultura y que pueden ser operados a bordo de aeronaves son las cámaras fotográficas y los radiómetros.

Las cámaras aéreas están entre los instrumentos más antiguos para la observación del ambiente. La cámara fotográfica, creada en el siglo XIX, fue ampliamente perfeccionada en el siglo XX y su utilización en aeronaves tuvo un papel decisivo en las dos grandes guerras. El desarrollo de las cámaras propiamente dichas, de las películas, filtros y papeles fotográficos hicieron de la cámara fotográfica aérea un instrumento fundamental para el relevamiento de recursos naturales en los diversos campos, como cultivos agrícolas, suelos, geología, bosques, reservorios, geomorfología, etc. (Philipson, 1996).

Las fotografías aéreas permiten una visión contextualizada de los "blancos" (entendidos aquí como objetos naturales o construidos por el hombre en la superficie terrestre). Hay dos aspectos de los datos fotográficos que se deben enfatizar. Uno es aquél relacionado con el potencial de identificación e interpretación de los diferentes objetos en la superficie terrestre. Esto significa que la fotografía aérea permite que cultivos y bosques sean identificados, los cursos de agua sean monitoreados, las características del relieve sean interpretadas para fines pedológicos y geológicos. Otro aspecto importante de las fotografías aéreas lo constituye la capacidad de estereoscopia, o sea, la visión tridimensional permitida por ellas. Como las fotografías aéreas son obtenidas secuencialmente y con un porcentaje de superposición entre ellas, un

mismo objeto en el terreno es visto bajo dos perspectivas diferentes. Esto permite que el modelo original del terreno pueda ser reconstruido con el uso de un estereoscopio. Es posible hacer un mapeo cartográfico del terreno teniendo algunos puntos de control, de los cuales se disponga localización y altitud. Por ejemplo, las cartas topográficas con isolíneas de altitud son obtenidas por este proceso.

Un componente importante del sensorio remoto aéreo es la película fotográfica. Hay varios tipos de productos que pueden ser obtenidos de las fotografías aéreas, en función de la película fotográfica: fotografías en blanco y negro, coloridas, infrarrojas coloridas normales y de color falso, transparencias coloridas positivas y otros. Además de esa gama de productos, debe ser considerada la escala de obtención de la fotografía aérea. Los vuelos pueden ser programados para la obtención de productos, desde escalas grandes (1:10.000 y mayores) hasta escalas pequeñas (1:45.000 y menores) (Philipson, 1996).

En cuanto a las fotografías aéreas, se debe resaltar que ellas son el producto base para los documentos cartográficos de precisión. En el caso de los países del Cono Sur, debe haber un esfuerzo en el sentido de realizar los vuelos y los procesamientos necesarios para la generación o actualización del material cartográfico de los diversos países, ya que éste es el material de referencia sobre el cual todas las informaciones ambientales deben ser referidas. En Brasil, por ejemplo, gran parte del documento cartográfico data todavía de los años '70. Dada la constante evolución del medio físico por la acción antrópica, es necesaria la actualización cartográfica para que tales alteraciones sean incorporadas en los documentos a disposición de la comunidad usuaria.

Hay otros instrumentos pasibles de ser transportados en aeronaves. Uno de ellos son los radiómetros, cuya finalidad es generar datos espectrales en forma de imágenes digitales de la superficie terrestre. En general, funcionan como precursores de los sistemas transportados en satélites. Operan en longitud de onda abarcando lo visible (semejantes a las fotografías aéreas), infrarrojo próximo y medio, e infrarrojo termal. La ventaja de esos sistemas es que ellos pueden operar en regiones del espectro electromagnético en que las fotografías no llegan, y que sus datos, por ser digitales, pueden ser tratados por sistemas de procesamiento de imágenes. Su empleo como medio

para relevamiento de recursos naturales ha sido limitado.

Además de los radiómetros, están los radares aerotransportados. La gran ventaja de los radares es la posibilidad de ser operados y generar imágenes incluso en condiciones climáticas adversas. Un gran ejemplo de aplicación en la utilización de ese producto fue el Proyecto Radam realizado en Brasil en los años '70. Con los datos de radar en forma de imágenes de papel, y con gran esfuerzo de campo y laboratorio, fueron generados informes y mapas en la escala de 1:1.000.000 de geología, suelos, geomorfología, vegetación y aptitud agrícola de los suelos, para una gran área brasilera. Para una gran región de Brasil, los datos del Proyecto Radam se constituyen en la única fuente cartográfica de datos ambientales.

Los datos generados por sensores aerotransportados son variados y, a veces, financieramente costosos. La definición del problema a ser estudiado tendrá un papel importante en la planificación del vuelo (escala y tipo de producto deseado). Como los vuelos se tornan escasos y geográficamente localizados, es necesaria una divulgación de cuáles vuelos están disponibles a los usuarios, con los correspondientes costos de adquisición de los datos. Sin embargo, cualquier analista que pretenda hacer una evaluación ambiental en los más diversos campos de interés no debería prescindir del uso de la fotografía aérea. No se debe tener la idea falsa de que un sólo tipo de datos permitirá una medición completa de un problema bajo estudio. En verdad, lo que da más beneficio práctico es la unión de diversos productos, ya que cada nivel tiene su propia característica y contenido potencial de información.

### ***Orbital***

El nivel orbital es aquél donde el instrumento sensor se encuentra a bordo de un vehículo espacial. La altitud de tal vehículo espacial puede ser de algunas centenas hasta varios millares de kilómetros. El uso de satélites para monitoreo ambiental y colecta de datos remonta a los años '60, como consecuencia de la búsqueda de la conquista espacial por parte del hombre. Los primeros satélites para monitoreo ambiental estaban más orientados a los fines meteorológicos. El primer satélite específicamente orientado a la colecta de datos de recursos naturales fue el ERTS-1

(Earth Resources Satellite), bautizado como Landsat con posterioridad al lanzamiento. Este satélite portaba entre sus instrumentos un radiómetro de barrido mecánico (MSS - Multispectral Scanner System) que promovía la generación de imágenes de la superficie completa de la Tierra cada 18 días. Esa serie de satélites continuó y está actualmente en el número cinco, previéndose la puesta en órbita del número siete para 1998, posteriormente de haber ocurrido la pérdida del número seis. Además del Landsat está el Spot, francés, el Indio IRS (Indian Remote Sensing Satellite), y algunos sistemas radares en operación, a los cuales nos referiremos posteriormente.

Hay dos tipos básicos de grupos de satélites orientados a la colecta de datos ambientales. El primero, más orientado a meteorología, son los geoestacionarios, o sea, tienen una posición fija alrededor del ecuador, pudiendo obtener imágenes con intervalos cortos de tiempo (de la orden de minutos), y están posicionados a aproximadamente 36.000 km. de altitud. Otro grupo se refiere a los satélites de órbita cuasi polar, y están situados a menos de 1.000 km. de altitud. En esta última categoría están los llamados satélites de recursos naturales. Se puede aún dividir este último grupo en cuanto a la faja de imagen tomada por sus principales instrumentos de sensorio remoto. Están los que cubren una amplia faja de terreno, de aproximadamente 2.600 km, a cada órbita (por ejemplo, el Advanced Very High Resolution Radiometer - AVHRR, a bordo del satélite NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration), y que, por lo tanto, promueve una cobertura de la Tierra a cada día. Y están aquéllos que cubren una faja estrecha de terreno, entre 100 a 185 km cada órbita (por ejemplo, o Thematic Mapper - TM, a bordo del Landsat) y que, por tanto, les toman varios días para promover una cobertura completa de la Tierra. En este último caso, en consecuencia de ser la faja de imagen relativamente estrecha, una cierta porción de terreno sólo es reproducida en imagen consecutivamente a intervalos de varios días (variable de satélite para satélite, y típicamente entre 16 y 35 días).

Los sensores remotos orbitales han sido instrumentos valiosos para el monitoreo de la agricultura y del ambiente. Las características que más se destacan en el análisis de un sensor remoto son las de resolución temporal, espacial, espectral y radiométrica. La resolución temporal se refiere al tiempo de revisita de la imagen del satélite sobre la misma área. La

resolución espacial dice respecto al área mínima tomada en imagen por el sensor y, en general, varía desde algunos metros a decenas o mismo centenas de metros. La resolución espectral puede ser entendida como la región espectral de actuación de los sensores y el número de bandas espectrales en que tal sensor consigue dividir el espectro y obtener imágenes. Finalmente, la resolución radiométrica está ligada a la sensibilidad del sensor a las variaciones de energía provenientes del blanco u objetivo. Hay diversos textos a los cuales se puede recurrir para profundizar sobre la teoría de la detección electromagnética, conceptos de formación de imágenes, sistemas sensores, como Swain y Davis (1978), Slater (1980), ASPRS (1995).

Esas características descritas sucintamente más arriba tienen razonable impacto sobre las posibilidades de los diversos sistemas para monitoreo ambiental y de la agricultura. La resolución temporal indica la potencialidad de los sistemas para el acompañamiento de fenómenos dinámicos. La agricultura es una actividad que se adapta bien a los sistemas sensores orbitales, pues permanece instalada por largos períodos en el campo. Una consideración que debe ser hecha es que en la agricultura de secano, que es la predominante, es realizada en el período de ocurrencia de lluvias. En general, en esa época la cantidad de nubosidad y condiciones climáticas adversas dificulta la obtención de imágenes utilizables en la región óptica del espectro (visible e infrarrojo). Con la disponibilidad de sensores en la región de las microondas proveyendo imágenes de radar, se amplía la perspectiva de aplicación de sensorio remoto en la agricultura. Es que las imágenes radar son prácticamente insensibles a las condiciones de nebulosidad (que afectan las imágenes en la región óptica), y podrán servir para el seguimiento sistemático de áreas agrícolas.

El análisis temporal permitido por el sensorio remoto tiene evidente apelación ambiental. En general, a excepción de grandes desastres, que tienen corta duración temporal, los cambios ambientales tienen una dinámica lenta en comparación con la resolución temporal de los satélites. Así, las alteraciones de uso de la tierra en una región dada, o la erosión de los suelos, o aún el secamiento de una represa, son procesos que ocurren en el transcurso de los años. Tales dinámicas son plenamente plausibles de ser acompañadas por los sensores remotos, los cuales



**Sistemas que operan en faja de microondas**

Parámetro	Radarsat	JERS-1	ERS-2	ALMAZ-3
País	Canadá	Japón	Europa	Rusia
Lanzamiento	1995	1992	1994	1994
Altitud (km)	794	568	787	300
Inclinación (grados)	98,6	97,7	98,5	73
Ciclo de repetición (días)	24	44	35	-
Sincrónico con el sol	si	si	si	no
Banda SAR (cm)	C;5,6	L;23,5	C; 5,7	S;10
Polarización.	HH	HH	VV	HH
Faja en terreno (km)	50/510	75	100	2x350
Fajas SAR (número)	16	1	1	2
Resolución SAR (m)	10-100	18	30	15-30
Angulo de visión (grados)	20-50	35	23	30-60
Estaciones disponibles	10	20	10	1

**INTERACCIÓN ENTRE SENSOREO REMOTO Y GIS**

Como afirman Cowen et al. (1995), el monitoreo y la restauración ambiental requieren acceso eficiente a grandes cantidades de diversas informaciones espaciales. Los sistemas de informaciones geográficas y los datos de sensorio remoto están relacionados tanto a aspectos físicos naturales como a aspectos hechos por el hombre. Es importante que todos los datos estén inmediatamente accesibles en la mesa de los científicos independientemente de la plataforma computacional que ellos usen.

Los sistemas de informaciones geográficas son sistemas diseñados para trabajar con datos referenciados por coordenadas espaciales o geográficas (Star y Estes, 1990; Manguirre et al., 1991). O sea, un GIS, tanto es un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos referenciados espacialmente, como también es un conjunto de operaciones para trabajar con los datos. De una cierta forma, un GIS puede ser visto como un mapa de alto nivel. En general los GIS también manipulan datos no espaciales.

Como muestra Cámara (1993), el GIS (Geographic Information System) o SIG (Sistemas de Informaciones Geográficas) deben permitir la integración de

diferentes tipos de datos (cartográficos e imágenes de satélite, por ejemplo) en bases de datos, la utilización de algoritmos de manipulación para combinar informaciones diversas generando productos derivados, y la consulta, visualización y diseño de los datos geocodificados contenidos en la base de datos.

En líneas generales un GIS está constituido de elementos funcionales. Tales elementos están básicamente ligados a la adquisición de los datos, al preprocesamiento, al manejo de los datos, al manipuleo y análisis, y a la generación de productos. Una presentación de diversas aplicaciones de GIS en agricultura, con breves discusiones sobre esos módulos, puede ser encontrada en Assad y Sano (1993).

Ha habido una constante búsqueda de integración de las imágenes como los sistemas de información geográfica (Gahegan y Flack, 1996). No obstante, como muestra Mattikalli (1995), cada vez en mayor grado las imágenes de sensorio remoto han sido utilizadas para extraer informaciones del uso de la tierra. Por ello se hace necesario integrar tales datos de sensorio remoto, que están en formato "raster", con los grandes volúmenes de datos existentes provenientes de mapas, por ejemplo, que se encuentran en formato vectorial. La estructura de datos "raster" (esto es rastro o matriz) está compuesta de una disposición ordenada de pares de "pixels" (menores unidades lógicas o células matriciales) arregladas en una secuencia de líneas de barrido. Típicamente, la localización de los "pixels" es hecha usando un sistema de coordenadas que tiene el "pixel" en el extremo superior izquierdo como origen. Por otro lado, los datos vectoriales son compuestos de pares coordenados *x* e *y* arreglados según tres elementos básicos (puntos, líneas y polígonos), que son asociados con ciertos atributos descriptivos. La localización de los datos en un formato vectorial es generalmente hecha a partir de un origen en el ángulo inferior derecho.

Los sistemas de información geográficos tienen la potencialidad de manejar las informaciones según modelos establecidos por el usuario (Burrough, 1986). El sensorio remoto tiene la capacidad de permitir la extracción de informaciones variadas sobre la tierra (cubierta vegetal, actualización de carreteras y otras informaciones desactualizadas en las cartas topográficas), identificación de figuras de interés a la especialización, límites de propiedades y solares, etc. Asociado a esto está la dimensión temporal de los

datos satelitales, que es fundamental en el análisis de monitoreo. La unión del sensorio remoto con los GIS, y con modelos confiables de funcionamiento del ambiente, se torna en una herramienta que puede auxiliar mucho al análisis de los problemas ambientales, teniendo como objetivo no solamente su corrección sino también su prevención.

Uno de los aspectos ligados a la utilización del sensorio remoto y GIS está relacionado con el modo de propiamente dicho. Entre las funciones que los sistemas de información geográfica consiguen realizar está el manipuleo y almacenaje de datos e informaciones. Cuando hay una serie de datos de diferentes orígenes, por ejemplo, carta de suelos, mapa geológico, distribución de la vegetación en distintos años, datos de precipitación espacializados, etc., el analista se ve frente al problema de como analizar aquellos diferentes planos de información de una forma lógica, coherente y sobre todo proficua, para elaborar una información nueva y de valor.

Para que esto pueda suceder, o sea, para que sea generada una información útil, es preciso que haya un modelo cardinal de aquellos planos de información. Como muestran Formaggio e Epiphanio (1993), los modelos pueden ser vistos como "maquetas dinámicas" de los fenómenos y procesos. En los modelos, las variables deben ser definidas y las interrelaciones entre ellas deben ser explicitadas. Así, por ejemplo, para que sea generado un mapa de aptitud del uso de la tierra a partir de diferentes informaciones, deben ser definidas las variables que el Sistema debe manejar (tipo de suelo, declividad, características de niveles de manejo y de los suelos, etc.), y también cuál es la naturaleza de la relación que hay entre esas variables. Con las expresiones de relación entre variables es posible al sistema definir las diferentes clases de aptitud (Formaggio et. al., 1992). Un gran desafío actual en el uso integrado de sensorio remoto con GIS está en la definición y construcción de modelos más apropiados a los diferentes procesos.

## **SENSOREO REMOTO, GIS Y MONITOREO AGROAMBIENTAL**

En ocasión de la reunión sobre medio ambiente en Río de Janeiro, en 1992, fueron señalados muchos temas que deberían ser atacados para que el hombre se pudiese desarrollar como civilización, manteniendo no obstante la sustentabilidad del ambiente. (Nations

Unies, 1993). Por el análisis del documento, se puede verificar que en varios de los tópicos señalados y las acciones que deberían ser ejecutadas para implementarlos, el sensorio remoto podría constituirse en un factor que contribuya a sus soluciones.

### ***Planificación y gerenciamiento de los recursos de la tierra.***

Este es un ítem amplio, que pauta la mayoría de los esfuerzos de la investigación ambiental. Para planificar es preciso conocer y eso es lo que busca la investigación. Finalmente luego de haber sido generado mucho conocimiento, hay un consenso de que es preciso integrar para los fines de la planificación el conocimiento existente. Es obvio que siempre van a haber lagunas que se deberán llenar constantemente, porque el conocimiento es dinámico.

Un auxiliar para la planificación y gerenciamiento de los recursos de la tierra es el sensorio remoto, junto con las técnicas modernas de GIS (Sistema de Información Geográficos). Los productos de gran escala, notoriamente las fotografías aéreas (1:20:000 y mayores), han servido como material básico para la planificación de la tierra en propiedades agrícolas desarrolladas. Sin embargo, ha sido ínfimo su uso efectivo en el ámbito de la propiedad agrícola, principalmente por la dificultad de acceso a los productos de los vuelos ya realizados, por una falta de difusión en cuanto a su potencial como apoyo a la planificación y de las técnicas apropiadas para su uso eficiente. No obstante, la acción de difusión a los agricultores se podría realizar por medio de las cooperativas y otros organismos que tienen contacto directo con ellas. Actualmente, el uso de la fotografía aérea podría ser mucho más difundido de lo que es, si se tiene en cuenta el bajo costo de una fotografía aérea, y la facilidad existente de reproducirlas con buena calidad.

Las imágenes satelitales, en general, son utilizadas en escalas menores (1:50.000 y menores) y, por eso, tienen otro nicho de uso potencial, como aquellas instituciones que actúan más en un nivel regional. En esta categoría están las prefecturas, cooperativas, y entidades de apoyo al agricultor y responsables por la planificación y desarrollo regional. Si bien en esta categoría las fotografías aéreas han sido utilizadas con más constancia, las imágenes de satélite aún son de poca aplicación. Se pueden identificar una serie de razones por las cuales los productos de sensorio

remoto orbital no han tenido mayor penetración en estos niveles. Una de ellas es la falta de conocimiento y la necesidad de una cierta infraestructura computacional para poder leer y procesar las imágenes cuando están en la forma digital. La falta de conocimiento se está resolviendo, gracias a un intenso programa de diseminación del conocimiento, en particular en Brasil. En cuanto a la infraestructura computacional, está ocurriendo un abaratamiento de los computadores, asociado a un continuo aumento de su desempeño, además de haber aumentado la disponibilidad de software de bajo costo. Otros aspectos fueron analizados en la discusión de la integración entre sensorio remoto y GIS.

### ***Combate a la deforestación.***

La deforestación es una de las primeras actividades que anticipan los problemas ambientales en un área determinada. Hay varias formas por las cuales se da la deforestación y que no serán abordadas aquí. Además de los problemas relacionados a la deforestación (perjuicio a la biodiversidad, impacto por las emisiones de anhídrido carbónico y consecuente relación con el efecto invernadero, y de una posible afectación del ciclo hidrológico como consecuencia de efectos sobre el clima), hay consecuencias sobre la reserva de nutrientes, erosión del suelo y otros. El sensorio remoto ha sido la mejor técnica para evaluar la deforestación, particularmente en la región amazónica. Reconocida como inhóspita, de difícil acceso y con un área inmensa, sólo con una tecnología que pudiera dar una visión sinóptica y que tuviese buena resolución espacial y temporal se podría relevar las deforestaciones de forma periódica. El INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales de Brasil) viene dirigiendo proyectos de evaluación periódica de deforestaciones, proporcionando indicadores al respecto aceptados internacionalmente.

A pesar que se pueda pensar en el uso de la fotografía aérea para la actividad de monitoreo de la deforestación, en la práctica eso se vuelve imposible, no sólo por el alto costo operativo, sino también por la propia dinámica de la actividad, en contraste con el carácter estático de la cobertura aérea. El sensorio remoto orbital y las técnicas asociadas son el medio más adecuado para tal monitoreo. El proyecto PRODES (INPE, 1996), que promueve tal actividad en Brasil, realiza el monitoreo de vastas regiones y pone a

disposición las informaciones a la comunidad de usuarios.

Mientras se vea a la deforestación como una actividad perniciosa, hay que tener en consideración que la visión actual es que haya una ocupación parcial y sustentable de áreas de bosques. Lo que se intenta evitar y se condena es su uso desordenado, precedido por deforestación sin planificación y sin el acompañamiento de una visión de sustentabilidad a largo plazo. Lo que se preconiza es que la preocupación existente con las generaciones venideras se tome en cuenta para las actividades que se ejecutan en el presente.

### ***Gerenciamiento de ecosistemas frágiles: combate a la desertificación y a la sequía***

Los sistemas denominados frágiles son aquéllos cuyo uso y manejo podrían causar impactos significativos sobre los recursos de la tierra. En general tales impactos conducen a problemas como desertificación y sequía, causando la caída de su productividad inicial, o incluso una inviabilización del mantenimiento de las condiciones de vida biológica hasta entonces presentes en el sistema. El sensorio remoto, aliado a los sistemas de GIS, en los parámetros valuados por Gahegan y Flack (1996), por ejemplo, pueden ayudar en el monitoreo y gerenciamiento de sistemas con estas características. Proyectos como el PRODES, mencionado en el ítem anterior, se podrían implementar para los países del Cono Sur, objetivando un monitoreo de grandes dominios morfoclimáticos, como por ejemplo, las pampas, o el pantanal, las áreas de montaña y el semiárido.

El acoplamiento de técnicas de sensorio remoto y de sistemas de información geográficos, permiten que haya desarrollo y pruebas de técnicas de modelaje ambiental que puedan ser aplicadas rápidamente en el manejo ambiental. Esto es particularmente útil para los sistemas frágiles, o para evaluación de especies frágiles. Un ejemplo de esa unión de técnicas fue la aplicación de la técnica ASI (Índice de Adecuación del Hábitat) para animales salvajes hecha por Duncan et al. (1995), en que fueron evaluadas áreas de preservación amenazadas por la expansión urbana, por la pérdida de nutrientes, por erosión y "runoff", por la infestación de especies exóticas de plantas, y aumento de uso para fines recreativos. La integración de técnicas de GPS (Sistema de Posicionamiento Global), sensorio remoto orbital, fotointerpretación de fotogra-

fías aéreas, y helicóptero para verificación de terreno, permitirían una evaluación precisa de las áreas de riesgo. Trabajos semejantes se podrían realizar para implantación de proyectos de agricultura y otras actividades en áreas de ecosistemas frágiles.

### ***Conservación de la diversidad biológica***

El agua es uno de los factores de mayor preocupación cuando se analiza la distribución poblacional. Aglomeradas en centros cada vez más populosos, las poblaciones son cercadas por áreas de actividades agrícolas, áreas deficientes de saneamiento básico, distritos industriales. Todos esos factores contribuyen con materias que ofrecen riesgos potenciales para los reservorios localizados en las proximidades de los centros urbanos. Para los reservorios localizados a mayor distancia, las actividades agrícolas en sus entornos son factores de riesgo permanente para la calidad de agua.

Las grandes ciudades del Cono Sur, como San Pablo y Buenos Aires, tienen problemas con la calidad del abastecimiento de agua para sus poblaciones. Las técnicas de monitoreo remoto han sido utilizadas para medir la concentración de sedimentos y materia orgánica y la proliferación de macrófitas en reservorios. Estos son fenómenos pasibles de ser medidos con sensores remotos (Pires y Novo, 1991; Novo et al. 1993; Novo y Tundisi, 1994).

Los reservorios son blancos relativamente poco extensos y bien localizados, prestándose en forma excelente para el seguimiento con fotografías aéreas. Además de eso, como son vitales para las poblaciones, especialmente aquéllas de los grandes centros urbanos, merecen un monitoreo continuo mediante sensores remotos en búsqueda de la identificación de fuentes que causan polución y descargas, actividades biológicas perjudiciales, actividades en sus entornos, etc.

No obstante, las preocupaciones con la calidad del agua no se restringen sólo a los reservorios, sino también a los ríos. Es necesario un monitoreo constante vía monitoreo remoto de las nacientes y de los matorrales en las márgenes de los ríos. La actividad agrícola tiende a ser agresiva. Debido principalmente a los altos costos de los insumos de la tierra y a la falta de conciencia ambiental, es común observar que se

intenta aprovechar, incluso, las tierras ubicadas en las proximidades de los márgenes de los cursos de agua.

Por el fenómeno de erosión de los suelos, hay arrastre de sedimentos hacia los cursos de agua y hacia las represas rurales, causando menor filtración y mayor devastación de las represas. Esto causa disminución de la capacidad de uso del agua en las propiedades cuando hay sequía, provocando pérdida de peso en los animales que utilizan el agua y mayores riesgos de contaminación.

### ***Gerenciamiento aceptable de los químicos tóxicos desde el punto de vista del medio ambiente***

Uno de los grandes desafíos enfrentados en el gerenciamiento ambiental es aquél que tiene relación con los productos tóxicos y/o peligrosos. También se incluyen en este tema las drogas ilegales, su cultivo y tráfico. En cuanto a los productos tóxicos, puede haber una contribución de monitoreo remoto en lo relativo al mapeo y monitoreo de las principales actividades agrosilvopastoriles. Esto puede brindar una información importante para la determinación de donde están concentrados los usos de ciertos productos químicos.

En cuanto a las drogas dirigidas al tráfico, el INPE participó de algunas iniciativas experimentales en el sentido de identificar esos cultivos vía monitoreo remoto. Una consideración importante en esos casos se relaciona con las dimensiones físicas de los campos de cultivo. Para que el monitoreo remoto orbital pueda permitir una identificación y monitoreo de esas áreas es necesario que ellas tengan dimensiones compatibles con las resoluciones espaciales de los sensores a bordo de los satélites espaciales y que no estén bajo la cubierta vegetal de otras especies. Otra alternativa de uso del monitoreo remoto es el mapeo de esas áreas con aeronave, pero los costos involucrados son elevados. Para la detección de esas áreas ciertamente han sido utilizados los métodos indirectos. En este caso, se sabe que las áreas de cultivo de plantas con finalidad de tráfico llevan asociada una necesidad de transporte. Para que haya tal transporte, la constante es el uso del avión. Así, la construcción de pistas de aterrizaje en regiones remotas propicia la denuncia de las áreas de posibles cultivos ilegales. En general tales pistas y posibles construcciones son detectables en imágenes satelitales, en la medida que haya con-

traste suficiente entre el material de la pista y los blancos vecinos.

En cuanto al transporte de cargas peligrosas, los sistemas de información geográficos pueden auxiliar a la planificación de rutas y horarios que causen menos riesgos a las poblaciones de los centros urbanos. El sensorio remoto, también, puede auxiliar en la apreciación de posibles daños ambientales de amplia escala que por ventura pudieran ocurrir. Un ejemplo de ello es el trabajo de Lowry et al. (1995), donde, con el auxilio de técnicas de GIS, analizaron una situación de accidentes con materiales peligrosos en una región de escasez de informaciones. Se realizó una investigación para desarrollar un abordaje para estimar y determinar la vulnerabilidad de una comunidad ante una eventual liberación de materiales peligrosos. Se hizo un análisis de cartografía compuesta de variables relacionadas al hombre y a los riesgos para determinar los lugares de alta vulnerabilidad. El análisis de sensibilidad permitió investigar varios escenarios de vulnerabilidad. Se demuestra que los análisis basados en GIS pueden evitar mucha subjetividad inherente a estimaciones de esa naturaleza.

### **Integración de la comunidad técnica y científica**

Tratándose del ambiente la información es fundamental. La generación de la información está muy relacionada al medio técnico y científico. Para que los esfuerzos puedan ser unidos de modo de ser más proficuos es necesario que haya comunicación entre los diversos grupos que estén actuando en los diversos países. Hace algún tiempo la información tenía una dificultad de trámite. Actualmente, con las facilidades a disposición, es posible el diálogo y la transferencia de información de modo prácticamente instantáneo.

A primera vista puede parecer que la tarea es simple. No obstante, hay una gran barrera entre la generación de información y su uso efectivo, como fue mostrado antes en este capítulo. Sin embargo, innegablemente, el medio técnico-científico tiene las mejores condiciones para promover la diseminación de la información generada a su alrededor. Inicialmente, para que esto fructifique, las instituciones técnico científicas de los países del Cono Sur deben hacer un esfuerzo de integración en los sistemas globales de comunicación y de transferencia de informaciones.

Debe haber una política de libre acceso a la información y un esfuerzo concentrado de incluir las informaciones relevantes ya obtenidas en las bases de datos y que se permita el acceso a éstas del mayor número posible de usuarios (Figura 2). Se puede decir que sólo puede haber gerenciamiento ambiental si hay conocimiento ambiental suficiente. Llegó el momento de que exista un esfuerzo en el sentido de poner a disposición el material cartográfico, datos diversos, informes y trabajos científicos, mapas del medio físico, etc., en formato digital para que puedan servir de material de base para estudios de gerenciamiento y de planificación.



*Figura 2. Sistema de esfuerzo de difusión del conocimiento generado. A partir del propio científico, pasando por su grupo, su institución y por el gobierno, debe haber una norma general de presentación de los resultados a disposición de la comunidad situada en el nivel más externo.*

Un ejemplo de la necesidad de integración de conocimientos diferentes para alcanzar un objetivo determinado puede ser ejemplificado por el trabajo de Skidmore et al. (1996), en el área de cartografía de suelos. Integraron un sistema especializado con un sistema de GIS para mapear suelos bajo los bosques utilizando un modelo de elevación del terreno y de vegetación, sumado al conocimiento de un pedólogo.

Las comunidades científicas de los diversos países del Cono Sur precisan articularse más entre sí de manera de poder identificar las áreas deficientes de conocimiento científico y buscar los medios para el intercambio de experiencias, de modo de alcanzar niveles superiores de conocimiento en aquellas áreas donde existen carencias.

Vale la pena ser mencionada una experiencia en el área de sensorio remoto. El INPE tiene un curso de

maestría en sensorio remoto hace más de 20 años, un curso de especialización hace más de 10 años, y ha suministrado innumerables cursos de entrenamiento de corta duración. Eso permitió que hubiese una difusión de ese conocimiento por las diversas regiones del país. Actualmente, muchas empresas, universidades, centros de investigación tienen laboratorios de sensorio remoto operando a pleno. La discusión de los problemas enfrentados y nuevas metodologías aplicadas al ambiente han surgido gracias a la continua tarea de formación de recursos humanos. Más recientemente, los países del Cono Sur han enviado estudiantes para el curso. No obstante, es necesario un esfuerzo aún más concentrado. El intercambio de los científicos entre los países del Cono Sur aún es pequeño, y por lo tanto debería ser más incentivado.

### ***La ciencia al servicio del desarrollo duradero***

La investigación, dentro del contexto de la búsqueda de los medios para comprender el funcionamiento de la naturaleza y modificarla con el objeto de proporcionar bienestar al hombre, no debe de perder de vista los riesgos a que muchas veces somete a la propia naturaleza. La preocupación con el largo plazo ha dominado muchas nuevas iniciativas científicas. Una que se debe mencionar, en cuanto incluye monitoreo, es la iniciativa del programa denominado EOS (Earth Observing System). Este Programa de largo plazo fue establecido en los años '80 contando con el liderazgo americano, japonés europeo y con contribuciones de otros tantos países (Asrar y Dozier, 1994; CENRR/NSTC, 1995).

Se trata de una iniciativa con un horizonte de 15 años que tiene como objeto el proveer una serie histórica de datos (un ciclo solar completo) para identificar patrones de cambios y para ayudar a diferenciar perturbaciones inducidas por el hombre en el sistema terrestre de aquéllas producidas naturalmente. Con una visión global del planeta, este programa es más que un simple conglomerado de satélites de sensorio remoto. El EOS abarca una gran gama de investigaciones científicas, capacidades de observación, un vasto sistema de datos e información, y actividades educativas.

Aunque el EOS busque específicamente determinar la extensión, causas y consecuencias regionales de cambios climáticos globales, los investigadores

involucrados no se limitan a tratar simplemente con los componentes biológicos y químicos del Sistema Tierra. Hay una idea clara que las evidencias físicas pueden servir como indicadores o precursores del desarrollo socioeconómico. La alteración de patrones en la disponibilidad de agua, por ejemplo, puede tener profunda influencia en el desarrollo agrícola e industrial regional. Para la consecución de los objetivos del EOS, una serie de sensores comenzarán a ser lanzados hasta el final de la década, y se continuará dentro del próximo siglo. Se sabe que ni las mediciones *in situ* ni los instrumentos espaciales pueden medir todos los procesos activos en el sistema terrestre; mientras tanto, las observaciones espaciales son claves en el proceso, porque los satélites captan mejor y de forma más consistente la perspectiva global.

En una perspectiva de monitoreo ambiental de largo plazo, los países del Cono Sur deberían considerar con mucha atención la oportunidad que significa participar de grandes programas experimentales y de monitoreo, como lo es el configurado por el EOS.

### ***Promoción de la educación, de la sensibilización del público y de la formación***

El debate ambiental pasa necesariamente por el tema de la toma de conciencia, tanto del usuario como de la población en general. Para que se dé dicho proceso es importante que haya educación ambiental, fundamentada en información consistente. La educación debe ser realizada en todos los niveles. Para la escuela primaria se deben constituir programas que permitan a los niños ser capaces de validar en el futuro las tecnologías que van a estar aplicando o consumiendo y sus impactos sobre el ambiente. La juventud es un período psicológico de la vida del hombre en que la sensibilización es elevada. En esta fase ganan fuerza, desde que estén bien planificados, los alistamientos en programas conservacionistas.

En el nivel adulto, donde se alcanzan conocimientos científicos sólidos, la formación ambiental debe ser aplicada en las más diversas carreras. El sistema educacional actual ha invertido tímidamente en esa área. Por ejemplo, en las facultades de derecho, deberían ser incentivados los cursos de derecho ambiental; en las de medicina, las disciplinas de toxicología podrían enfatizar los riesgos ambientales no sólo de la ciudad, sino también los del campo; en las facultades

de agronomía y afines son aún tímidas las iniciativas ecológicas, en términos de transmisión del conocimiento teórico y práctico. Es difícil imaginar programas conservacionistas de relevancia si los profesionales de las más diversas carreras, que son verdaderos formadores de opinión, no tienen conocimientos adecuados. Así, deberían ser incentivados los programas de adecuación curricular de los cursos superiores, con el objetivo de proporcionar conocimientos científicos sobre el ambiente.

Un factor de desarrollo de un mecanismo de control ambiental es el de alistar a la sociedad, en general, en programas de sustentabilidad ambiental. Para que el público pueda ejercer su papel en esos programas, es necesario que él sea sensibilizado en el problema. Igualmente como la demostración de hechos tomados de la realidad ambiental es mostrada en campañas de toma de conciencia, también es importante para atraer al público a la observación y acción frente a los diversos problemas ambientales.

## LA INFORMACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES

La información ambiental es un paso fundamental para que el nivel decisor pueda orientar sus acciones. El sensorio remoto acoplado a GIS puede proveer las posibilidades alternativas necesarias frente a un problema. Los países del Cono Sur pueden usufructuar de ambas tecnologías de una manera rápida y accesible. Las imágenes de diversos satélites son grabadas de forma rutinaria (Brasil graba imágenes del Landsat desde 1974). Tanto los diversos sistemas de procesamiento de imágenes disponibles en el mercado como los de GIS, presentan precios muy accesibles. Con una mayor integración entre los equipos de varios países, en el sentido de complementarse en términos de conocimiento, muchos problemas agroambientales podrán ser mejor estudiados y mejor resueltos.

## LITERATURA CITADA

- ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing). 1995. Manual of remote sensing: earth observing sensors and platforms. ASPRS, Sewickey, CD-Rom.
- ASRAR, G.; DOZIER, J. 1994. EOS: science strategies for the Earth Observing System. American Institute of Physics, Woodbury, 119p.
- ASSAD, E.; SANO, E. eds. Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura. EMBRAPA-CPAC, Brasília, 274p.
- BURROUGH, P.A. 1986. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Clarendon, Oxford, 280p.
- CÂMARA, G. 1993. Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: Assad, E.; Sano, E. eds. Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura. EMBRAPA-CPAC, Brasília, p.13-37.
- CENRR/NSTC (Committee on Environment and Natural Resources Research of the National Science and Technology Council). 1995. Our changing planet: the FY 1995 U.S. Global Change Research Program. Executive Office of the President, Washington, D.C., 132p.
- COWEN, D.J.; JENSEN, J.R.; BRESNAHAN, P.J.; EHLER, G.B.; GRAVES, D.; HUANG, X.; WIESNER, C.; MACKEY JR., H.E. 1995. The design and implementation of an integrated geographic information system for environmental applications. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 61(11):1393-1404.
- DUNCAN, B.W.; BREININGER, D.R.; SCHMALZER, P.A.; LARSON, V.L. 1995. Validating a Florid Scrub jay habitat suitability model, using demography data on Kennedy Space Center. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 61(11):1361-1370.
- EHLERINGER, J.R.; FIELD, C.B. 1993. Scaling physiological processes: leaf to globe. Academic, San Diego, 388p.
- FORMAGGIO, A.R.; EPIPHANIO, J.C.N. 1990. Avaliações de modelos de simulação de reflectância de dosséis vegetais, no Brasil. In: 8º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Curitiba, 10-14 de Maio, p. 36-43.
- ; ALVES, D.S.; EPIPHANIO, J.C.N. 1992. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. Revista Brasileira de Ciência de Solo, 16:249-256.
- GAHEGAN, M.; FLACK, J. 1996. A model to support the integration of image understanding techniques within a GIS. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62(5):483-490.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) 1996. Levantamento das áreas desflorestadas na Amazônia Legal no período 1991-1994 (Projeto Prodes). INPE, São José dos Campos, 10p.

- LOWRY, J.H.; MILLER, H.J.; HEPNER, G.F. 1995. A GIS-based sensitivity analysis of community vulnerability to hazardous contaminants on the Mexico/U.S. border. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61(11):1347-1359.
- MAGUIRRE, D.J.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D.W. 1991. *Geographical information systems: principles and applications*. Longman, Essex, 1095p.
- MASSART, M.; PÉTILLON, M.; WOLFF, E. eds. 1995. The impact of an agricultural development project on a tropical forest environment: the case of Sahba (Zaire). *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61(9):1153-1158.
- MATTIKALLI, M.M. 1995. Integration of remotely-sensed raster data with a vector-based geographical information system for land-use change detection. *International Journal of Remote Sensing*, 16(5):2813-2828.
- NATIONS UNIES 1993. *Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement. Vol. 1: Résolutions adoptées par la Conférence*. Nations Unies, New York, 503p.
- NOVO, E.M.L.M.; TUNDISI, J.G. 1994. Contribution of remote sensing techniques to assessment of methane emission from large tropical reservoirs. *Remote Sensing Reviews*, 10:143-153.
- ; BRAGA, C.Z.F.; TUNDISI, J.G. 1993. Remote sensing estimation of total chlorophyll pigment distribution in Barra Bonita Reservoir, Brazil. In: Straskraba, M.; Tundisi, J.G.; Duncan, A. eds. *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Kluwer, Netherlands, p.147-152.
- PIRES, J.S.R.; NOVO, E.M.L.M. 1991. Use of TM/Landsat data to identify silting areas in the Tucuruí Reservoir. *Ciência e Cultura*, 43(5):385-387.
- SIMPSON, B. 1996. Sustainability and environment assessment. *Geography*, 81(3):205-216.
- SKIDMORE, A.K.; WATFORD, F.; LUCKANANURUG, P.; RYAN, P.J. 1996. An operational GIS expert system for mapping forest soils. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(5):501-511.
- SLATER, P. 1980. *Remote sensing: optics and optical systems*. Addison, New York, 610p.
- STAR, J.; ESTES, J. 1990. *Geographic information systems*. Prentice, New Jersey, 303p.
- SWAIN, P.H.; DAVIS, S.M. 1978. *Remote sensing: the quantitative approach*. McGraw-Hill, New York, 396p.
- WELCH, R.; REMILLARD, M.; DOREN, R.F. 1995. GIS database development for South Florida's national parks and reserves. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61(11):1371-1381.

## CAPÍTULO 4

# USO SUSTENTABLE DE TIERRAS Y AGUAS EN EL CONO SUR

---

ERNESTO F. VIGLIZZO

# Uso sustentable de tierras y aguas en el Cono Sur

Ernesto F. Viglizzo \*

## INTRODUCCION

Mientras la globalización o internacionalización de la economía mundial es una fuerza que se expande e influye crecientemente sobre el comportamiento de los países y regiones (Thrift, 1992), se observa otra fuerza que va emergiendo en forma paralela: la regionalización de las economías (Johnson, 1991; Nye, 1992). Hoy podemos encontrar ejemplos concretos de integración económica regional en Europa, el Asia Oriental, América del Norte y en el Cono Sur.

El MERCOSUR es el emprendimiento geográfico de integración económica más cercano que se ha puesto en marcha en América del Sur. En los próximos años es previsible un impacto muy considerable del MERCOSUR sobre la estructura y la organización de los países miembros, no sólo por los reajustes económicos internos que puede desatar, sino también por una cantidad de fenómenos colaterales que puede desencadenar, de orden social, cultural, educativo, ambiental, etc.

En este capítulo intentaremos explorar posibles consecuencias ambientales de los procesos de integración económica que ya han comenzado en el Cono Sur. Su impacto regional sobre el uso de las tierras y aguas es todavía un territorio desconocido que es necesario explorar para prevenir riesgos potenciales. Es necesario trabajar bajo la hipótesis de una política regional común que en el futuro deberá racionalizar y regular el uso de la tierra y el agua en unidades agroecológicas de importancia crítica. Estas políticas serán especialmente necesarias: (a) en unidades geográficas compartidas por dos o más países, y (b) en

áreas geográficas que, por su particular localización, pueden transferir impactos negativos a otras áreas vecinas o a la región en su conjunto.

Antes de avanzar específicamente en el tema que nos ocupa, puede ser útil revisar dos aspectos: (a) analizar en términos generales la geografía económica de la región para identificar los modelos predominantes de desarrollo socioeconómico, e inferir cómo estos modelos influyen sobre el uso de los recursos tierra y agua en los países considerados, y (b) analizar comparativamente los patrones actuales de uso de tierras y aguas en la región, e identificar las unidades ambientales más vulnerables frente a una expansión de las actividades económicas.

## BREVE ANALISIS DE LA GEOGRAFIA ECONOMICA REGIONAL

Este análisis se justifica toda vez que aceptamos que una región que se integra se transforma en un sistema dinámico en el cual los flujos económicos y los patrones de uso de la tierra y el agua se influyen mutuamente. Esto significa, en otros términos, que las corrientes económicas pueden modificar los patrones actuales de uso de estos dos recursos, y a su vez éstos, al cambiar, pueden alterar la orientación e intensidad de los flujos económicos.

### *Los modelos de desarrollo*

Existen varios modelos o teorías alternativas que intentan explicar diferencias en el desarrollo socioeconómico entre países.

Dos visiones que tuvieron en su momento alguna popularidad sostienen que el crecimiento económico está vinculado, en un caso, a un determinismo ambiental, y en otro, a un determinismo cultural. Según la

---

\* *Ingeniero Agrónomo, M. Sc., INTA-CONICET, Argentina. Coordinador Internacional del Subprograma Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del PROCISUR.*

teoría del Determinismo Ambiental (Huntington, 1915), el desarrollo económico estaría influido fuertemente por ciertas condiciones ambientales que dominan en un país o región. De esta manera, las regiones de baja latitud serían demasiado cálidas, y las de alta latitud demasiado frías para impulsar un crecimiento económico sólido y sostenido. Como corolario, las economías más desarrolladas tenderían a concentrarse en regiones de latitud intermedia. Por otro lado, la teoría del Determinismo Cultural (Berry, 1989) apunta a encontrar diferencias culturales entre sociedades que tienen distinto grado de desarrollo económico. El marco cultural incluye aquí factores tales como la «programación colectiva» de los miembros de una sociedad, sus motivaciones y comportamientos, sus actitudes de vida, sus creencias religiosas, y su ética laboral entre otras cosas.

Ambas teorías parecen tener una deficiencia: caen en la falacia del factor individual; es decir, suponen que un solo factor es capaz de explicar totalmente el desarrollo económico de un país, soslayando la influencia de otros factores determinantes y sus interacciones.

Dentro de teorías más complejas, multifactoriales, aparecen los modelos alineados dentro de lo que se ha denominado Desarrollo Evolutivo. Estos modelos encuentran analogías entre los procesos de evolución biológica y los de desarrollo económico. Identifican estadios diferenciales de desarrollo que van desde las formas iniciales más primitivas (ej., grupos tribales de subsistencia), hasta organizaciones más avanzadas, complejas y sofisticadas (ej., sociedades de alto consumo masivo), pasando, por supuesto, por una serie de etapas intermedias. Este es el tipo de modelo que en 1848 describieron Marx y Engels en el «Manifiesto Comunista». Dentro de este mismo enfoque, Rostow (1960) propuso lo que se dio en llamar Teoría de la Modernización, con cinco estadios bien definidos: (1) el estadio de la sociedad «tradicional», agrícola, con bajos niveles de tecnología y formación de capital; (2) el estadio del «pre-despegue», logrado a partir de tecnologías que permiten aumentar la productividad rural y generar excedentes agropecuarios, favoreciendo la acumulación de capital y su posterior inversión en obras de infraestructura (caminos, canales, puentes, etc.); (3) el estadio de «despegue», donde la economía comienza a alinearse detrás de industrias propulsoras, como fue la textil en la Gran Bretaña del siglo 18, desplazando al sector agropecuario como

motorizador principal de la actividad económica; (4) el estadio de «camino a la madurez», donde las industrias se diversifican y modernizan a través de las innovaciones tecnológicas que incorporan, y (5) el estadio final, de «alto consumo masivo», que coincide con una sociedad que tiene altos promedios de ingreso económico personal. Según la visión de Rostow (1978), países como Argentina y Brasil alcanzaron el estadio de «despegue» en la década de 1930, y el de su «camino a la madurez» en la década de 1950. Pero no lograron todavía entrar en el estadio de «alto consumo masivo», situación que habrían logrado Estados Unidos en 1910, Canadá en 1919, y Australia en 1925.

Existen varias teorías multifactoriales alternativas que procuran explicar diferencias de desarrollo económico, desde los modelos marxistas que giran alrededor de la crisis del capitalismo, hasta varios modelos denominados neoclásicos que emergen luego de la Gran Depresión de la década de 1930.

Más recientemente tienden a popularizarse algunos modelos que intentan visualizar al desarrollo regional como un proceso de integración o agregación, según el cual tanto la dispersión del capital físico como la tecnología estarían favorecidos por el crecimiento de vínculos interregionales. Estos vínculos crecen al amparo de una expansión de las redes de transporte y comunicaciones, generando espacios económicos con un poder gravitacional que influye sobre áreas adyacentes (Hanink, 1994).

Cualquier sea la naturaleza de las teorías que explican el desarrollo socioeconómico de un país o región, todas involucran variables y componentes que tienen un impacto, directo o indirecto, sobre la explotación del ambiente y los recursos naturales. Veamos ahora cómo estas teorías, aplicadas a la región que nos ocupa, aparecen asociadas al uso de las tierras y aguas en los países del Cono Sur.

### ***Valoración del desarrollo socioeconómico de la región***

Una de las formas más difundidas de medir el desarrollo económico es a través del Ingreso Nacional "per capita", que guarda directa relación con la productividad de la economía. Cuanto más rica es una economía, mayor es la cantidad de bienes y servicios

que produce. Consecuentemente, por definición, las economías ricas son más productivas que las economías pobres.

La productividad de un país o región puede ser explicada a través de distintos factores. Se reconoce que algunos de los que parecen tener influencia más decisiva son: (1) La disponibilidad de capital físico (Harrod, 1948; Domar, 1957); (2) la disponibilidad de recursos humanos capacitados, que a su vez es función del nivel educativo (Ritzen, 1977), la nutrición (Rodgers, 1975), la salud (Hanink, 1994), y las motivaciones y actitudes colectivas de la población (Berry, 1989); (3) la capacidad para alcanzar economías de escala como un medio para reducir los costos productivos (Dennison, 1967), y (4) la capacidad de innovación tecnológica (Schumpeter, 1951), y la disponibilidad de tecnologías actualizadas de producción (Thirlwall, 1977).

¿Cuál es la posición relativa de los distintos países del PROCISUR en términos de desarrollo socioeconómico?. En el Cuadro 1 se presentan cifras comparativas que permiten apreciar diferencias entre los seis países sudamericanos estudiados (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay), y dos economías desarrolladas del Hemisferio Norte (Estados Unidos y Francia). Del análisis surgen al menos tres conclusiones relevantes: (a) existen, en términos de productividad económica (medida a través del Producto Bruto Doméstico y Consumo de Energía "per capita"), diferencias muy apreciables entre los dos países del Hemisferio Norte, y los seis países analizados del Hemisferio Sur; (b) existe, en relación a estas mismas variables, una disparidad muy marcada entre los países del Cono Sur, y (c) aparecen en el Cono Sur diferencias considerables en relación a la tipología de recursos humanos disponibles, valorada en términos de nivel educativo (alfabetización) y ex-

**Cuadro 1.** Algunos indicadores de desarrollo socioeconómico en países seleccionados

Países	PBD "per capita" (US\$/Año)	Nivel de alfabetismo (%)	Expectativa de vida (años)	Consumo anual de energía (1) (GJ "per capita")
Argentina (2)	6.051	95,3	71,5	56
Bolivia (1)	496	74,5	53,1	9
Brasil (1)	2.759	81,1	66,5	22
Chile (2)	2.725	93,4	72,5	28
Paraguay (1)	995	88,0	66,1	8
Uruguay (1)	2.198	94,0	71,0	19
EEUU (2)	23.119	99,0	76,0	280
Francia (2)	22.300	99,0	77,0	109

PBD: Producto Bruto Doméstico

Fuentes: (1) WRI (1991). (2) The Economist (1995).

pectativa de vida (función a su vez de la nutrición y la salud).

Si analizamos luego la composición sectorial de las economías nacionales (Cuadro 2), y siguiendo una calificación que maneja el Banco Mundial (World Bank, 1992), se puede concluir que: (a) el desarrollo económico de los países guarda relación con la participación relativa de los distintos sectores (agricultura, industria y servicios) en la economía nacional; (b) que los modelos más desarrollados coinciden con una baja participación porcentual de la agricultura en el Producto Bruto Doméstico (PBD), y una participación elevada del sector de servicios, y (c) que se percibe una heterogeneidad marcada entre los países respecto a la participación relativa de esos tres sectores en sus economías.

**Cuadro 2.** Participación sectorial en el Producto Bruto Doméstico (PBD) de países seleccionados.

Países	Participación sectorial en la economía (% del PBD)		
	Agricultura	Industria	Servicios
Argentina (2)	6,0	30,7	63,3
Bolivia (1)	24,0	24,0	53,0
Brasil (1)	10,8	33,8	55,4
Chile (2)	8,6	36,0	55,4
Paraguay (1)	27,0	26,0	47,0
Uruguay (1)	13,0	32,0	55,0
EEUU (2)	2,3	24,4	73,3
Francia (2)	3,1	31,0	65,9

Sin duda, la utilización de promedios nacionales no refleja las desuniformidades internas de cada país ni las tendencias de cambio que están ocurriendo. Pero nos da una idea general acerca de las heterogeneidades nacionales que ocurren dentro de esta región en fase de integración. Estas diversidades y asimetrías son elementos a tener en cuenta para el desarrollo de una

política común. Es inmediato que los países y áreas con menor desarrollo socioeconómico relativo, y con economías de base eminentemente agrícola, son más vulnerables a sufrir las consecuencias de una sobreexplotación de los ambientes y recursos naturales. En ellos adquiere una importancia crítica el diseño e instrumentación de estrategias sustentables de uso de tierras y aguas, dentro de una hipótesis de evolución hacia modelos más intensivos de producción y más competitivos en términos comerciales.

### USO ACTUAL DE LA TIERRA EN LA REGION

Lo que hoy se conoce como Uso de la Tierra es un concepto amplio y englobador que incluye no sólo el uso y manejo de los suelos, sino también del agua y la biodiversidad, dentro de un marco de restricciones ambientales, socioeconómicas y culturales.

#### *Patrones regionales de uso de la tierra*

Los países de la región difieren muy significativamente en la capacidad de uso de sus tierras (Cuadro 3). Mientras Argentina, Paraguay y Uruguay tienen más del 50 por ciento de sus tierras en producción agrícola-ganadera, los tres restantes países no alcanzan al 30 por ciento de su superficie. Por otra parte, las áreas boscosas son especialmente importantes en Bolivia, Brasil y Paraguay. También hay que señalar que una parte significativa del territorio de Bolivia, Brasil, Chile y Paraguay presenta características desérticas. Al comparar estos datos con los de dos países de economía desarrollada como Estados Unidos y Francia (FAO, 1990), se aprecia en éstos una incidencia muy importante de la agricultura de cosecha, que muestra la existencia de sistemas más intensivos de producción. Los datos corresponden a promedios de mediados de la década de 1980.

Más allá de esta condición promedio, interesa analizar también las tendencias de cambio que se observan. En el Cuadro 4 se muestran datos de cambios ocurridos en un período de dos décadas

**Cuadro 3.** Area territorial y su distribución relativa en Argentina y varios países escogidos

Países	Porcentaje de la superficie total				
	Sup. total miles km <sup>2</sup>	Cultivos	Pasturas y pastizales	Bosques	Desiertos
Argentina	2.737	13	52	22	5
Bolivia	1.084	3	25	51	16
Brasil	8.457	9	20	66	24
Chile	749	6	18	18	31
Paraguay	397	6	50	50	19
Uruguay	175	8	77	77	
EEUU	9.167	21	26	26	5
Francia	550	35	22	22	

Fuente: FAO (1990).

**Cuadro 4.** Cambios en la composición del uso de las tierras en varios países en un período de veinte años (1968-88)

Países	Porcentaje de cambio (1968-88) en la superficie relativa de:		
	Cultivos	Pasturas y pastizales	Bosques
Argentina	18,2	-1,9	0,0
Bolivia	50,0	-4,0	5,9
Brasil	50,0	25,0	-7,6
Chile	20,0	28,6	0,0
Paraguay	200,0	38,9	-35,9
Uruguay	0,0	-1,3	33,0
EEUU	5,0	-7,7	-10,3
Francia	-2,9	-13,6	12,5

Fuente: FAO (1990).

(1968-1988). Se puede apreciar que la superficie con cultivos anuales tendió a aumentar en la región con la excepción de Uruguay. Estas cifras reflejan indirectamente una presión creciente sobre los recursos de la

tierra, con un ejemplo muy notorio en Paraguay, donde se produjo una expansión espectacular del área cultivada en desmedro de las áreas boscosas. Brasil es quien le sigue en importancia. También se aprecia un fuerte incremento de las tierras destinadas a ganadería en Brasil, Chile y Paraguay. Estos datos contrastan con los de EEUU y Francia, países que manifiestan un comportamiento bastante estable en el uso de sus tierras.

El nivel de intensificación de las agriculturas puede evaluarse indirectamente a través del uso de agroquímicos (UNIDO, 1988; FAO, 1989). En el Cuadro 5 se aprecia una enorme diversidad de los países en relación a la cantidad y tipo de químicos consumidos. En un extremo de baja intensidad de uso tenemos Argentina y

Bolivia, y en el otro extremo Francia, que posee una de las agriculturas más intensivas del mundo. Dos consecuencias de una agricultura más intensiva son: (a) mayores niveles de productividad por hectárea, y (b) mayores niveles de contaminación ambiental. Los dos

**Cuadro 5.** Consumo anual promedio de agroquímicos durante la década de 1980 en países seleccionados

Países	Consumo anual de agroquímicos (década 1980)		
	Fertilizantes kg/ha	Fungicidas Insecticidas g/ha prd. act.	Herbicidas g/ha prd. act.
Argentina	4,5	216	182
Bolivia	2	182	64
Brasil	48,4	363	247
Chile	68	240	85
Paraguay	5,4	1.422	142
Uruguay	46,1	486	569
EEUU	92,8	1.047	916
Francia	308,1	2.976	2.135

Fuentes: FAO (1990). UNIDO (1988).

países de la región que consumen más agroquímicos son Chile (herbicidas) y Paraguay (plaguicidas). En términos de tendencia de uso, tal como se observa en el Cuadro 6, en toda la región se percibe un uso creciente de agroquímicos, especialmente fertilizantes y herbicidas.

### **Uso de los suelos**

El suelo no es el único pero sí el componente de mayor gravitación en definir la capacidad de uso de las tierras en un país o región. Las limitaciones básicas de los suelos en relación a sus propiedades físicas y químicas generan a menudo restricciones que no son fácilmente superables desde un punto de vista agrícola.

Siendo un componente vital de la agricultura, está fuertemente expuesto a sufrir procesos de degradación debidos al sobreuso. En el Cuadro 7 se presentan resultados de alcance continental y global que nos muestran la naturaleza de la degradación (física o química) de los suelos, y su incidencia en tres grandes unidades agroecológicas (tierras de cultivo, pasturas y pastizales, y selvas y bosques). Las cifras corresponden a cada uno de los siete grandes agrupamientos continentales y al mundo (FAO, 1990; UNEP, 1992b, Oldeman, 1994). En general, la degradación química tiende a predominar sobre la física, pero hay diferencias muy significativas entre los distintos agrupamientos continentales. Sudamérica parece ser el subcontinente más afectado por procesos de degradación química, donde seguramente la pérdida no compensada de nutrientes es el principal factor degradativo (Viglizzo, 1994). En el mismo Cuadro 7 se puede apreciar, para las tres unidades agroecológicas analizadas, qué porcentaje de sus suelos aparece afectado por degradación de distinto tipo e intensidad (FAO, 1990). Aunque no es posible conciliar los datos de las dos primeras columnas con los de las tres últimas, se aprecia: (a) la unidad agroecológica más afectada es la que corresponde a tierras de cultivo y (b) existen diferencias muy claras entre las diferentes agrupaciones continentales. Sudamérica acredita cifras preocupantes en relación a los fenómenos degradativos en sus tierras de cultivo.

Dentro del Cono Sur es posible encontrar situaciones muy contrastantes respecto a la capacidad de uso

**Cuadro 6.** Variaciones en el consumo de fertilizantes en el período 1968-1988 en países seleccionados

Países	Cambios en el consumo de agroquímicos (% en el período 1968-1988)		
	Fertilizantes	Fungicidas Insecticidas	Herbicidas
Argentina	125,0	93,5	109,0
Bolivia	81,8	41,0	24,0
Brasil	476,0	-61,2	30,9
Chile	161,0	-61,4	12,9
Paraguay	145,0	13,8	39,7
Uruguay	26,0	-60,9	207,0
EEUU	23,0	-22,6	-23,7
Francia	63,0	30,8	5,6

Fuentes: FAO (1990). UNIDO (1988).

de los suelos (N.Carolina St.Univ., 1982; FAO, 1989). En el Cuadro 7 se puede observar que, mientras Argentina, Paraguay y Uruguay presentan porcentajes considerables de suelos sin restricciones de tipo físico o químico, los otros tres países (Bolivia, Brasil y Chile) tienen más del 90 por ciento de sus suelos con limitaciones físicas, químicas, o ambas a la vez. Estas restricciones pesan decisivamente a la hora de analizar estrategias alternativas de ordenamiento territorial para la agricultura.

### **Disponibilidad y uso de las aguas**

La degradación de las fuentes de agua dulce como resultado de las actividades humanas, se inicia con los asentamientos y se agrava con el crecimiento de las poblaciones y la intensificación productiva.

Desde el punto de vista agrícola, la deforestación de tierras para incorporar actividades agrícolas y ganaderas impactan fuertemente en la calidad de las

**Cuadro 7.** Porcentaje de los suelos continentales con degradación física y química y degradación en las principales unidades agroecológicas

Suelos	% de los suelos con		% de suelos degradados en		
	Degradación física (2)	Degradación química (2)	Tierras de Cultivo (1)	Pasturas Permanentes (1)	Selvas y Bosques (1)
Africa	4	12	65	31	19
Asia	2	10	38	20	27
América del Sur	3	29	45	14	13
América Central	8	11	74	11	38
América del Norte	1	11	26	11	1
Europa	17	12	25	35	26
Oceanía	2	1	16	19	8
Mundo	4	12	38	21	18

Degradación física: compactación, encostramiento, anegamiento, pérdida de materia orgánica.

Degradación química: pérdida de nutrientes, salinización, acidificación, contaminación.

Fuentes: (1) FAO (1990). (2) UNEP (1992b). Oldeman (1994).

aguas. La erosión del suelo en las cuencas y ecosistemas deforestados carga a los ríos con sedimentos que provocan, aguas abajo, serios problemas ambientales y económicos. Este es un problema particularmente grave en la Cuenca del Plata. Pese a la falta de monitoreos adecuados, la deforestación causa -sobre todo en los trópicos durante la estación lluviosa- un incremento de la carga sedimentaria de los ríos que es superior a 100 veces la carga normal (UNEP, 1988).

En algunas áreas en las que es común el riego en agricultura, la salinización creciente de los suelos es un problema grave. Los efectos perjudiciales pueden extenderse aguas abajo a tierras adyacentes a los ríos (Orolob y Ghorbanzadeh (1988). A ello hay que agregar que la intensificación de la agricultura apoyada en una alta utilización de fertilizantes, herbicidas, insecticidas y otro agroquímicos, crean problemas muy severos de contaminación hídrica, especialmente en los países industrializados (Maybeck, 1987).

En relación al consumo de agua para riego, ésta es singularmente alta en Asia y América del Norte. En

América del Sur las áreas más importantes están concentradas en ambientes templados de Argentina y Chile, pero desde la década de 1950 el uso del riego se está extendiendo también a regiones tropicales, duplicando actualmente el área irrigada de las zonas templadas (Rogers, 1985). Se prevee en los próximos años un aumento considerable de las tierras bajo riego en el Cono Sur (WRI, 1991).

Considerando los recursos hídricos internos, el Cuadro 8 nos muestra: (a) que los seis países del Cono Sur analizados se diferencian considerablemente en la cantidad de agua extraída "per capita", siendo Argentina y Chile los de mayor consumo relativo; (b) que los flujos de agua recibida por vía fluvial desde otros países son particularmente importantes en Argentina, Paraguay y Uruguay, lo cual les genera una llamativa dependencia y vulnerabilidad ecológicas respecto al manejo de tierras y aguas que se haga aguas arriba, y (c) que con excepción de Brasil, la agricultura es el sector de la economía que más agua utiliza (70-90 %) respecto al total extraído.

Quizás la conclusión más relevante que surge de este análisis es que las corrientes de agua dulce

**Cuadro 8.** Disponibilidad y uso de agua dulce en países seleccionados

Países	Extracción "per capita" (m <sup>3</sup> /año)	Flujo desde otros países (km <sup>3</sup> /año)	Utilización sectorial (%)			Recursos Internos (km <sup>3</sup> /año)
			Agricultura	Industria	Doméstica	
Argentina	1.059	300	73	18	9	694
Bolivia	184	s/d	85	5	10	300
Brasil	212	1.760	40	17	43	5.190
Chile	1.625	s/d	89	5	6	468
Paraguay	111	220	78	7	15	94
Uruguay	241	65	91	3	6	59

Fuente: WRI (1991).

conforman un sistema circulatorio regional que crea y transfiere problemas ambientales en una dimensión geográfica. Es inmediato que cualquier política agrícola común para el Cono Sur debería apoyarse en el concepto de unidad de cuenca, y articularse sobre un manejo integrado de los recursos tierra y agua. La desagregación del problema en componentes aislados restaría toda eficacia a la solución de problemas que tienen, claramente, una dimensión regional.

### **El problema de la biodiversidad**

La destrucción de la biodiversidad es un problema que afecta a la comunidad internacional en general y a los ambientalistas en particular. Cada especie juega un rol en el equilibrio ecológico y su extinción equivale a perder un archivo genético único e irrepetible, que reúne información acumulada a través de milenios de evolución adaptativa al ambiente (Panigatti y Viglizzo, 1995). Datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 1982), World Conservation Monitoring Center (WCMC, 1988), y Organization for Economic Cooperation and Development (OECD, 1989), reunidos en el Cuadro 9, ilustran con claridad acerca de la proporción de especies amenazadas de extinción respecto a las especies conocidas. En general se perciben niveles más bajos de riesgo en los países que hacen una agricultura más extensiva, pero el problema se agudiza hasta límites muy peligrosos en los sistemas más intensivos, donde

ha ocurrido una alteración o destrucción más evidente de hábitats naturales. Por ejemplo, más del 50 por ciento de los mamíferos y casi el 40 por ciento de las aves y reptiles tienen, en Francia, un riesgo cierto de extinción.

**Cuadro 9.** Porcentaje de especies de la fauna en riesgo de extinción en países seleccionados

Países	Especies			
	Mamíferos	Aves	Reptiles	Otras
Argentina	10,2	1,9	0,0	0,0
Bolivia	8,9	0,4	5,6	1,4
Brasil	10,7	2,2	4,1	1,6
Chile	11,1	1,5	3,7	0,0
Paraguay	s/d	s/d	s/d	s/d
Uruguay	s/d	s/d	s/d	s/d
EEUU	10,5	7,2	7,1	3,6
Francia	52,2	39,8	38,9	69,0

s/d: sin datos

Fuentes: UICN (1982). WCMC (1988). OECD (1989).

En términos de destrucción de hábitats naturales existen en el Cono Sur países con problemas serios. Esto se puede valorar a través de las tasas de deforestación de bosques y montes naturales, y las tasas de reforestación destinadas a compensar parcialmente esa pérdida (FAO, 1988; WRI, 1991). En el Cuadro 10 es posible apreciar los ritmos de deforestación alcanzados en Paraguay y Brasil durante la década de 1980, sin una reforestación compensatoria equivalente. En el otro extremo aparece Chile, como una rara excepción que invierte la tendencia regional. Esta destrucción de hábitats boscosos no se percibe en Estados Unidos ni en Francia, aunque una situación similar pudo haber ocurrido en épocas pasadas.

**Cuadro 10.** Recursos forestales (bosques y montes naturales) y los cambios ocurridos en la década de 1980.

Países	Superficie (%)	Deforestación (%)	Reforestación (%)
Argentina	22	s/d	1,1
Bolivia	51	3,0	0,02
Brasil	66	15,7	1,0
Chile	18	0,07	12,3
Paraguay	50	52,1	0,05
Uruguay	4	s/d	s/d
EEUU	26	0,54	6,0
Francia	22	s/d	3,4

s/d: sin datos

Fuentes: FAO (1988). WRI (1990).

## EL GRAN MERCADO DEL SUR. OPORTUNIDADES Y AMENAZAS

Estamos frente al primer mercado común emergente del Cono Sur. La historia de esta empresa gigantesca de integración subregional ha sido notablemente breve y caracterizada por una continuidad política inédita en estas geografías. Sus objetivos son

claros: primero, establecer una zona de libre comercio entre los países miembros de manera que, dentro del espacio común, puedan circular libremente bienes y personas; segundo, establecer una unión aduanera mediante el manejo de un arancel externo común; y tercero, coordinar la legislación y las políticas económicas de las naciones que se integran.

Sus dimensiones son colosales. Se ha construido un espacio que tiene actualmente casi 13 millones de kilómetros cuadrados en el cual predominan claramente Brasil con el 66 por ciento de las tierras, y Argentina con el 29 por ciento. Después de Rusia y del NAFTA, no existe en el planeta otro espacio económico de tal magnitud. La población del MERCOSUR se aproxima a los 200 millones de habitantes, de los cuales el 80 por ciento son brasileños y el 17 por ciento son argentinos. Esto significa para los países miembros acceder a dimensiones demográficas continentales (Grondona, 1994).

El emprendimiento supone, para la región, un universo de oportunidades pero también de amenazas, ya que los países enfrentan hoy el desafío de demostrar su capacidad para innovar y competir. Pero, aparejada a esta oportunidad, aparecen algunas incertidumbres en aspectos de tanta importancia como los posibles cambios demográficos, el destino de industrias o empresas nacionales que no están preparadas aún para competir libremente, o la presión potencial sobre los recursos naturales y el ambiente.

El propósito de este capítulo es analizar el impacto posible del MERCOSUR sobre el uso de las tierras y las aguas en la región, con el fin de prever acciones adaptativas antes que los efectos negativos se hagan visibles.

## EL MERCOSUR EN UN MUNDO GLOBAL

La globalización es un concepto relativamente novedoso que se afirma y acentúa en el tiempo. Aunque algunos tienden a minimizar o negar sus efectos, el proceso existe y se fortalece en un mundo con regiones y países cada vez más intercomunicados e interrelacionados. Ciertamente, el contexto mundial tiene una influencia creciente en los asuntos internos de los países. Ignorar sus efectos como producto de una ceguera política, puede resultar un juego riesgoso para el futuro de los pueblos que lo hacen.

¿Qué fuerzas externas, de tipo global, pueden afectar el uso de las tierras y las aguas en el espacio territorial de países que se integran en un mercado común?. Sin duda, un universo de fuerzas distintas puede aparecer afectando el desarrollo de este tipo de emprendimientos. Pero, si buscáramos reducir la complejidad del sistema a unos pocos componentes con alto nivel de agregación, podríamos identificar, de manera aceptable, tres componentes que son la resultante de un agrupamiento de fuerzas de naturaleza distinta: (1) un componente económico, regido por un mercado mundial que tiende lentamente a liberarse; (2) un componente ambiental, impulsado por una preocupación mundial creciente respecto al futuro de nuestro planeta; y (3) un componente social, que se inspira en una demanda por un desarrollo más equitativo entre las regiones del mundo y dentro de esas mismas regiones.

Los tres componentes pueden afectar considerablemente el ambiente interno de un país o región. Pero el proceso no es simple, lineal, ni tampoco directo. Mientras algunas fuerzas empujan en un sentido, otras lo hacen en sentido opuesto o bien, transversalmente. El efecto, en última instancia, será el producto de una composición de fuerzas de resultado incierto y cambiante en el tiempo de acuerdo a la predominancia relativa de unas sobre otras. En pos de clarificar, analicemos brevemente y en forma individual estos componentes.

### ***El componente económico. Las fuerzas del mercado***

Nadie podría negar con fundamentos que las fuerzas que operan en la economía mundial afectan decisivamente al ambiente y a los recursos naturales del planeta. El subdesarrollo económico, con sus secuelas de pobreza, marginación y endeudamiento son, entre otras, causas de deterioro ambiental en los países menos desarrollados. Pero también el sobre-desarrollo económico, con procesos industriales y productivos muy intensivos, con alta producción de desechos y contaminantes, puede tener efectos deletéreos sobre el ambiente. Concentraremos brevemente la atención sobre algunas de las teorías más reconocidas que explican el funcionamiento de los mercados. El propósito es identificar aquellos componentes y variables relevantes del comercio internacional capaces de afectar significativamente al ambiente y los recursos naturales de los países involucrados.

¿Cómo funcionan los mecanismos del mercado en economías abiertas?. Existen varias teorías que intentan ligar el desarrollo económico de un país a su participación en el flujo internacional de bienes y servicios. Desde las contribuciones tempranas realizadas por Adam Smith y David Ricardo, la teoría dominante está basada en las diferentes **ventajas comparativas** que pueden acreditar distintos países. Según esta teoría, la capacidad para generar riqueza de un país a través del comercio, viene dada por su disponibilidad de recursos naturales y su habilidad para especializarse en ciertos rubros productivos. La capacidad diferencial con que países distintos pueden producir bienes distintos, es el factor clave para generar excedentes domésticos que pueden, más tarde, ser intercambiados y generar riqueza en quienes participan del intercambio.

Algunas teorías posteriores (Heckscher, 1919; Ohlin, 1933) procuran perfeccionar las propuestas iniciales de Smith y Ricardo. El énfasis lo ponen en la aptitud o capacidad diferencial de los países para generar, a partir de sus ventajas comparativas, diferencias en sus costos relativos. De esta manera, la competitividad de una nación aumenta por su capacidad para abaratar precios a través de una reducción relativa de sus costos.

Más recientemente, otras contribuciones a la teoría del comercio internacional (Vernon, 1966; Wells, 1968) introducen dos elementos nuevos que explicarían las diferencias de competitividad entre regiones y países: uno esta referido a la capacidad para generar **economías de escala**, y el otro a la capacidad para producir **innovaciones tecnológicas**. Ambos inciden en la productividad diferencial de las economías y, por ende, en sus costos relativos. Estos conceptos han sido ampliados más recientemente por Porter (1991) en su obra sobre la ventaja competitiva de las naciones.

Estos tres cuerpos teóricos que hemos descripto, están referidos a una visión económica que se centraliza en las estructuras de oferta de productos. A ellos habría que agregar un aporte teórico adicional que identifica la existencia de distintos **patrones geográficos de demanda** de productos (Linder, 1961). Esta estructura diferencial de la demanda supone la aparición de nuevas parcelas de demanda, y explicaría la existencia de corrientes comerciales de productos más diferenciados, y el rango de sustituibilidad entre

los mismos. Se agrega así la capacidad de diversificación como un elemento potenciador de nuevos flujos comerciales.

Una nueva teoría desarrollada en la década de 1980 (Hanink, 1988), reconoce la existencia de una **estructura jerárquica** en el comercio que explicaría la existencia de diferentes patrones geográficos de oferta y de demanda, y también el volumen de productos intercambiados. De acuerdo a este modelo, los mayores flujos comerciales ocurrirían entre los niveles jerárquicos más altos de intercambio, que se dan, precisamente, en los asentamientos geográficos de mayor densidad demográfica. La densidad de estos asentamientos explicaría la cantidad y variedad de productos intercambiados.

La disponibilidad de todos estos factores geográficos que regulan el intercambio de bienes entre regiones y países (recursos naturales, trabajo, capital, economías de escala, tecnología, estructura de la demanda, etc.) no son, indudablemente, inocuos para el uso de las tierras y las aguas de los países y regiones involucrados. La creciente presión por incrementar la competitividad comercial a través de una mayor productividad que genere saldos comerciales-aspiración genuina de cualquier nación-, impone a su vez una presión creciente sobre el ambiente y los recursos naturales, sea a través de una intensificación extractiva, o a través de un mayor potencial de contaminación del entorno.

### ***El componente ambiental. La presión mundial***

La necesidad de ganar competitividad comercial a través de una mayor productividad de sus economías, ha llevado a muchas naciones de base agrícola a intensificar el uso de sus tierras y aguas. Existen ejemplos preocupantes del impacto que ha tenido la intensificación agrícola sobre la contaminación y degradación de los recursos naturales y el ambiente (Canter, 1986; Smith, 1994).

No obstante, esta gigantesca composición de fuerzas del mercado tiende a ser constrañida por otra influencia opuesta que, sin haber alcanzado aún la dimensión de aquélla, procura neutralizar sus efectos. Nos referimos al poder creciente de las corrientes ambientalistas sobre las políticas mundiales.

A partir de la Cumbre de Río de 1992 -que reunió y consensuó a más de 180 gobiernos y más de 120 jefes

de estado-, la preservación del ambiente y los recursos naturales ha tomado una dimensión política excepcional, de alcance planetario. A partir de ese acontecimiento, y dada la naturaleza global de los fenómenos ambientales, la preservación de la naturaleza ya no es asunto interno de cada país, sino que es un problema que incumbe ahora a toda la comunidad internacional. Como consecuencia, es esperable un aumento rápido en la cantidad de restricciones y regulaciones ambientales que impondrán un sistema de premios y castigos a las naciones de acuerdo a la forma en que administren sus bienes ambientales. Por ejemplo, como estrategia para los próximos años, el Banco Mundial ha fijado cuatro objetivos básicos de tinte netamente ambientalista (Banco Mundial, 1992): (1) ayudar a los países miembros a establecer prioridades, fortalecer sus instituciones, y ejecutar programas destinados a establecer un ordenamiento ambiental bien concebido; (2) cerciorarse de que, en los proyectos financiados por el Banco, se aborden las posibles repercusiones ambientales negativas; (3) ayudar a los países miembros a sacar provecho de la complementación entre la reducción de la pobreza y la protección del ambiente; y (4) atacar los problemas ambientales mundiales mediante la participación en el Fondo para el Medio Ambiente Mundial. Es ésta una nueva etapa en que se procuran corregir errores del pasado que, en su momento, impulsaron políticas de desarrollo que fueron claramente negativas para la naturaleza (French, 1994).

Si bien la presión ambientalista mundial no tiene todavía la fuerza suficiente para neutralizar el poder de algunas fuerzas económicas que actúan negativamente sobre los bienes naturales, es previsible que esta pugna se equilibre en los próximos años. Como premisa básica deberíamos asumir que las penalizaciones ambientales que imponga la comunidad internacional habrán de aumentar, y que la explotación irrestricta o desaprensiva del ambiente va a resultar, para los países que lo hagan, un mal negocio comercial. Es muy probable que la mala administración, el descuido o la «distracción» en materia ambiental, acaben por tener un costo económico de dimensiones equivalentes al que hoy tienen que asumir muchos países que por años malversaron su economía doméstica. Con el fin de aventar riesgos potenciales, este escenario debe ser previsto y analizado criteriosamente por las administraciones encargadas de diseñar e instrumentar las políticas agrícolas de sus países.

### ***El componente social. La equidad necesaria***

La equidad es el factor que está en el centro de la problemática social. Esencialmente está referido a la igualdad de posibilidades en cuanto a la distribución de los recursos de una sociedad. El componente social, junto al económico y al ambiental, conforman una tríada capaz de modificar, directa o indirectamente, los patrones de uso de los recursos naturales de un país o región.

La historia no es nueva. En la medida que una sociedad no hace los esfuerzos necesarios por lograr una distribución más equitativa de sus recursos entre un número mayor de beneficiarios, las presiones degradativas sobre el ambiente serán una consecuencia esperable (Conway y Barbier, 1990). Aún cuando la sobreexplotación de la naturaleza no es, como ya vimos, patrimonio exclusivo de la pobreza, es un hecho demostrado que la mala distribución de la riqueza lleva a las comunidades más pobres a aumentar la presión sobre el ambiente que les rodea. Muchas comunidades rurales (y no rurales) empobrecidas se ven con frecuencia forzadas a deforestar, a realizar más cultivos anuales, o a pastorear con ganado en tierras que no son aptas para hacerlo (Postel, 1994). No debería sorprender entonces la aparición de reacciones ecológicas en cadena, tales como inundaciones y erosión generalizada por efecto de la deforestación, pérdida de cultivos y de capacidad ganadera por desertificación, o una contaminación persistente de aguas. Es éste el camino para entrar en un ciclo auto-destructivo que lleva a incrementar aún más la presión sobre el ambiente, y a reforzar el circuito de la pobreza.

Distintos modelos económicos asignan distinta prioridad a la solución de los problemas de inequidad. Pero ningún modelo puede aspirar a armonizar la economía con el ambiente si ignora, al mismo tiempo, la compleja problemática de la equidad. Consecuentemente, no es posible concebir un ordenamiento ambiental económicamente viable, si el tercer componente de la tríada (el social) no guarda una relación de armonía con los dos restantes (el económico y el ambiental). El predominio de unos sobre otros puede generar patrones muy distintos de uso de las tierras y el agua (Panigatti y Viglizzo, 1995), y alejar el logro de soluciones apropiadas.

### ***El desarrollo sustentable. Una idea unificadora***

Los tres componentes que hemos analizado previamente aparecen integrados en el concepto de de-

sarrollo sustentable. El ya célebre Informe Brundtland (WCED, 1987) visualiza al desarrollo sustentable como un proceso en el cual el desarrollo económico esté en armonía con el ambiente, y satisfaga equitativamente las necesidades actuales sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer las propias.

No resulta nada fácil armonizar y conciliar los intereses de estos tres componentes, pero todo parece indicar que el uso futuro de los recursos naturales (entre ellos, la tierra y el agua) va a estar regido por una demanda de mayor equilibrio entre ellos. Es evidente que las demandas económicas y las urgencias sociales a menudo marchan a contrapelo de la salud del ambiente y la preservación de los recursos naturales. Por tanto, nuevos conocimientos científicos y desarrollos tecnológicos, a la par de cambios institucionales, van a ser necesarios para superar estas divergencias.

## **COMERCIO Y AMBIENTE**

Tanto las principales instituciones comerciales como las entidades ecologistas coinciden en que el tema ambiental va a ser el gran problema comercial de la década del '90. Así lo sostiene el influyente Worldwatch Institute en su informe anual de 1993 (Brown, 1993). En efecto, si los ecologistas temen que el libre comercio sea perjudicial para el ambiente, a los impulsores del comercio libre les preocupa que la adopción de políticas ambientales conlleve un importante trastorno al comercio internacional (French, 1993).

¿Qué consecuencias puede tener una mayor apertura comercial o un mayor intercambio de bienes sobre la calidad del ambiente?. Existen opiniones decididamente encontradas; desde las que ven en el comercio un problema insoluble para la salud ambiental, hasta las que rescatan efectos benéficos para la preservación del ambiente y los recursos naturales. Tal vez sea necesario pasar revista a estas dos posiciones extremas antes de sacar conclusiones definitivas.

### ***Efectos positivos del comercio sobre el ambiente***

Una de las visiones más optimistas en la relación comercio-ambiente es la de quienes sostienen que el mercado libre es la herramienta idónea para lograr

modelos de desarrollo sustentables y socialmente justos. Esta visión no predominaba en 1948 cuando se constituía el GATT (Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio), en una época en que todavía no afloraban grandes preocupaciones ambientales. Actualmente, en cambio, los gobernantes prestan una atención creciente a la creación de normas comerciales que ayuden a la preservación del ambiente global (OECD, 1992).

La intensificación del comercio internacional parece tener consecuencias positivas sobre países en los cuales la conciencia ambiental ha crecido. Al aumentar las posibilidades comerciales, también aumentan las chances de un país para sustituir el uso de ciertos bienes ambientales que están agotados o requieren ser protegidos (por ejemplo, bosques naturales valiosos). Sin embargo, esto tiene su contraparte negativa, ya que países más desarrollados pueden desplazar los impactos negativos hacia el «patio trasero», conformado por otros países menos desarrollados o más permisivos en materia ecológica (French, 1993). Es bastante típico el caso de Japón, que ha promovido la localización en el exterior de procesos industriales muy peligrosos que no son aceptados por su propia legislación ambiental (Greenpeace USA, 1992). Igualmente merece una mención la exportación de residuos peligrosos a países receptores dispuestos a «alquilar» sus tierras como basurero de los mismos.

La necesidad de mejorar la competitividad comercial también puede generar efectos positivos. Frente a la presión de mercados altamente concientizados, algunas industrias se ven forzadas a incorporar innovaciones que favorecen la salud ambiental. Por ejemplo, este fenómeno se ha hecho visible en el uso de las llamadas «naftas ecológicas», o la adopción de dispositivos que mejoran el proceso de combustión (Moore, 1992).

También a través del comercio internacional se pueden difundir más rápidamente procesos, productos o innovaciones tecnológicas que benefician directamente al ambiente. Tal es el caso de la exportación de turbinas eólicas o placas fotovoltaicas como generadores de energía renovable, las que pueden sustituir parcialmente a los combustibles fósiles (OECD, 1992):

### ***Efectos negativos del comercio sobre el ambiente***

Son varios los efectos negativos sobre el ambiente que se achacan a la intensificación de los flujos comer-

ciales. Es posible identificar tanto efectos directos como indirectos, siendo estos últimos los que se desencadenan como producto de una actividad comercial más intensiva.

En primer lugar, la necesidad de mejorar la competitividad a través de una mayor productividad puede llevar a aumentar la presión sobre los recursos naturales y el ambiente. Un caso típico es el de aquellos países que, para generar saldos exportables en su agricultura, deciden promover un uso más intensivo de las tierras y de los insumos productivos (agroquímicos, maquinarias, etc.), alimentando los procesos erosivos y la contaminación del aire, los suelos y las aguas. Varios países de Europa occidental adoptaron este modelo en las agriculturas de post-guerra (de Wit, 1992), con efectos negativos que se hicieron visibles varios años después.

La urgencia de muchos países poco desarrollados para incorporar nuevas tierras a procesos agroganaderos de mayor productividad en el corto plazo, ha llevado a una deforestación acelerada de bosques naturales, con la inevitable degradación o destrucción de hábitats irrecuperables. El proceso resulta potenciado por la demanda creciente de maderas con valor comercial. Ejemplos muy ilustrativos pueden encontrarse en países como Nigeria, Tailandia y Filipinas, que siendo en otros tiempos exportadoras de madera, se han convertido ahora en importadores debido a la devastación de sus bosques (Postel y Ryan, 1991).

Los efectos de las actividades comerciales sobre la degradación de los bosques suelen ser todavía más graves de lo que sugieren las estadísticas. En efecto, la intensificación de las actividades productivas y comerciales en las áreas boscosas produce, inevitablemente, una destrucción adicional de gran magnitud debido a la apertura de carreteras, asentamientos poblacionales a lo largo de las mismas, y otras formas de actividad económica asociada a los servicios (Postel y Ryan, 1991). Todo ello genera un mayor consumo de energía y materiales, una mayor contaminación de aguas y tierras, y una mayor producción de residuos.

Un impacto muy notable de la creciente demanda comercial de alimentos se manifiesta en un aumento excesivo de la actividad pesquera. Un 38 por ciento del total de capturas se destina hoy a la exportación, y muchos bancos ictícolas, particularmente en los países industrializados, parecen haber alcanzado ya los umbrales de la insustentabilidad (Corzine, 1992).

El comercio es también una amenaza de grandes proporciones a la biodiversidad. El tráfico de especies salvajes, vivas o muertas, o de partes de sus cuerpos, se ha incrementado con los años. Si a ello le sumamos la destrucción imparable de muchos hábitats naturales, los riesgos de extinción de muchas especies jaqueadas van inevitablemente en aumento (Rose, 1991).

### ***La búsqueda del equilibrio***

Hoy se afirma, insistentemente, que la preservación del ambiente es el gran problema comercial de la década del '90 (Green, 1992). Si los ecologistas temen que el libre comercio sea perjudicial al ambiente, a los impulsores del comercio libre les preocupa que la adopción de políticas ambientales conlleve importantes trastornos al comercio. El argumento de estos últimos es que puede resultar difícil distinguir una medida ecológica legítima de otra que implique, simplemente, un proteccionismo comercial disfrazado. Tanto el NAFTA como el GATT previenen que ciertas leyes de protección ambiental puedan ser sometidas a un chequeo científico regular (Charnovitz, 1992).

El problema que aflora actualmente es la confrontación de intereses entre quienes tratan de eliminar barreras comerciales, y quienes tratan de operativizar acuerdos sobre cuestiones ambientales. ¿Quiénes predominarán en la puja?. Los acuerdos del NAFTA estipulan expresamente que, en caso de discrepancia, serán los acuerdos ambientales los que tendrán prioridad.

Por convicción o por presiones de la realidad, tanto economistas como ambientalistas están coincidiendo en que la producción de bienes económicos debe reflejar su costo ambiental. Si esto se extendiera al comercio internacional, ningún país podría encontrar ventajas comparativas degradando o contaminando su ambiente. Ello impone, como ha ocurrido en la Unión Europea, una integración de políticas ambientales en las que se contemplan normas mínimas de tolerancia ambiental tanto para los productos que se comercian como para los procesos que los generan (Keyes, 1991). A nivel mundial se impulsan reglas de juego que eviten que algunos países o regiones ganen competitividad comercial a expensas de leyes ambientales permisivas. De allí que muchas organizaciones ambientalistas recomiendan la aplicación de aranceles comerciales compensatorios a los bienes de

países que los producen a expensas de una explotación desequilibrante de los recursos naturales, o de una contaminación desmedida de sus ambientes.

### **MERCOSUR Y SU IMPACTO SOBRE EL USO DE TIERRAS Y AGUAS**

El comercio intrarregional aumentó considerablemente durante los últimos años del proceso de integración de Argentina, Bolivia, Brasil y Uruguay. De los casi 3800 millones de dólares de 1991, el intercambio pasó en 1994 a más de 9000 millones, y se estima que la cifra crecerá muy sensiblemente a partir de la apertura casi total de las barreras comerciales. El 40 por ciento de estas cifras corresponde a productos primarios y manufacturas de origen agropecuario.

Las evidencias de otros mercados integrados o en integración indican que dentro de este gran mercado emergente del MERCOSUR, podría esperarse la ocurrencia de los siguientes procesos (SEAGyP, 1995): (a) por el lado de la oferta, desarrollo de políticas internas de apoyo para mejorar la competitividad comercial a partir de una mayor productividad y diferenciación de productos; (b) por el lado de la demanda, una clara expansión de la misma, sobre todo en productos tales como frutas, soja, maíz, papa, legumbres, trigo, lácteos y carne bovina; (c) aumento de la inversión externa directa con atracción de capitales de riesgo, lo que impulsaría una mayor competitividad a través de una modernización tecnológica, aumentos de escala, y mejoramiento de la gestión empresarial; (d) ampliación y desarrollo de redes de comercialización (transporte y distribución) entre las regiones de producción y consumo, con desarrollo de infraestructura vial, puentes, hidrovías, etc.; y (e) cambios en los sistemas de producción, lo que traería aparejado un cambio en los patrones de uso de la tierra y del agua.

¿Qué cambios significativos podrían esperarse en relación al uso de tierras y aguas en la región?, ¿qué consecuencias ambientales tendrían esos cambios?, ¿en qué áreas geográficas se manifestarían más claramente?

En lo que respecta al uso de la tierra, pueden esperarse todavía cambios más significativos, especialmente en las regiones más cercanas a las fronteras de integración, por ejemplo, en los territorios compartidos de la Cuenca del Plata. El primer impacto

que se haría visible es el de la intensificación de los sistemas de producción con el fin de incrementar la productividad física y económica de las empresas. Es esperable una mayor especialización productiva dentro de las mismas, una mayor diferenciación productiva entre empresas, un uso más intensivo de tecnologías de insumos (maquinaria, riego, fertilizantes, herbicidas, insecticidas, alimentos concentrados, etc.), un aumento de la escala económica, y un perfeccionamiento en el gerenciamiento de las empresas. También el desarrollo de una integración vertical en emprendimientos agroindustriales es otro efecto previsible. Esto puede traer aparejado cambios en la actual organización rural de la región, con un protagonismo decreciente de los pequeños y medianos productores rurales. En síntesis, es previsible una aproximación a modelos más productivos del tipo de la denominada «Revolución Verde», con dos consecuencias bastante claras: (a) un aumento significativo de la productividad, y (b) una mayor degradación de los recursos naturales por erosión de los suelos, especialización productiva, contaminación química, y pérdida de biodiversidad.

Algunas áreas boscosas naturales podrían verse alteradas, ya que podría incrementarse la presión deforestadora para incorporar nuevas tierras a la agricultura y ganadería. A ello se sumaría la apertura y expansión de infraestructuras de comercialización (rutas, puentes, hidrovías) con sus respectivos sectores de servicio (medios de transporte, asentamientos poblacionales, etc.). Inevitablemente, ello supone una perturbación o destrucción de hábitats naturales, con consecuencias previsibles en materia de degradación ambiental y pérdida de recursos florísticos y faúnicos. Quizás una de las consecuencias ambientales más dramáticas de este fenómeno sería el aumento de la carga de sedimentos aguas abajo en la Cuenca del Plata, afectando aún más la navegación y el acceso a los puertos, aumentando sensiblemente los costos de dragado y limpieza (Bárbaro, 1994).

Puede preverse que el mayor impacto sobre las aguas y sus usos ocurra, precisamente, en la Cuenca del Plata. Es éste un gigantesco complejo hídrico compartido por Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay, en el cual Argentina ocupa aproximadamente el 30 por ciento de la cuenca, asentándose en ella el 75 por ciento de la población nacional. La intensificación de actividades agropecuarias y agroindustriales, sumada a la expansión de la red

comercial, seguramente elevará los índices de contaminación hídrica, con mayor presencia de metales pesados, hidrocarburos, agroquímicos, efluentes urbanos e industriales, y procesos de eutroficación de aguas. Las aguas subterráneas también podrían resultar afectadas por mayor concentración de sales, contaminación por nitratos y carga bacteriológica.

Es previsible una utilización más intensiva del riego complementario en varias zonas, con un aumento de la eficiencia respecto a los valores actuales.

### **AGRICULTURA, MERCOSUR, Y LA AGENDA 21**

La relación comercio-ambiente no puede ser desvinculada de la tendencia mundial a imponer regulaciones que orienten políticas futuras más rigurosas en materia ambiental. La Agenda 21 es, en este sentido, un buen elemento de referencia para enfocar una problemática muy compleja.

La Agenda 21 es el programa internacional más influyente, amplio y ambicioso que se ha elaborado para orientar la relación entre desarrollo y ambiente. Recibió, en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, el apoyo de 180 países que lo adoptaron por consenso (Bárcena, 1994). Es previsible que sus recomendaciones tengan una influencia cada vez mayor en las políticas futuras de los países. En efecto, a partir de ese marco programático es esperable la imposición, a escala mundial, de regulaciones ambientales de severidad creciente que condicionarán las estrategias comerciales de los países y de los propios bloques económicos. Es posible que esas regulaciones se efectivicen a través de sanciones económicas y comerciales a aquellos países que sean permisivos, impulsen o acepten la explotación no sustentable de sus ambientes y recursos naturales.

El uso de las tierras y las aguas con fines agrícolas recibe especial consideración en la Agenda 21. Pone su énfasis en la necesidad de no separar a los factores económicos de los sociales y ambientales al momento de formular las políticas nacionales o regionales. Para ello recomienda una remodelación fundamental de los procesos de planificación, mediante la integración de sistemas de contabilidad económica y ambiental. Puntualiza como necesario «...evaluar el impacto, los riesgos, los costos y los beneficios vinculados a los diversos usos de la tierra...», y señala que «...esos valores deberían incluirse al calcular las cuentas na-

cionales». También apunta explícitamente a la necesidad de mejorar los conocimientos científicos en relación al uso de la tierra, el funcionamiento de los ecosistemas, y la acción recíproca entre ambos. Esos conocimientos aportarán el sustento técnico que hoy se demanda para formular políticas de producción y comercialización compatibles con la preservación de los bienes ambientales.

Resulta claro que la búsqueda de una solución unilateral a estos problemas resultará ineficaz. El impacto de lo que ocurre en otras regiones o países vecinos no es inocuo para ningún país. Los procesos degradativos que se producen, por ejemplo, en la alta Cuenca del Plata, tiene efectos muy costosos en términos ambientales y económicos sobre los territorios ubicados en la baja cuenca. Para prevenir estos impactos es inevitable planificar estrategias multilaterales que involucren a todas las partes comprometidas. En este sentido, el MERCOSUR ofrece un ámbito muy propicio para tratar y negociar este tipo de problemáticas.

## RECOMENDACIONES

En relación al uso de tierras y aguas, una política común debe contemplar acciones conjuntas que incluyan redes de investigación colaborativa, planificación de estrategias comunes, implementación conjunta de las estrategias, y su posterior monitoreo y control. Tomando como base las recomendaciones de la Agenda 21 y de un simposio realizado recientemente (Greenland y Szabolcs, 1994) para tratar la problemática del uso de las tierras y aguas, surgen algunos lineamientos válidos para iniciar el desarrollo de una política común:

- 1) La legislación, investigación, planificación, instrumentación y control de estrategias comunes en materia de uso de tierras y aguas deben ser enfocadas con un criterio holístico, multidisciplinario, y no ser desagregadas en sus componentes parciales. Esto implica considerar como un todo a ciertas unidades integrales del ambiente, como el ecosistema, la cuenca, o el paisaje. El énfasis sobre este enfoque debe ser especialmente reforzado en las grandes unidades ambientales de frontera.
- 2) El acceso a un conocimiento detallado sobre los usos actuales de las tierras y aguas debe

ser facilitado. Es conveniente recurrir tanto a los monitoreos de superficie como a los de percepción remota, integrando luego los datos a Sistemas de Información Geográfica que faciliten su manipulación. Se deberá promover y facilitar el uso de indicadores de sustentabilidad que valoren la condición, tendencia, y deterioro que sufren los recursos naturales de la región. Las evaluaciones deberán ser periódicas, y alimentar bases regionales de datos de libre disponibilidad. Se pondrá un énfasis especial en la evaluación de aquellos ambientes y recursos naturales de uso compartido entre los países.

- 3) Las prácticas existentes de producción que no sean ambientalmente sustentables deben ser claramente identificadas y listadas. Es el paso esencial para promover acciones de sustitución tecnológica.
- 4) Se deben impulsar decisiones y metodologías para incorporar el valor de escasez de los recursos naturales a las cuentas nacionales y regionales.
- 5) Las áreas geográficas expuestas a una pérdida creciente de sustentabilidad ambiental como resultado de prácticas productivas en uso, deben ser claramente identificadas. Es en estas áreas donde se deberán intensificar los estudios científicos que orienten, a través de políticas específicas, la modificación de los usos actuales de tierras, aguas y tecnologías.
- 6) Las áreas agrícolas que, por sus sistemas y prácticas productivas, muestran un impacto negativo sobre áreas vecinas y sobre la región, también deben ser identificadas y estudiadas con el fin de impulsar cambios que no resulten agresivos al ambiente.
- 7) Se deberán propiciar programas científicos que investiguen y permitan mejorar el conocimiento sobre el funcionamiento de aquellos sistemas naturales de importancia regional crítica, integrando estos conocimientos con los intereses sociales y económicos de la región.
- 8) Se deberá impulsar la participación de la comunidad científica y tecnológica en la elaboración de programas de ordenamiento territorial, y en la generación y transferencia de prácticas productivas que sean ambientalmente tolerables.

- 9) Con el fin de instrumentar estrategias sostenibles de desarrollo rural, se deberá favorecer la interrelación entre quienes toman decisiones políticas y la comunidad científico-tecnológica.
- 10) Se deberán evaluar las repercusiones del cambio climático sobre el ciclo hidrológico en áreas de importancia agrícola, y mejorar las capacidades regionales para enfrentar emergencias meteorológicas. Se deberá estimular un uso más eficiente del agua de riego, y la realización de estudios de impacto ambiental en nuevos proyectos de irrigación y uso de tierras.

Estas diez recomendaciones conforman un punto de arranque para impulsar una política común de uso de tierras y aguas que sea compatible con los postulados esenciales de la Agenda 21. Desechar o postergar la implementación de estas recomendaciones puede acarrear, en un futuro muy cercano, consecuencias negativas que podrían materializarse, por ejemplo, en sanciones económicas y comerciales. Estamos en condiciones de anticiparnos y poner, al valor económico de nuestra producción agropecuaria, un valor ambiental agregado que nos prevenga de problemas futuros y nos ubique en una mejor posición competitiva.

## LITERATURA CITADA

- BANCO MUNDIAL. 1992. El Banco Mundial y el Medio Ambiente (Ejercicio 1992). Banco Mundial, Washington D.C.
- BÁRBARO, N.O. 1994. Perfil Ambiental de la Argentina. Comité de miembros argentinos de la UICN, Buenos Aires.
- BÁRCENA, A. 1992. Acuerdo de Río: Cumbre de la Tierra Eco-92. In: Desarrollo Agropecuario Sustentable (compilación de L.S. Verde y E.F. Viglizzo). INTA-INDEC, Buenos Aires.
- BERRY, B. 1989. Comparative geography of the global economy: culture, corporation and the nation-state. *Economic Geography*, 65:1-18.
- BROWN, L.R. 1993. La Situación del Mundo 1993, Informe del Worldwatch Institute (L.R. Brown, ed.), Editorial Sudamericana S.A., Buenos Aires.
- CANTER, L.W. 1986. Environmental Impacts of Agricultural Production Activities. Lewis Publishers, Inc., Chelsea (Mi).
- CHARNOVITZ, S. 1992. Trade Negotiations and the Environment. *Intern. Environment Reporter*, March 11, 1992.
- CONWAY, G.R. Y BARBIER, E.B. 1990. *After the Green Revolution*, Earthscan Publ. Ltd., London.
- CORZINE, R. 1992. Iceland finds enemy to replace Soviet N-Subs. *Financial Times*, Oct.8, 1992.
- DENNISON, E. 1967. Why Growth Rate Differ: Postwar Experiences in Nine Western Countries. Brookings Institute, Washington.
- DE WIT, C.T. 1992. Resources use efficiency in agriculture. *Agricultural Systems*, 40:125-151.
- DOMAR, E. 1957. *Essays in the Theory of Economic Growth*. Oxford University Press, Oxford.
- FAO. 1988. An interim Report of the State of the Forests Resources in the Developing Countries. FAO Forests Resources Division, FAO, Roma.
- 1989. Food Outlook. Bol.No.12, FAO, Roma.
- 1990. Datos no publicados. Citado por WRI (1991). FAO, Roma.
- FRENCH, H.F. 1993. La reconciliación de comercio y medio ambiente. In: La Situación del Mundo 1993, Informe del Worldwatch Institute (L.R. Brown, ed.), Editorial Sudamericana S.A., Buenos Aires.
- , 1994. La reconstrucción del Banco Mundial. In: La Situación del Mundo 1994, Informe del Worldwatch Institute (L.R. Brown, ed.), EMECE Editores, Barcelona.
- GREEN, P.L. 1992. International trade talks likely to be greener. *Journal of Commerce*, July 20, 1992.
- GREENLAND, D.J. AND SZABOLCS, I. 1994. Soil Resilience and Sustainable Land Use. CAB International, Oxon (UK).
- GREENPEACE USA .1992. Toxic trade update. Second trimester report 1992.
- GRONDONA, M. 1994. Año Nuevo, Mercado Nuevo. *La Nación*, Dic.18, 1994.
- HANINK, D.M. 1988. An extended Linder model of international trade. *Economic Geography*, 64:322-334.
- , 1994. The International Economy: A Geographical Perspective. John Wiley & Sons, Inc., Singapur.
- HARROD, R. 1948. *Toward a Dynamic Economics*. Ed. Macmillan, London.
- HECKSCHER, E. 1919. The Effect of Foreign Trade on the Distribution of Income. *Reading in the Theory of*

- International Trade (H. Ellis and L. Metzler, eds.). Homewood, Illinois.
- HUNTINGTON, E. 1915. *Civilization and Climate*. Yale University Press, New Haven. Citado por Hanink (1994).
- JOHNSON, H. 1991. *Dispelling the Myth of Globalization: The Case for Regionalization*. Edit. Praeger, New York.
- KEYES, C. 1991. *The European Community and Environmental Policy: an Introduction for Americans*. WWF, Baltimore. Linder, S.B. (1961). *An Essay on Trade and Transformation*. John Wiley & Sons, New York.
- MAYBECK, M. 1987. *The Water Quality of World Rivers through the GEMS Program*. In: *Transport of Carbon and Minerals in Major World Rivers, part.4*, Universitat Hamburg, Hamburgo.
- MOORE, C. 1992. Bush's nonsense on jobs and the environment. *New York Times*, Sept.29, 1992.
- NORTH CAROLINE STATE UNIVERSITY. 1982. *The Fertility Capability of Soil Classification Systems: Interpretation, Applicability and Modification*. *Geoderma*, 27: 283-309.
- NYE, J. JR. 1992. What New World Order?. *Foreign Affairs*, 71/2:83-96.
- OECD. 1992. *The OECD Environmental Industry: Situation Prospects and Government Policies*. OECD Report, Paris.
- . 1989. *OECD Environmental Data Compendium 1989*. OECD, Paris.
- OHLIN, B. 1933. *Interregional and International Trade*. Harvard University Press, Cambridge.
- OLDEMAN, L.R. 1994. *The Global Extent of Soil Degradation*. In: *Soil Resilience and Sustainable Land Use* (D. J. Greenland y I Szabolcs, edit.), C.A.B. International, Oxon (RU).
- OROLOV, G.T. Y GHORBANZADEH, A. 1988. *Impact of Water Resources Development in Salinization of Semi-arid Lands*. In: *Land and Stream Salinity* (J.W.Holmes y T. Talsma, edit.) Elsevier, Amsterdam.
- PANIGATTI, J.L. Y VIGLIZZO, E.F. 1995. *Rol de los organismos de ciencia y tecnología en el diseño de estrategias sobre uso del territorio*. In: *II Seminario Internacional sobre Desarrollo Agropecuario Sustentable* (Compilación de L.S.Verde y E.F.Viglizzo). INTA-INDEC, Buenos Aires.
- PORTER, M.E. 1991. *La Ventaja Competitiva de las Naciones*. Javier Vergara Editor, S.A., Buenos Aires.
- POSTEL, S. 1994. *Capacidad de carga: los mínimos de la Tierra*. In: *La Situación 1994 del Mundo, Informe del Worldwatch Institute* (L.R.Brown, ed.). EMECE Editoriales, Barcelona.
- y RYAN, J.C. 1991. *Reforma de la industria forestal*. In: *La Situación del Mundo 1991, Informe del Worldwatch Institute*. Ed. Apóstrofe-CIP, Barcelona.
- RITZEN, J. 1977. *Education, Economic Growth and Income Distribution*. Edit. North Holland, Amsterdam.
- ROGERS, P.P. 1985. *Fresh Water*. In: *The Global Possible* (R.Repetto, edit.). Yale University Press, New Haven (Connecticut).
- RODGERS, G. 1975. *Nutritionally Based Wage Determinations in the Low Income Labor Markets*. *Oxford Economic Papers*, 27:61-81.
- ROSE, D.A. 1991. *A Northamerican free trade agreement: the impacts on wildlife*. WWF Report, Washington.
- ROSTOW, W. 1960. *The Stages of Economic Growth: A Non-communist Manifesto*. Cambridge University Press, New York.
- ROSTOW, W. 1978. *The World Economy: History and Prospect*. University of Texas Press, Austin.
- SAGyP. 1995. *Mercosur Agropecuario: Actualidad y Perspectivas*. Ministerio de Economía de la Republica Argentina, Año 1, No.1.
- SCHUMPETER, J. 1951. *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press, Cambridge.
- SMITH, K.A. 1994. *El rol de la ciencia y la tecnología en un programa nacional para un desarrollo agropecuario sustentable*. I Seminario Internacional sobre Desarrollo Agropecuario Sustentable (Compilación de L.S. Verde y E.F. Viglizzo). INTA-INDEC, Buenos Aires.
- THE ECONOMIST. 1995. *Pocket World in Figures, 1995 Edition*. William Clowes, Ltd., London.
- THIRLWALL, A. 1977. *Growth and Development*, 2nd.ed. John Wiley & Sons, New York.
- THRIFT, N. 1992. *Muddling Through: World Orders and Globalization*. *The Professional Geographer*, 44:3-7.
- UNEP 1988. *Assessment of Freshwater Quality*, UNEP, Nairobi.
- . 1992b. *Proceedings of the Ad-hoc Expert Group Meeting to Discuss Global Soil Databases and Appraisal of GLASOD/SOTER, 24-28 Feb.1992*, UNEP, Nairobi.
- UICN. 1982. *The UICN Mammal Red Data Book, part.I*, IUCN, Gland (Suiza).
- UNIDO, U.N. INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (1988). *Global Overview of the*

- Pesticide Industry Sub-sector, Sectoral Working Papers. UNIDO, Viena.
- VERNON, R. 1966. International investment and international trade in the product cycle. *Quarterly Journal of Economics*, 80:190-207.
- VIGLIZZO, E.F. 1992. El INTA Frente al Desafío del Desarrollo Agropecuario Sustentable. In: *Desarrollo Agropecuario Sustentable* (L.S.Verde y E.F.Viglizzo, compil.). INTA-INDEC, Buenos Aires.
- WCED . 1987. *Our Common Future (The Brundtland Report)*. Oxford University Press, Oxford.
- WELLS, L. 1968. A product life cycle for international trade?. *Journal of Marketing*, 32:1-6.
- WORLD BANK. 1992. *World Development Report 1992*. Oxford University Press, New York.
- WCMC, WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. 1988. *Series of Reports on Conservation of Biological Diversity*, WCMC, Cambridge. Citado por WRI (1991).
- WRI, WORLD RESOURCES INSTITUTE 1990. *World Resources 1990-91*. Oxford University Press, New York.

# CAPÍTULO 5

## GESTIÓN DE RECURSOS VULNERABLES Y DEGRADADOS

---

JUAN GASTÓ  
LEÓN DARÍO VÉLEZ  
CARLOS H. D'ANGELO

# Gestión de recursos vulnerables y degradados \*

por Juan Gastó\*\*, León Darío Vélez \*\*\* y  
Carlos H. D'Angelo \*\*\*\*

## INTRODUCCIÓN

La agricultura es la artificialización de la naturaleza, la cual se logra a través de la aplicación de tecnología. La naturaleza se transforma con el fin de satisfacer las necesidades de la población tanto para su sustento como para lograr un ordenamiento compatible con la sociedad. La sociedad al transformar la naturaleza persigue generar un escenario que optimice su calidad de vida.

Todo proceso de transformación de la naturaleza afecta, necesariamente, al ecosistema al extraer algunos de sus componentes necesarios para su normal funcionamiento (Ponting, 1992); simultáneamente, incorpora otros de carácter tecnológico o bien elementos naturales de otros ámbitos. Como resultado de este proceso se genera un cambio de estado en el ecosistema, que puede alejarlo del estado óptimo sustentable que constituye la meta propuesta por la sociedad. Esta diferencia establece el impacto del proceso, que puede ser negativo o positivo. Los ámbitos que presentan mayores posibilidades de degradarse son los de mayor vulnerabilidad.

El estudio ha sido dividido en cinco partes. En la primera se analizan los componentes de la vulnerabi-

lidad, centrándose en la artificialización de la naturaleza y en el concepto de estabilidad como antítesis de vulnerabilidad. El concepto de vulnerabilidad se localiza en el contexto de la teoría de probabilidades y se representa en escalas espacio - temporales diversas de acuerdo al problema que se analice.

El modelo de Nijkamp-Dourojeanni permite determinar el espacio de solución con relación a los tres atributos fundamentales de la agricultura: productividad, equidad y sustentabilidad. Se plantea la localización del espacio de solución en función del ámbito y del sistema global. Es por ello que se relaciona la vulnerabilidad con la receptividad tecnológica del sistema y con las clases de capacidad de uso.

Los estilos de agricultura son la resultante de la aplicación de las tecnologías de artificialización hacia el logro de las metas definidas por la sociedad. La agricultura moderna desarrolla diversos estilos que se ajustan a las condiciones propias de cada ámbito y del cambio global. En la búsqueda de soluciones para el agro se pretende armonizar los diversos estilos de agricultura, en un contexto en el que se generen estados de baja vulnerabilidad, de acuerdo a las condiciones propias de cada ámbito y entorno.

Finalmente, en la última parte del estudio se analiza la conservación y gestión de los ámbitos vulnerados y degradados. La solución se logra a través de tres argumentos fundamentales: la incorporación de la teoría del uso múltiple sustentable del territorio, la aplicación de las tecnologías disponibles y el ordenamiento territorial.

A continuación se presenta el algoritmo que sintetiza el contenido del capítulo, en el cual se plantea la vulnerabilidad (Figura 1) como una función de la cultura que fija metas, del ámbito donde se materializan dichas metas, y de las acciones mediante las cuales se logran la metas. La vulnerabilidad constitu-

---

\* Estudio realizado en el marco del proyecto FONDECYT N° 1971200, Santiago, Chile

\*\* Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Profesor Titular, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

\*\*\* Ingeniero Agrónomo, Profesor Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

\*\*\*\* Ingeniero Agrónomo, Profesor Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad del Litoral, Esperanza, Santa Fe, Argentina.

ye la probabilidad de que se presente algún tipo de efecto causado por un sinnúmero de eventos, esto es, la vulnerabilidad expresada en términos probabilísticos de algún tipo de riesgo. La magnitud de la vulnerabilidad o de los efectos depende de la escala espacial y temporal en la cual sean evaluados. El espacio de solución a la vulnerabilidad está en función de la sustentabilidad, la productividad y la equidad dentro de ámbitos específicos y del cambio global. Este espacio de solución se fundamenta en el reconocimiento de ámbitos heterogéneos, de una gran diversidad de demandas y potencialidades sociales, y de un considerable acervo de tecnologías disponibles, todo lo cual posibilita el desarrollo de diferentes estilos de agricultura con base en un adecuado ordenamiento del territorio.

## COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD

### Ámbito y agricultura

De acuerdo con Gastó (1983) y Prado (1983), la agricultura puede definirse como «la serie de procesos de artificialización de ecosistemas de recursos naturales renovables con el fin de optimizar la calidad y cantidad del cambio de estado canalizable hacia el hombre y su cosecha por éste.» El término agricultura, tal como se emplea en este capítulo, se refiere a las actividades de explotación de los recursos naturales incluyendo los sistemas de cultivos, ganaderos, forestales, la fauna silvestre, marinos, dulce acuícolas, el agua y la explotación del paisaje para el agroturismo, entre otros.

Respecto del término artificialización, éste implica la transformación de un ecosistema natural desde un estado inicial  $E_i$  a un estado  $E_f$  con una probabilidad de ocurrencia  $P_f$ , luego de aplicar un trabajo  $w_{if}$ . De no mediar la intervención humana, el ecosistema natural tendería a un estado  $E_r$  con una probabilidad  $P_r$ . De este modo, la artificialización del sistema puede definirse como la diferencia de estado que existe entre el estado probable que alcanzaría el ecosistema no intervenido y el estado que presentaría al aplicar estímulos artificiales (Figura 2).

La probabilidad  $P_f$  de alcanzar el estado deseado  $E_f$  depende del ámbito en cuestión, de la identidad del estado  $E_i$  y del trabajo aplicado ( $w_{if}$ ) para alcanzarlo.

A partir de lo precedente, se observa que en la actividad agrícola se combinan tres componentes básicos: un ámbito cuya imagen o modelo es el ecosistema; metas antrópicas, expresadas en una cierta calidad y cantidad de productos canalizables hacia el hombre y las acciones de artificialización correspondientes a éstas.

Respecto del **concepto de ámbito** que aquí se propone, corresponde a lo que Gastó (1983) denomina ecosistema-origen y define como la unidad ecológica

básica, cuya complejidad es el producto de la integra-

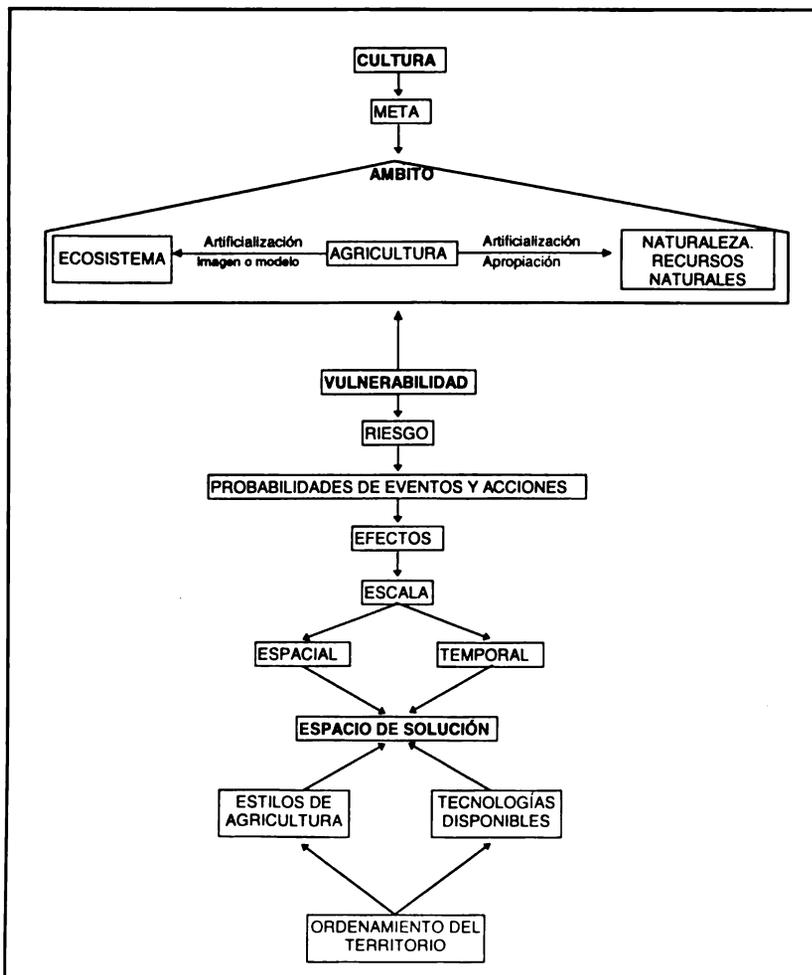
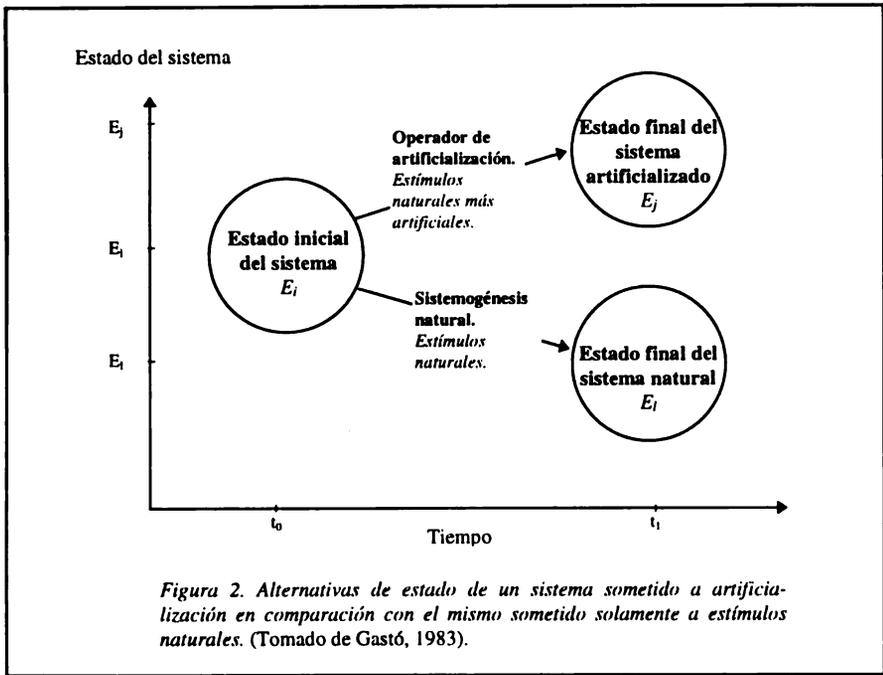


Figura 1. Algoritmo de la vulnerabilidad.



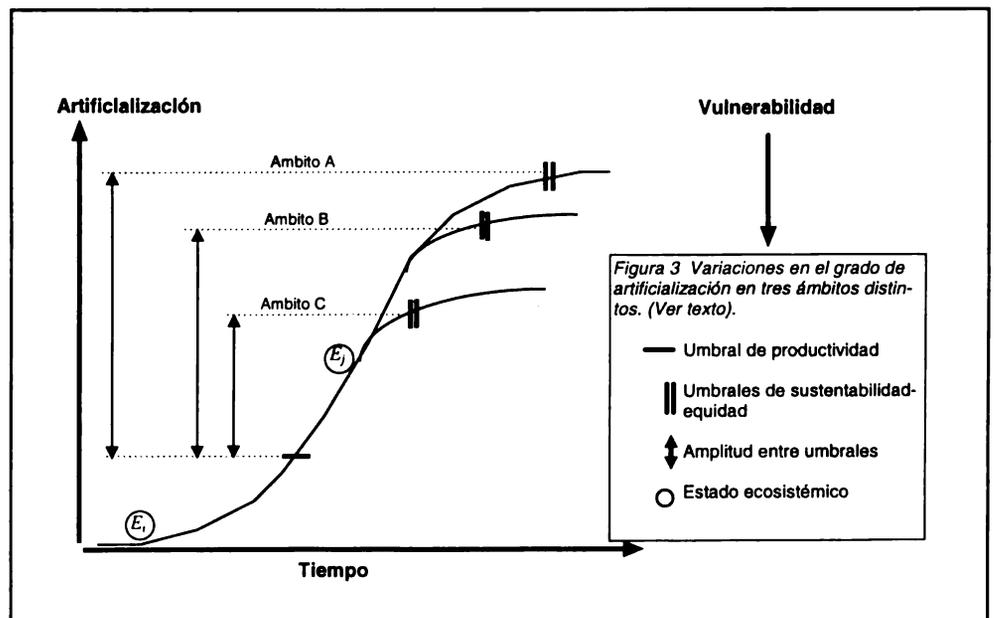
**cialización pertinentes**, que hacen posible el logro de la meta. Por consiguiente, la elección del estado final o meta antrópica y del operador de artificialización de un sistema dado, dependerá, en primera instancia, de cada ámbito particular.

Profundizando en lo anterior, se postula que la diversidad de estados alternativos posibles de alcanzar en un ámbito dado, depende de la amplitud entre el umbral de productividad (nivel de artificialización por debajo del cual la actividad no es rentable) y el umbral de sustentabilidad-equidad (nivel de artificialización por encima del cual se compromete la sustentabilidad del ámbito y/o la equidad de la actividad) (Figura 3). Cuanto menor la

ción de cinco subsistemas: biogeoestructura, o recurso natural propiamente tal; socioestructura, que corresponde al hombre organizado en estructuras sociales, culturales y políticas definidas; tecnoestructura, que deriva de la transformación de los elementos naturales bióticos y abióticos a través de la tecnología; entorno, representado por el ambiente externo al sistema y que influye necesariamente sobre éste, y sistemas externos incidentes, que son todos aquellos vinculados a un sistema dado a través del flujo de materia, energía e información. De este modo, el ámbito en el que se hace agricultura en un espacio geográfico dado, no sólo incluye al tipo de naturaleza presente, sino también al efecto histórico de las metas y acciones humanas.

A partir del ámbito existente en un tiempo dado, puede postularse que éste impone restricciones a los **cambios de estado posibles o metas antrópicas, mientras éstos definen las acciones de artifi-**

amplitud entre umbrales mayor la vulnerabilidad del sistema. A partir del universo de ámbitos susceptibles de artificialización, es posible definir un gradiente desde ámbitos que permiten un número infinito de estados alternativos con diferentes niveles de artificialización ( $0\% < \text{artificialización} \leq 100\%$ ) hasta ámbitos que sólo admiten la preservación del estado natural (artificialización = 0 %).



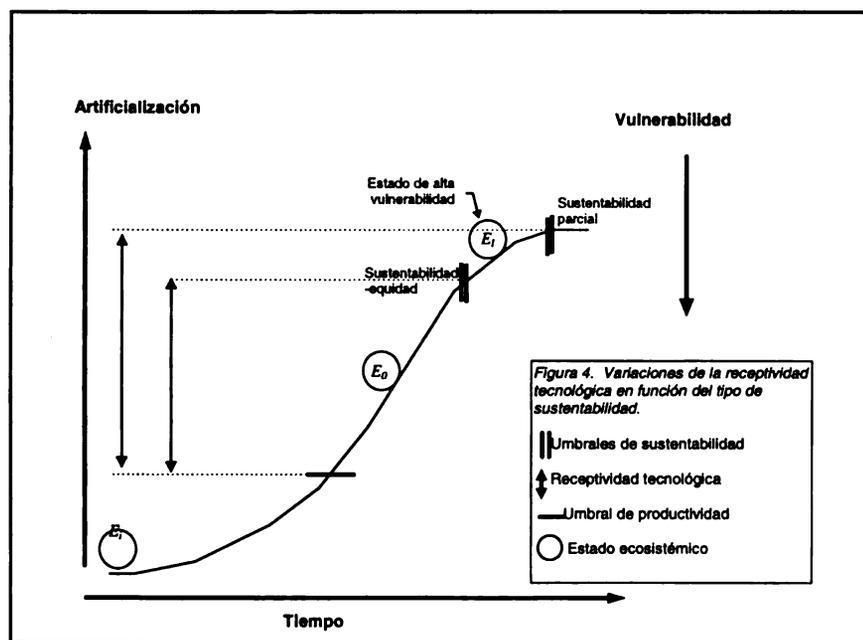
Mientras el umbral de sustentabilidad-equidad se define considerando las distintas dimensiones de la sustentabilidad (coherencia ecológica, estabilidad socioestructural, complejidad infraestructural, estabilidad económico-financiera, riesgo e incertidumbre; (Gligo, 1987; Mansvelt y Moulder, 1993) existe un umbral de sustentabilidad parcial que sólo toma en cuenta una o algunas de éstas. En este último caso, puede incrementarse la amplitud entre umbrales o receptividad tecnológica del sistema aunque esto también incrementa la vulnerabilidad del sistema (Figura 4).

Sintetizando lo precedente, formalmente se tiene:

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{ámbito, metas, acciones})$$

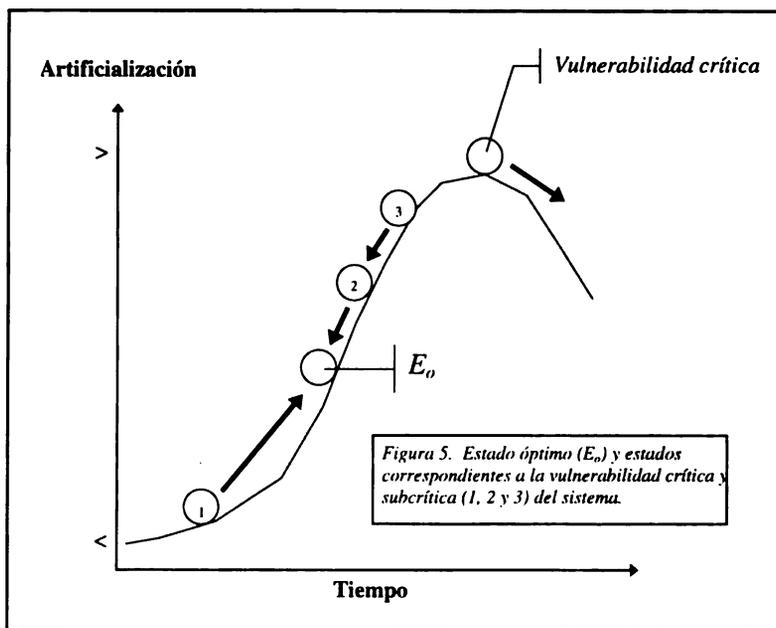
**Importancia del ámbito en la vulnerabilidad**

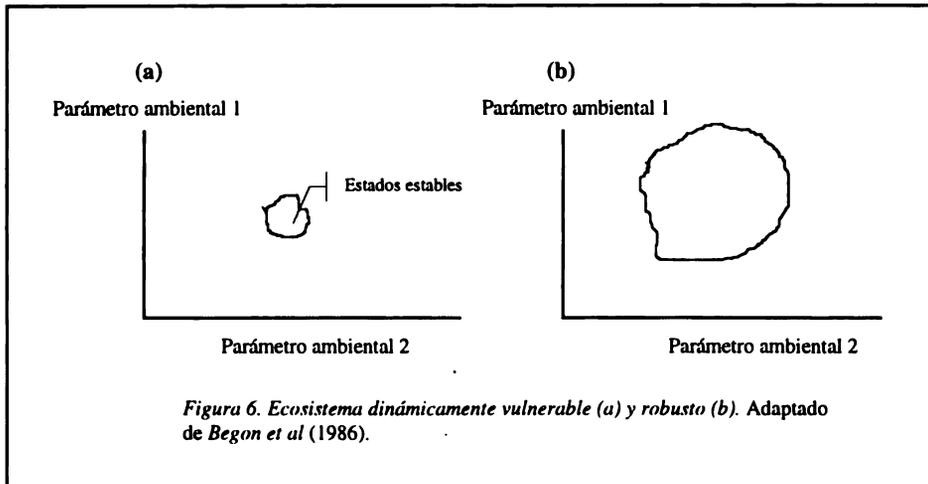
Desde la perspectiva del ámbito, el problema de la vulnerabilidad puede enmarcarse en las propiedades generales de la estabilidad ecosistémica, expresándose a través de dos conceptos básicos: inercia y resiliencia (Westman, 1985).



**Inercia** puede conceptualizarse como la resistencia al disturbio de un ente dado (una varilla metálica, un ecosistema etc.). De acuerdo con Westman (1985), aún cuando no parecen existir índices de inercia ecosistémica determinísticos, tanto la sensibilidad de los organismos al ambiente físico como las propiedades de retroalimentación negativa dentro del sistema biológico, parecen ser características relevantes para el desarrollo de esta propiedad. Vinculando el concepto de inercia a las características del ambiente, Begon *et al* (1986) proponen los conceptos de comunidades dinámicamente vulnerables - dinámicamente robustas; extendiendo am-

En el proceso de transformación del ecosistema origen desde un estado inicial ( $E_0$ ) a otro óptimo ( $E_o$ ), existe una cierta probabilidad de que tal estado no se alcance o que, siendo alcanzado, éste cambie por efecto de un evento dado. En este contexto, puede distinguirse entre las vulnerabilidades crítica y subcrítica del sistema; la primera corresponde a la probabilidad de que el estado del sistema exceda el umbral de sustentabilidad-equidad, tal que desde éste ya no sea posible alcanzar el estado óptimo deseado. La segunda se refiere a las probabilidades de alcanzar un cierto número de estados distintos del óptimo tal que, desde ellos aún es posible alcanzar a éste (Figura 5).



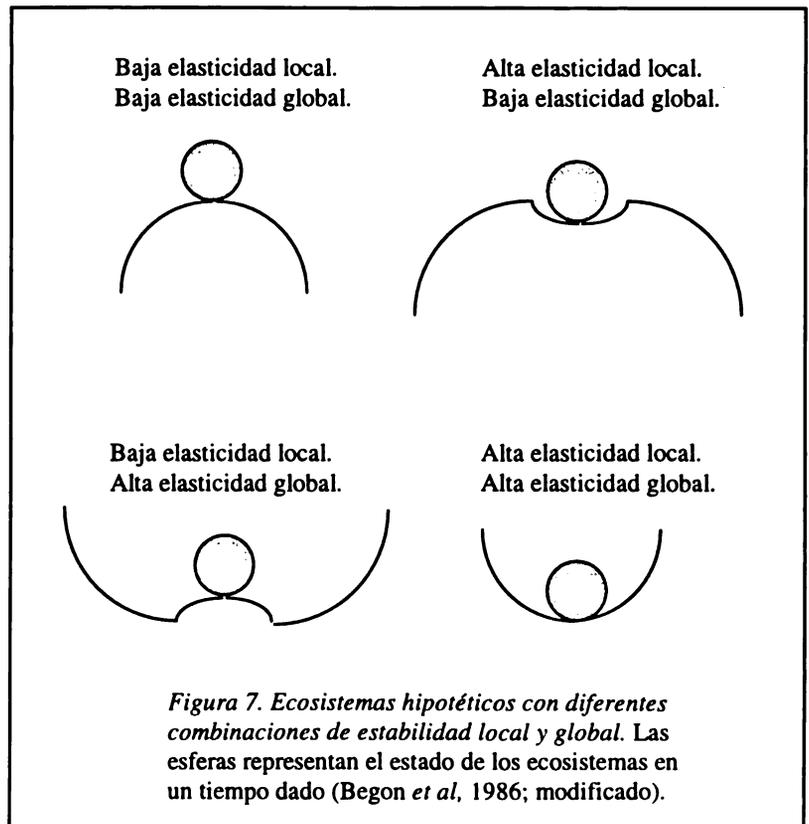


Los conceptos al nivel de ecosistema puede distinguirse entre ecosistemas vulnerables, que son aquellos estables dentro de un rango estrecho de condiciones ambientales (Figura 6 a) y los ecosistemas robustos, que son estables dentro de un rango amplio de éstas (Figura 6 b).

**Resiliencia** se refiere al grado, modo y velocidad de restauración de la estructura y función inicial en un ecosistema dado luego de ocurrido cierto disturbio (Westman, 1985); de acuerdo a este autor, ésta puede subdividirse en cuatro propiedades adicionales: amplitud y elasticidad (propuestas por Orians, 1975; citado por Westman, 1985) histéresis y maleabilidad (Westman, 1978). La elasticidad y amplitud parecen particularmente relevantes para el tratamiento de la vulnerabilidad.

**Elasticidad** puede expresarse como el tiempo requerido para restaurar una característica particular de un ecosistema hasta un límite relativamente próximo al nivel predisturbio<sup>1</sup> (Westman, 1985). En relación a esta propiedad, Begon *et al* (1986) propo-

nen los conceptos de estabilidad local y estabilidad global, que aquí podrían parafarsearse como elasticidad local y global respectivamente; la primera describe la tendencia de un ecosistema a retornar a su estado original, o próximo a éste, luego de una perturbación pequeña, mientras la segunda se refiere a la misma tendencia cuando la perturbación es grande (Figura 7).



<sup>1</sup> En términos generales, no es posible esperar que un sistema se recupere en un 100 por ciento hasta el estado pre impacto (Westman, 1988).

**Amplitud.** La amplitud de un ecosistema es el valor umbral, más allá del cual no es factible la recuperación de un estado próximo al inicial. En este sentido, Woodwell, 1975, citado por Westman, 1985, menciona que no todos los ecosistemas exhiben un comportamiento umbral. Cuando se trata de sistemas complejos, la respuesta a la perturbación del sistema como un todo parece ocurrir a lo largo de un continuo. Sin embargo, algunos componentes particulares del sistema (p.e. una población de cierta especie) frecuentemente muestran un comportamiento umbral, por encima del cual la población se extingue y por debajo del cual se recupera. Desde una perspectiva productiva, la definición de la amplitud ecosistémica adquiere una relevancia particularmente importante. En este sentido, es importante identificar el umbral de cosecha (de madera, pasto, etc.) por encima del cual un ecosistema particular no es capaz de retornar al estado inicial.

Tal como se mencionara previamente, no existe un índice predictivo generalizable de inercia y resiliencia; de acuerdo a Westman (1985) la experiencia acumulada a través de las observaciones de campo es, al menos por el momento, el medio más adecuado para

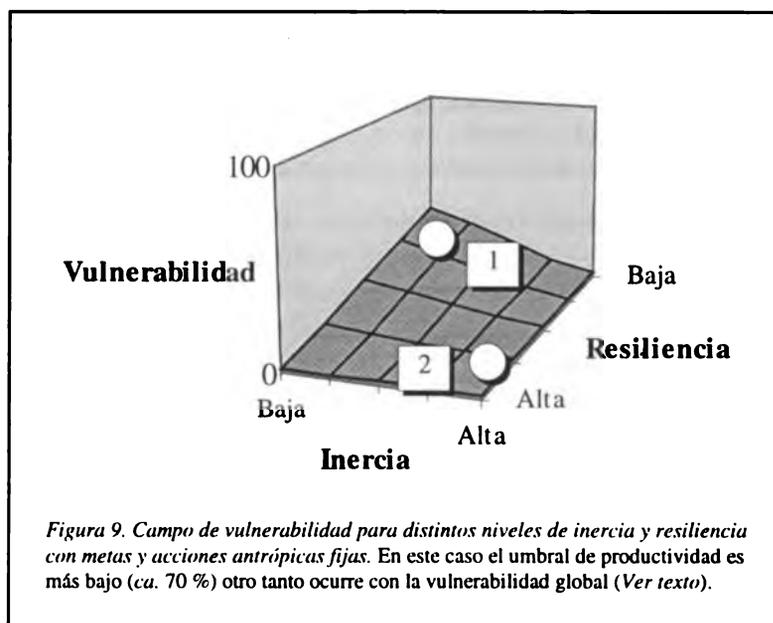
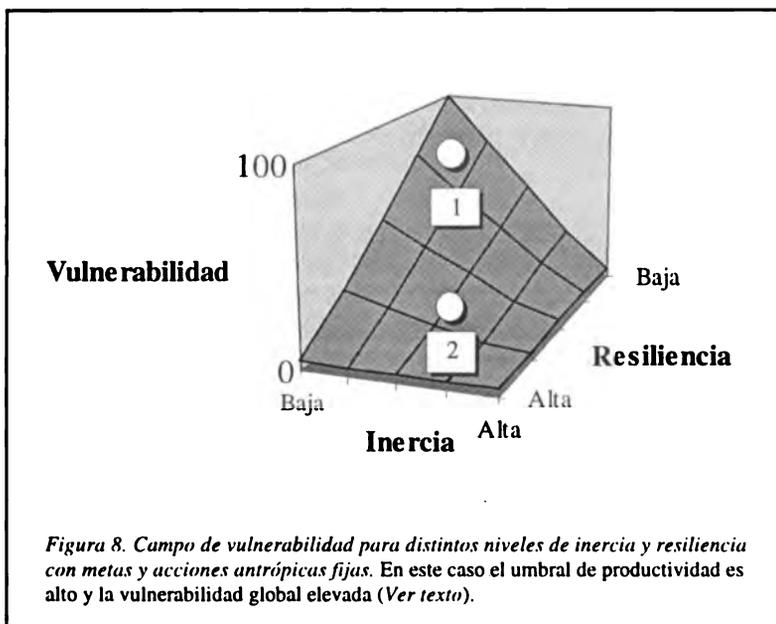
desarrollar una teoría predictiva de la respuesta del ecosistema ante los disturbios. En el Cuadro 1 se definen algunos de los conceptos precedentes y se dan sendos ejemplos de su aplicación.

Tal como se mencionara previamente, la vulnerabilidad de un ecosistema dado se vincula a la probabilidad de que éste alcance un estado considerado indeseable para una cultura particular. De este modo, en el concepto de vulnerabilidad se combinan una dimensión propia del ámbito o ecosistema - origen con otra antrópica; la dimensión ecosistémica afecta la vulnerabilidad a través del grado de estabilidad del ámbito, mientras la dimensión antrópica lo hace al definir las metas y acciones productivas.

La Figura 8 muestra un campo de vulnerabilidad hipotético en función de distintos niveles de inercia y resiliencia considerando metas y acciones fijas. Las esferas indican el estado óptimo de dos ecosistemas cualesquiera en un ámbito naturalmente inestable (inercia y resiliencia bajas; esfera 1) y estable (inercia y resiliencia media-altas; esfera 2). La Figura 9 muestra el cambio que ocurre en el campo de vulnerabilidad cuando el umbral de productividad se reduce ca. 70 %.

**Cuadro 1.** Características de la Inercia y Resiliencia y ejemplos de su aplicación (Westman, 1985; modificado).

Características	Definición	Ejemplo 1: varilla de metal.	Ejemplo 2: ecosistema sujeto a cosecha antrópica.
<b>Inercia</b>	Resistencia al cambio.	Fuerza necesaria para extender una varilla una distancia dada.	Magnitud de la tasa de cosecha de la arquitectura del ecosistema ante la cual el funcionamiento y arquitectura de éste se aleja de su óptimo.
<b>Elasticidad</b>	Rapidez de restauración de un estado estable luego de un disturbio.	Tiempo requerido para retornar a la dimensión original luego de extenderse una cierta distancia.	Tiempo necesario para recuperar la arquitectura y funcionamiento óptimo del ecosistema luego de cierto daño.
<b>Amplitud</b>	Zona desde la cual el sistema puede retornar al estado estable.	Distancia más allá de la cual la varilla no puede extenderse sin experimentar una deformación permanente.	Tasa de cosecha máxima de la arquitectura más allá de la cual no es posible recuperar la arquitectura y funcionamiento óptimos.



## Riesgo

### Teoría de probabilidades.

El concepto de riesgo aparece en el siglo XVIII en el contexto de la intensificación del tráfico naviero entre las naciones europeas y las colonias americanas, referido a la preocupación por la seguridad de cargamentos y tripulaciones ante las vicisitudes del clima y el tráfico (Sanhueza y Vidal, 1996). El riesgo es el grado de probabilidad de que ocurra un evento, que signifique un daño o una pérdida. Es una medida de la incertidumbre de un evento probable, pero no seguro, por lo cual está estrechamente relacionado con la vulnerabilidad del sistema de una manera azarosa (Urrutia y Lanza, 1993).

Las áreas donde se hace agricultura están sujetas a fuerzas de la naturaleza que pueden alterar el estado del sistema afectando su estabilidad. Ante esto, es factible que ocurran daños a la propiedad o a la vida de las personas. En la medida que se intensifica el uso o la ocupación de las áreas de mayor riesgo, mayores son las probabilidades de desestabilización del sistema y de causar daños. Afortunadamente, estas áreas pueden ser identificadas por especialistas en clasificación de tierras y ámbitos (Lynch y Broome, 1973). En algunos países existe una nutrida legislación en relación a los riesgos; por ejemplo, Francia cuenta con la ley de indemnización de las víctimas de catástrofes naturales, que obliga a aplicar el documento denominado Plan de Exposición a Riesgos Naturales Previsibles, mientras Japón dispone de la ley Básica de Medidas de Desastre (Muñoz, 1994).

El tratamiento del riesgo puede localizarse en la Teoría de Catástrofes de Thom, que plantea las bases matemáticas de las propiedades de discontinuidad o bifurcación que se dan en cualquier proceso (Thom, 1976). Esta ha sido aplicada por Vide (1993) al clima y por Anguita (1993) al medio geológico. Catástrofe se define como cualquier transición discontinua en un sistema que puede tener más de un estado estable, siendo ésta el salto desde un estado al otro (Vide, 1993).

En el estudio de Sanhueza y Vidal (1996) la teoría de Catástrofes se aplica en dos contextos: i) la relación que existe entre los riesgos y la acción del hombre, y ii) la aplicación de umbrales a partir de los cuales una situación se considera riesgosa. Desde la perspectiva del riesgo, para establecer el grado de

estabilidad ambiental o la capacidad de reproducir el estado de un ecosistema dado, es preciso establecer tres postulados básicos (Gastó y Gonzalez, 1992):

1. Los ámbitos son heterogéneos.
2. Existe un conjunto de variables de tipo biogeoestructural, socioestructural, tecnoestructural y de los sistemas externos incidentes del entorno, que le dan distinta especificidad a la vulnerabilidad del sistema (Gastó, Cosío y Panario, 1993).
3. El riesgo es una medida probabilística de eventos y efectos relacionados con la vulnerabilidad del sistema.

Por lo anterior, para cada ámbito debe determinarse el grado de vulnerabilidad del sistema y, dentro del concepto de enfermedad ecosistémica, aquellas con mayor probabilidad de ocurrencia, tanto en forma natural como por la aplicación de alguna acción antrópica.

Si un suceso  $J$  cualquiera tiene  $H$  posibilidades de ocurrir entre un total de  $N$  posibilidades; y cada una de éstas tiene la misma oportunidad de ocurrir que las demás, entonces la probabilidad ( $p$ ) de que el suceso  $J$  ocurra (p.e. que ocurra la crecida de un río) se denota por:

$$p = \Pr \{J\} = \frac{H}{N}$$

La probabilidad ( $q$ ) que no ocurra, i.e. que no se vulnere al sistema, es (Spiegel, 1991):

$$q = 1 - \Pr \{J\}$$

La posibilidad  $H$  de ocurrencia de un suceso, entre un total de  $N$  oportunidades se puede determinar de dos formas: empíricamente y racionalmente.

Empíricamente es posible registrar el número de veces en las que el evento se produce y el total de oportunidades de que ello ocurra, lo cual se determina en forma *sincrónica*. Un ejemplo de esto puede ser lo que ocurre en cierto ámbito de cordillera en relación al número de nevadas registradas ( $K$ ) en un año dado y el número ( $N$ ) de ámbitos análogos en donde podría ocurrir la nevada ( $K$ ).

En forma *diacrónica* la probabilidad se puede calcular luego de analizar una serie de años en que el fenómeno se produce en un lugar y ámbito dados, en relación al total de años. Un ejemplo de esto puede ser el número (*H*) de crecidas de un río en relación al total de años observados (*N*).

En ambos casos, el proceso concluye con el cálculo de una función empírica de probabilidad de ocurrencia de un evento, en un ámbito dado, tal como una ecorregión o un sitio.

En términos generales, los eventos pueden ser de dos clases: eventos naturales y eventos antrópicos.

Entre los **eventos naturales** (*K*) pueden incluirse sismos, erupciones, crecidas de ríos, lluvias, nevadas, desprendimiento de rocas e incendios. La probabilidad del evento natural se calcula en relación al número total de eventos que podrían ocurrir en el tiempo o en el espacio; por ejemplo: número de erupciones/número de años; número de crecidas/número de años; número de desprendimientos de rocas/número de rocas presentes, etc..

La probabilidad de ocurrir un evento natural cualquiera {*K*} en un ámbito dado es:

$$\Pr \{Ki\} = \frac{H_{Ki}}{N}$$

donde:

*H<sub>Ki</sub>* es el número de veces que ocurre el evento *K<sub>i</sub>* en ese ámbito;

*N* es el número total de veces que el evento podría ocurrir en el ámbito en cuestión, y

$\Pr \{K\}$  es la probabilidad de ocurrencia del evento en el ámbito considerado.

A su vez, el evento presenta una probabilidad condicionada de un efecto relacionado con éste. A modo de ejemplo, en el Cuadro 2 se listan los efectos correspondientes a distintos eventos:

Si el evento natural se produce, la probabilidad que produzca un efecto (*L*) está dada por:

$$\Pr \{Li\} = \frac{H_{Li}}{N}$$

donde:

*H<sub>Li</sub>* es la probabilidad del suceso *L<sub>r</sub>* cuando ocurre el evento *K<sub>r</sub>* y

*N* es el número total de posibilidades en relación a la ocurrencia de *K<sub>r</sub>*

Por lo tanto se trata de la probabilidad condicionada de *L<sub>r</sub>* y *K<sub>r</sub>*

A modo de ejemplo, puede considerarse la ocurrencia de un evento natural cualquiera; p.e. la crecida de un río (*K*) ocurre 10 veces en 50 años. De este modo, la probabilidad de ocurrencia es:

$$\Pr \{Ki\} = \frac{10}{50} = 0,20$$

Si se considera que por cada 28 crecidas del río (*K*) se producen 14 inundaciones como efecto (*L*) en un ámbito ribereño dado, la probabilidad de inundación cuando el río crece es de:

$$\Pr \{Li / Ki\} = \frac{14}{28} = 0,50$$

**Cuadro 2.** Efectos de distintos eventos naturales.

Evento ( <i>K<sub>i</sub></i> )	Efecto ( <i>L<sub>i</sub></i> )
Sismo	Derrumbe
Crecida	Inundación
Nevada	Alud
Incendio	Quema
Desprendimiento de roca	Aplastamiento
Lluvia	Sequía, inundación
Frente polar	Helada
Inversión térmica	Contaminación

La probabilidad de que ocurran los dos eventos simultáneamente, la crecida ( $K$ ) y la inundación ( $L$ ) es:

$$\Pr\{Li, Ki\} = 0,50 * 0,20 = 0,10$$

En otro ámbito, más alejado de la ribera, la posibilidad de que ocurra una inundación podría ser menor, tal como de 7 en 28 años; de este modo:

$$\Pr\{Li\} = \frac{7}{28} = 0,25$$

En este caso, la probabilidad de que ambos eventos ocurran simultáneamente es:

$$\Pr\{Li, Ki\} = 0,25 * 0,20 = 0,05$$

El daño de la inundación puede evaluarse como la reducción de productividad del ámbito, o bien con

cualquier otro parámetro. Si se trata de una pradera que produce  $600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  de peso vivo animal y luego de la inundación se reduce a  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , el daño es de  $500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Figura 10).

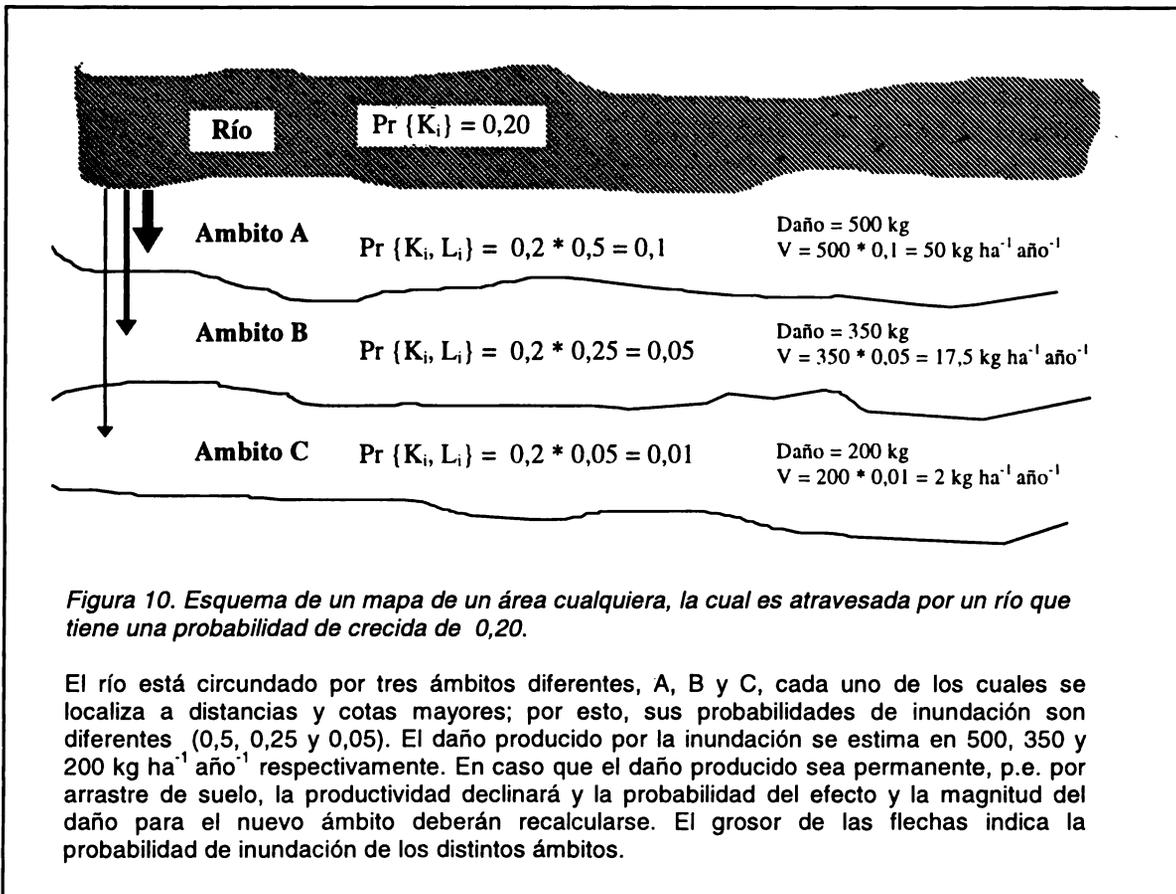
La vulnerabilidad ( $V$ ) de un ámbito dado, de acuerdo a la meta establecida por una sociedad, para una variable dada es igual a:

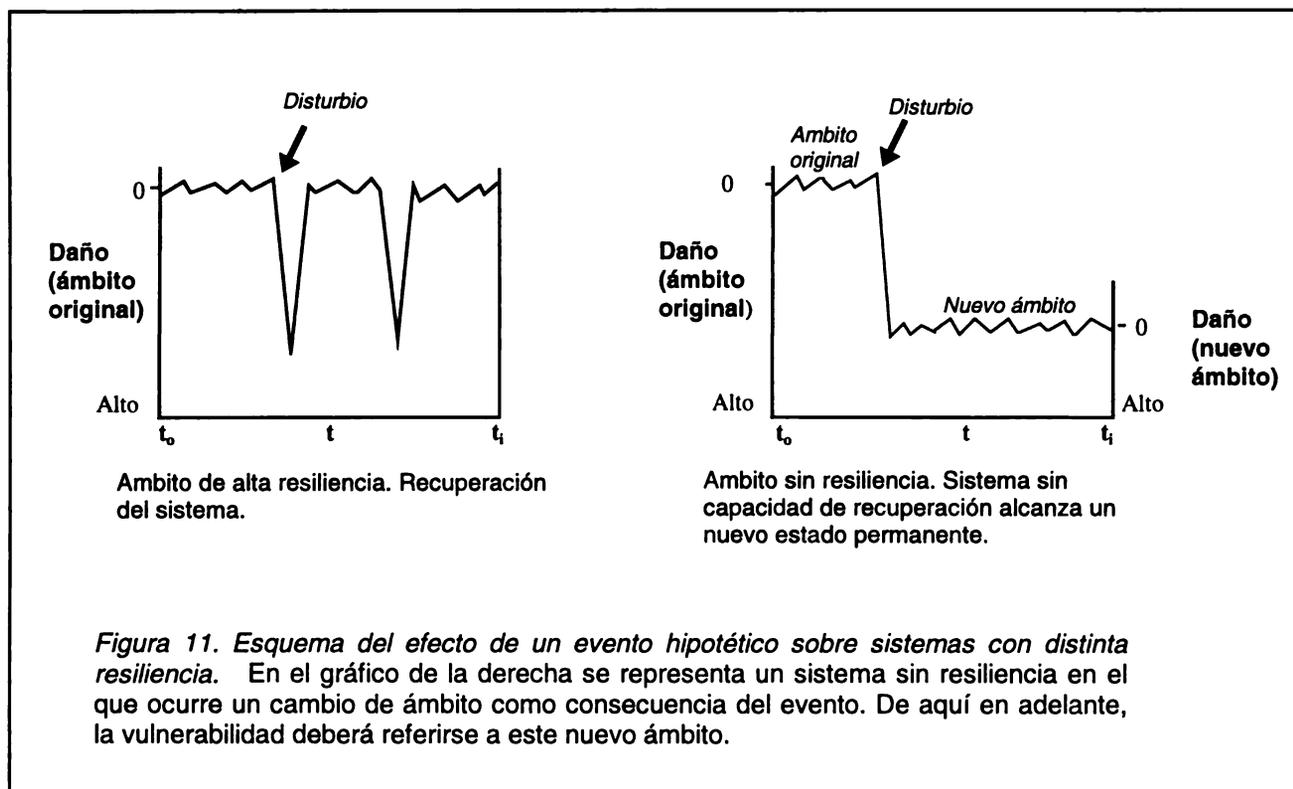
$$V = (\Pr\{Ki\} * \Pr\{Li\} * \text{Daño})$$

En el ejemplo dado se tiene :

$$V = (0,20 * 0,50 * 500) = 50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

Esto es lo que ocurre en el caso que el sistema sea de alta resiliencia y que en el lapso de un año retorne al daño cero; i.e. produzca nuevamente  $600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Figura 11).





En el Cuadro 3 se presenta la escala relativa de vulnerabilidad para los tres ámbitos que circundan al río.

**Cuadro 3. Vulnerabilidad hipotética de tres ámbitos ribereños**

Ambito	Probabilidad de crecida del río circundante $K_i$	Probabilidad de inundación $L_i$	Probabilidad combinada $Pr\{K_i, L_i\}$	Productividad original en Peso Vivo animal $kg^{-1} ha^{-1}$	Productividad luego de la inundación en peso vivo del animal (kg/ha/año)	Daño a la productividad (kg/ha/año)	Vulnerabilidad Absoluta.....Relativa $kg^{-1} ha^{-1}$ prop. de la prod.
A	0,20	0,50	0,10	600	100	500	50,0 0,0833
B	0,20	0,25	0,05	700	350	350	17,5 0,0250
C	0,20	0,05	0,01	800	600	200	2,0 0,0025

**Cuadro4. Efectos de distintas acciones humanas.**

Acción ( $\pi_i$ )	Efecto ( $L_i$ )
Fertilizar	Contaminar
Desmontar	Despoblar el monte
Pastorear	Erosionar
Pastorear	Contaminar
Talar	Despoblar de árboles
Drenar	Aridizar
Aplicar pesticidas	Contaminar
Regar	Salinizar
Regar	Anegar

Respecto de los **eventos antrópicos** ( $\pi_i$ ), estos incluyen fertilizar, labrar la tierra, desmontar, rozar, quemar, aplicar pesticidas, pastorear, regar y drenar. La probabilidad del evento se calcula en relación al número total de eventos que podrían ocurrir en el tiempo o en el espacio; a modo de ejemplo: número de labores/número de años; número de riegos/número de años.

Tal como se observa en el Cuadro 4, para cada acción, existe un tipo de efecto correspondiente:

La probabilidad del evento está dada por:

$$\Pr\{\pi_i\} = \frac{\pi_i}{N}$$

donde:

$\pi_i$  es el número de veces que ocurre la acción antrópica.

Al igual que en el caso anterior referido a eventos naturales y sus efectos, es posible determinar su probabilidad condicionada y el daño esperado.

Por lo tanto, para cada ámbito, tal como sitio, ecorregión o formación vegetal, para cada meta asignada por la sociedad y para cada variable, debe determinarse el grado de vulnerabilidad ( $V$ ) dado por las condiciones de ocurrencia de eventos naturales, de las acciones antrópicas, de efectos y por el daño esperado, lo cual puede representarse en cartas politémicas de vulnerabilidad, p.e. para incendios, crecidas y nevadas. En el caso de la agricultura, además pueden elaborarse otras cartas politémicas relacionadas con las acciones de desmontar, talar, regar y los efectos y daños posibles, p.e. de inundación, aludes, contaminación o salinización. Para cada ámbito y dentro del contexto del modelo de Nijkamp-Dourojeanni y del concepto de enfermedad ecosistémica, expresado a través de la vulnerabilidad, deben establecerse los efectos y daños de mayor magnitud.

La elección del estilo de agricultura considera además las características del ámbito donde se hace la agricultura y el grado inherente de vulnerabilidad del sistema. De este modo, pueden establecerse los riesgos potenciales de enfermedad ecosistémica (la vulnerabilidad) al aplicar una cierta acción antrópica y ocurrir un evento natural en función de la productividad, equidad y sustentabilidad de los distintos ámbitos.

Para enfrentar adecuadamente esta situación debiera extenderse el uso de los Sistemas de Información Geográfica; estos permiten delimitar áreas homogéneas de vulnerabilidad ecológica, en función de las clases y capacidad de uso y las metas de cada sociedad. Esto permitiría establecer los patrones tecnológicos e intensidades adecuados a la vulnerabilidad del sistema en las distintas ecorregiones (Gastó, Cosío y Panario, 1993).

Desde un punto de vista económico y tecnológico, es necesario aplicar esfuerzos adicionales a los «inputs» de producción del sistema, de manera de mantener un estado final inalterado. Los costos adicionales de conservación del estado del ecosistema se incrementan en la medida que se intensifica su artificialización. De aquí se desprende que, en general, el precio de la tierra (ámbito) es función de su productividad potencial y, además, de su vulnerabilidad.

Cuando se hace agricultura en un ámbito de alto potencial productivo y alta vulnerabilidad, el precio de la tierra refleja que es necesario pagar en acciones adicionales de conservación aquel margen tecnológico y económico que exceda los niveles sostenibles de productividad. Esta relación puede reflejarse en la ecuación siguiente:

**Precio de la tierra =  $f$  (productividad, vulnerabilidad).**

Lo anterior se refleja en las actividades de la sociedad a través de los contratos de seguros, por los cuales se establece una obligación de resarcir las pérdidas o daños derivados de acciones de riesgo. En el contrato de seguro se establece el compromiso de reparar los daños originados en un sistema por un fenómeno natural o por alguna acción que lo afecte, o bien al evitar que la acción se produzca, lo cual corresponde a su prevención. La magnitud del seguro debe ser equivalente a la vulnerabilidad del sistema y a la magnitud de la acción aplicada.

En términos menos formales, los riesgos pueden agruparse en tres grandes categorías: naturales, tecnológicos y políticos.

#### *Eventos naturales*

Algunos de los riesgos de eventos y efectos naturales más comunes que se presentan en las áreas naturales y en las artificializadas en las que se hace agricultura son los incendios; aludes; coladas de barro; inundaciones; variabilidad climática; expansión, licuación y deslizamientos de suelos; sismología y tectónica; erupciones volcánicas; y plagas y enfermedades entre otras (Lynch y Broome, 1973). A continuación se presenta una síntesis de aquellos que tienen especial relevancia para el propósito de este capítulo.

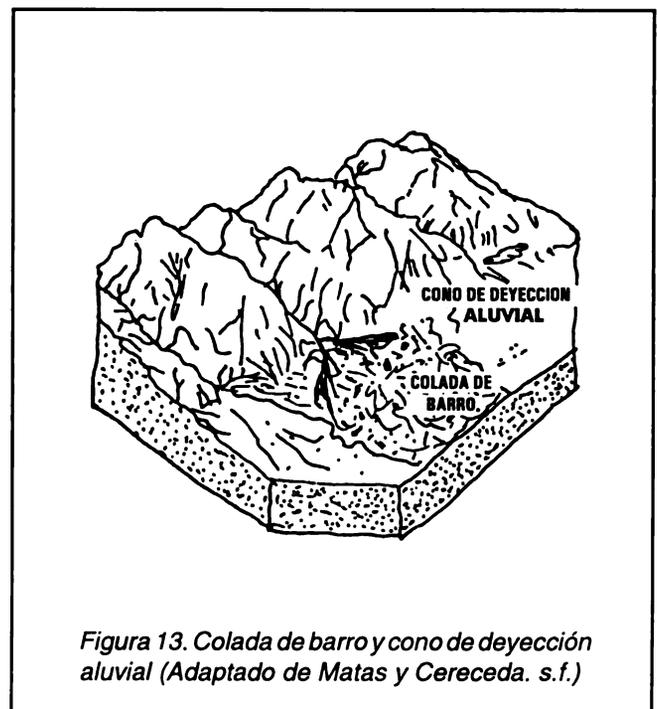
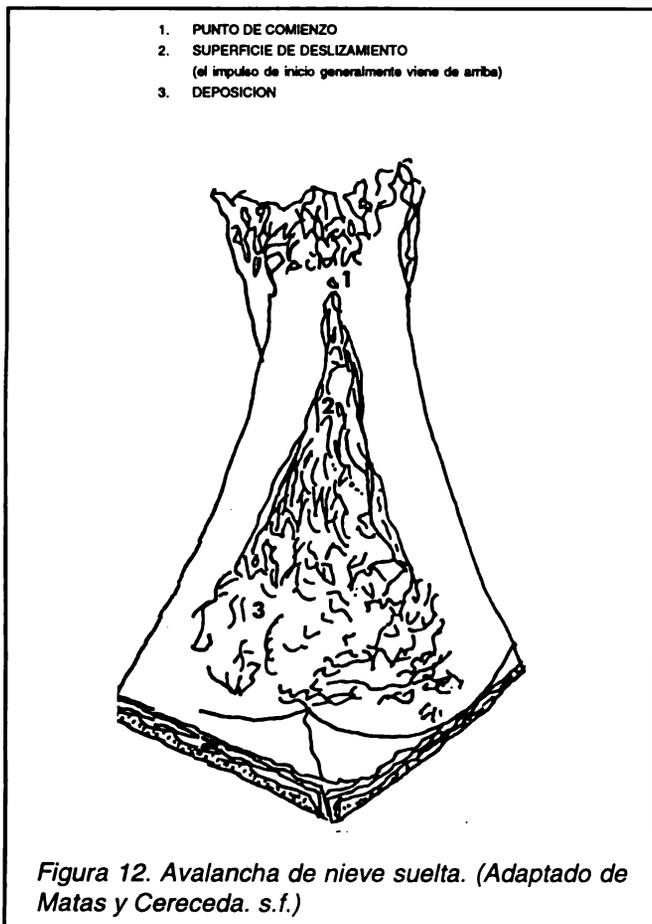
Uno de los propósitos de la planificación del uso de la tierra es identificar y clasificar las áreas de acuerdo a su vulnerabilidad relativa a los riesgos para la propiedad y para la vida humana, así como para la conservación de los propios componentes de la naturaleza.

**Incendios.** La susceptibilidad del ámbito al fuego natural o inducido está estrechamente relacionada con la topografía, cantidad de combustible, temperatura ambiental, velocidad del viento, sequedad de la vegetación y posición relativa en el relieve. Los pastizales y los bosques desarrollados en ecorregiones con una estación seca y calurosa son especialmente susceptibles al fuego.

**Aludes.** Ocurren en zonas montañosas donde se produce acumulación de nieve durante la temporada invernal. La liberación de la nieve desde un área de reposo requiere de un evento desencadenante, el cual puede ser la presencia de personas, lluvias

fuertes, la elevación repentina de la temperatura o la caída de rocas o árboles sobre la ladera superior. Los procesos de control de avalanchas son costosos en extremo y de éxito limitado. Entre las medidas preventivas es conveniente prohibir la construcción de edificios de producción o vivienda en lugares propensos a los aludes (Figura 12).

**Coladas de barro y aluviones.** En zonas de laderas y montañas pueden ocurrir coladas de barro y piedras que, eventualmente, pueden ser arrastradas hasta los valles. Son especialmente frecuentes en condiciones de altas precipitaciones, donde existe una cuenca de captación amplia en posición superior y se presentan cauces de escorrentía que arrastran masas de tierra no consolidadas que se interponen a su paso. El cono de deyección aluvial es el lugar donde frecuentemente se produce el daño mayor; allí emerge la colada y se deposita sobre el llano, arrollando a su paso las construcciones, cubierta vegetal y suelos (Figura 13).



Entre las medidas preventivas se tiene la mantención de una cubierta vegetal que esté en armonía con las características geomorfológicas del terreno y con las precipitaciones del lugar. Además, debe evitarse localizar las construcciones y planta-

ciones en los cauces probables de las coladas de barro.

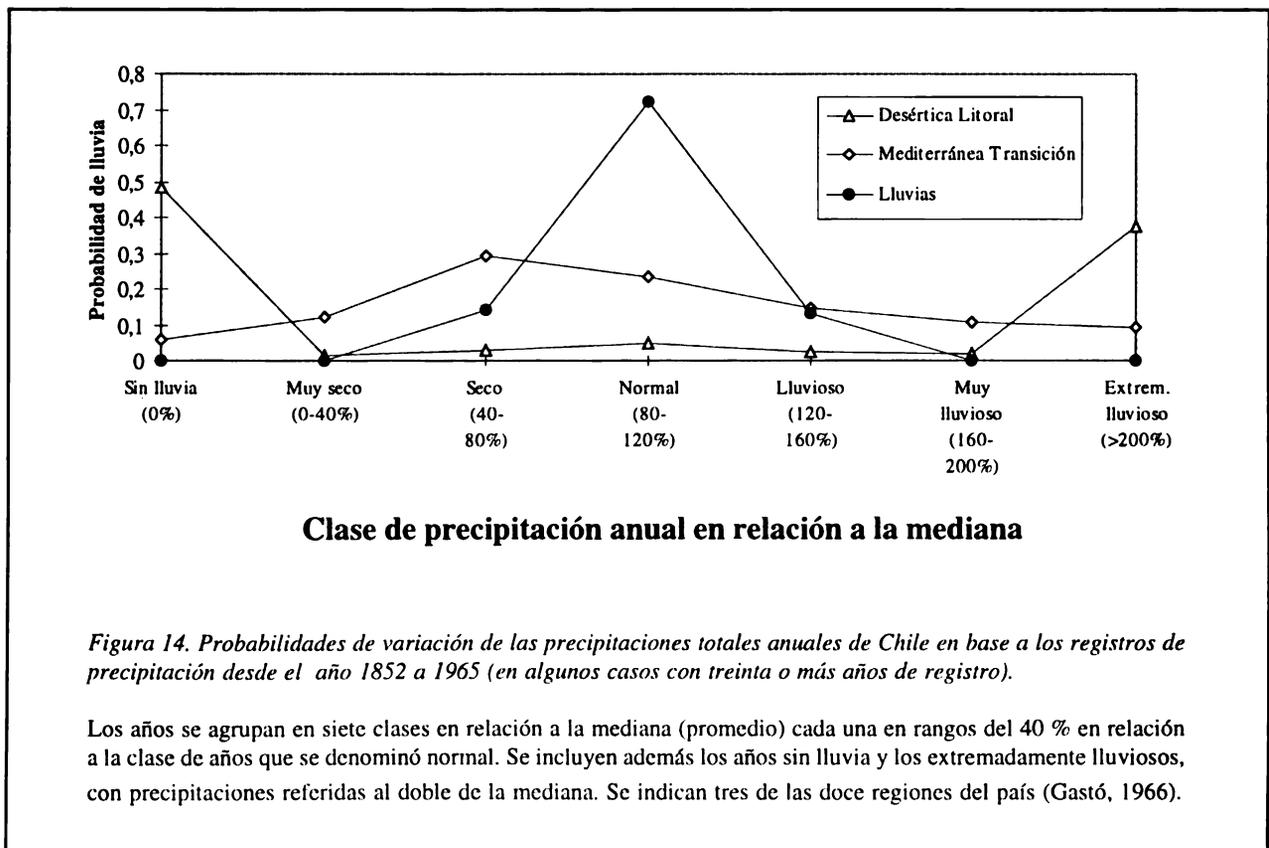
**Inundaciones.** Las inundaciones se producen frecuentemente en zonas ribereñas a los ríos y lagos; aunque también pueden producirse en otras zonas, relativamente alejadas de ellos. Las inundaciones pueden producirse en circunstancias en las que ocurren lluvias intensas y prolongadas durante alguna estación o período del año. También pueden producirse en áreas en las que luego de acumularse una capa de nieve de cierto espesor, se combinan lluvias intensas con temperaturas elevadas. Las probabilidades de inundación pueden calcularse en base a series históricas de registro.

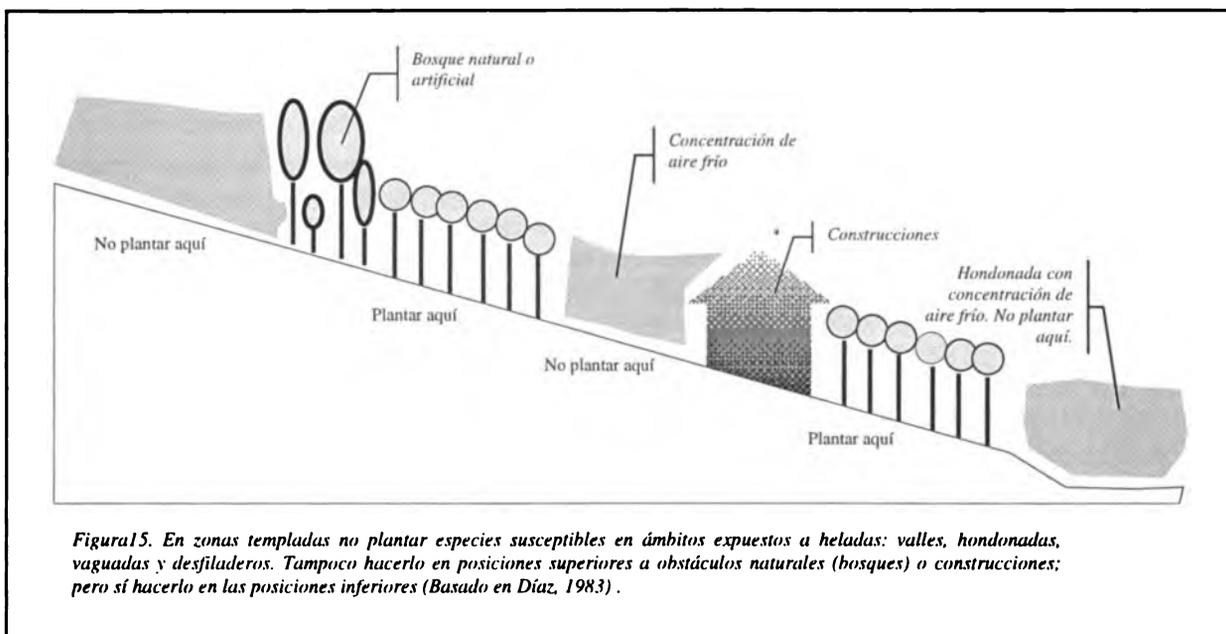
Algunas actividades son ideales para los ámbitos con cierto riesgo de inundación; entre éstas, pueden mencionarse bosques de protección, canchas de golf, parques, praderas y áreas de recreación. En algunos casos, la susceptibilidad a las inundaciones puede ser positiva: en la incorporación de légamos fértiles en tierras de labor, el lavado de sales del suelo y la recarga de los acuíferos.

**Variabilidad climática.** Almeyda, en el año 1934, luego de estudiar globalmente las variables climáticas y su variación a través de los años, concluyó que: «la irregularidad climática es una regularidad climática.» Gastó (1966) determinó la probabilidad de ocurrencia de la magnitud de las precipitaciones y clasificó a la república de Chile en zonas de variabilidad precipitacional constante, ajustada a una función de variabilidad. La ocurrencia de años secos o lluviosos es, por lo tanto, de un valor probable definido para cada ecorregión (Figura 14).

Santibañez (1992) propuso una función climática en la cual es posible calcular la probabilidad de heladas, viento y tormentas de viento de cada región agroclimática.

La forma de prevenir los riesgos ocasionados por la variabilidad climática es adecuar los estilos de agricultura o usos de la tierra a estas variaciones, incorporando los riesgos de sequía, precipitaciones excesivas, heladas (ver Figura 15) y tormentas en la toma de decisiones.





**Deslizamiento de tierra.** Consiste en el descenso de material suelto por una ladera. La pendiente y la estabilidad del material constitutivo son elementos fundamentales del ámbito, lo cual está estrechamente relacionado con su vulnerabilidad. La energía potencial del material que se encuentra en las posiciones elevadas, unido a las precipitaciones y sismos, remodela constantemente el paisaje agrícola, pudiendo ocasionar daños a las construcciones y personas que se ubiquen en sitios expuestos y afectar las actividades agrícolas. Algunas de las medidas de protección son establecer cubiertas vegetales de alta estabilidad y permanencia. Como medidas de prevención se debe evitar localizar las construcciones agrícolas y huertos bajo laderas de alto riesgo.

**Pestes y plagas.** Algunos organismos-plaga para la agricultura se localizan en cultivos donde se presentan condiciones de hábitat, nicho y territorio adecuados para ellos. En el desarrollo de las actividades agrícolas y de la vida rural en general, se trata de evitar estos ámbitos de manera de prevenir el daño que puede ocasionar la presencia o la irrupción de plagas.

*Acciones tecnológicas*

Los riesgos de naturaleza tecnológica se originan por la interacción entre la aplicación de tecnología y las características de un ámbito determinado. La

resultante de la aplicación de tecnología, ya sea aditiva (tal como un «input» cualquiera) o sustractiva (tal como un «output» del sistema) puede generar efectos ambientales positivos, negativos o neutros. Al ser valorados se transforman en impactos ambientales.

La vulnerabilidad del sistema en relación a la tecnología es amplia, dependiendo del tipo y magnitud del «input» o «output» y de las características específicas del ámbito donde se ejerce la acción. Por lo tanto, la vulnerabilidad no es neutra y general, sino específica y particular. Es por ello que primeramente deben identificarse y caracterizarse los ámbitos empleando un Sistema de Información Geográfica apropiado. Esto permite manejar bases de datos georreferenciadas y establecer una cartografía politemática de vulnerabilidad a cada estímulo, lo cual constituye la matriz ambiental.

El riesgo de contraer una determinada enfermedad ecosistémica está dado por:

$$\text{Riesgo} = f(\text{probabilidad de ocurrencia del evento natural, probabilidad de ocurrencia de la acción antrópica, probabilidad de generación de un efecto}).$$

La vulnerabilidad de un ámbito dado frente a una acción de artificialización ejercida como «input» o «output» debe referirse específicamente a un tipo de

problema dado, tal como la vulnerabilidad a la erosión del suelo.

El procedimiento general a seguirse en cada área que se estudie, considera las etapas siguientes:

1. Clasificación y delimitación de los diversos ámbitos que se presentan en el área, lo cual se representa en mapas de unidades, cada uno de los cuales corresponde a un ámbito dado.
2. Determinación de la relación entre las acciones antrópicas de «input» y «output» que supuestamente será aplicada al sistema y su riesgo de deterioro, lo cual, al multiplicarse por el daño que ocasiona, se expresa como vulnerabilidad a esa acción.
3. Elaboración de la carta politemática de vulnerabilidad a esa acción de artificialización específica de cada ámbito, de acuerdo a la meta de estado óptimo establecida por la sociedad.

#### *Actividades políticas*

Los riesgos políticos están relacionados con decisiones superiores tomadas por autoridades de distinto nivel en relación al deterioro, uso y manejo de los recursos naturales y agrícolas de algún área. Las autoridades políticas, sociales y empresariales pueden tomar decisiones de naturaleza nacional, regional, municipal o predial que autoricen, prohíban o estimulen la aplicación de acciones que deterioran ámbitos vulnerables, sin considerar los efectos negativos de la actividad, aunque desde una perspectiva económica y social de corto plazo puedan ser ampliamente ventajosas.

La importancia de las decisiones de las autoridades en relación a la vulnerabilidad del sistema, radica en la extensión y magnitud del deterioro que puede afectar a las áreas involucradas. Por lo tanto, antes de implementar cualquier acción de artificialización, es necesario estudiar la vulnerabilidad del sistema ante la actividad, de manera que las decisiones que se tomen tengan todo el rigor, información y valoración posible.

Los ejemplos sobre el deterioro de ecosistemas vulnerables como producto de decisiones superiores son numerosos. Entre estos pueden mencionarse:

- La apertura del monte chaqueño para el cultivo de soja, sin considerar la vulnerabilidad del sistema a la erosión y degradación de la estructura del suelo;
- el sobrepastoreo de la estepa patagónica que finalmente derivó en un deterioro generalizado de su condición y capacidad sustentadora;
- la introducción del castor y el deterioro del bosque austral;
- el poblamiento de los ríos australes con truchas y la reducción consecuente de la biodiversidad y productividad;
- la construcción de centrales termoeléctricas y refinerías de metales en la región de Valparaíso y Copiapó (Chile), usando tecnologías inadecuadas y en lugares inconvenientes, con el deterioro consecuente de la agricultura y los recursos naturales.

La lista de efectos producidos por actividades llevadas a cabo en ámbitos vulnerables es extensa; en este sentido, las decisiones de ocupación del territorio en zonas de alta probabilidad de riesgos naturales es también extensa. A modo de ejemplo puede mencionarse la agricultura y los asentamientos humanos en los lechos de los ríos; la trashumancia del ganado y sus pastores desde zonas de la cordillera hacia el valle que eventualmente pueden quedar atrapados por efecto de las nevadas otoñales. El efecto de las sequías, nevadas, granizadas y vendavales recurrentes suelen vulnerar territorios donde los bosques, cultivos y actividades pecuarias no están acondicionadas para afrontar estos riesgos.

Un tema medular en la planificación del uso del territorio es que la toma de decisiones sean informadas y que las actividades a realizar en distintos ámbitos respeten los umbrales de vulnerabilidad.

#### *Escala espacio-temporal*

En el contexto ambiental, espacio y tiempo juegan un papel importante en el análisis del problema, aún cuando no han sido formalmente considerados en los estudios relacionados con esta temática.

La problemática ambiental debe referirse al ambiente antrópico y ser representada en imágenes o modelos a escala que describan el ámbito y su entor-

no, los elementos y sus relaciones, en una escala espacio temporal apropiada.

La vida del hombre y sus actividades se perciben en espacios que varían en su tamaño, por lo cual se describen en escalas espaciales diferentes. La humanidad, constituida por la población humana que habita el planeta, se representa en escalas mundiales tal como 1:50.000.000. Algunos problemas deben referirse a escalas regionales intermedias; p.e. la desertificación del Sahel o la salinización de los suelos del Valle del Indo en Pakistán, la lluvia ácida en Europa, que abarca un área extensa en algunos continentes y que cubre a varios países, los cuales deben ser tratados en escalas continentales de aproximadamente 1:10.000.000 o mayores.

Los problemas ambientales nacionales, tales como la erosión en áreas agrícolas, la pérdida de diferentes tipos de recursos naturales, deben plantearse a escala de país. Mientras problemas tales como la contaminación urbana deben resolverse en escalas más detalladas de 1:250.000 o mayores. Los problemas locales muy específicos, tal como la contaminación en la desembocadura de un río o el estiércol del ganado en un predio deben plantearse en escalas de 1:10.000 o mayores.

A nivel personal o familiar el detalle requerido normalmente corresponde a la vivienda y se da en escalas de 1:100 ó 1:1.000. Numerosos problemas ambientales del hombre han sido resueltos en esta escala y de allí el gran desarrollo alcanzado por la arquitectura ambientalista. La escala representacional puede ser aún mayor, por ejemplo cuando se trata de espacios definidos de una vivienda o industria donde el problema de vulnerabilidad ambiental se resuelve por decoración interior y por acondicionamiento de la atmósfera.

No es válido referirse a un problema ambiental en una escala diferente que la dada por la naturaleza del problema. Cada problema ambiental se presenta en una escala espacial y la solución y magnitud deben corresponder a la de la escala. Al mismo tiempo, cuanto más definido es el problema, mayor importancia tiene el lugar que ocupa, por lo cual no puede ser referido a una posición espacial cualquiera.

El espacio se presenta en diversas escalas de acuerdo a su perspectiva, ya sea física (Saavedra, 1982), biológica (Gunther, 1982), histórica (Góngora,

1982), sociológica (Scherz, 1982) y geográfica (Riesco, 1982). La ecología, que necesariamente incluye todas estas perspectivas ambientales, debe condicionar la escala espacial al sistema de referencia y a la problemática del fenómeno que analice y describa.

La percepción y la concepción del tiempo tienen una larga historia y aparecen unidas a la imagen del espacio y el movimiento. La experiencia humana en todas sus formas ha marchado en relación con el tiempo. Su comprensión es esencial para la estimación e intangibilidad de la propia época, del entorno y de los caminos posibles que depara el porvenir y de la eficacia en los cambios fenomenológicos inducidos en un espacio definido del entorno (Gómez, 1982).

Los fenómenos ambientales normalmente se tratan ahistóricamente y se pretende resolver los problemas en forma instantánea, soslayando la dimensión evolutiva propia de la ecósfera y del desarrollo del hombre.

El tiempo al igual que el espacio, debe ser representado en el modelo en la escala que corresponda. La vida de las personas y los problemas ecológicos se representan en décadas, años, estaciones, meses, semanas, días y fracciones de días. Los procesos económicos y sociales ocurren diariamente, en escalas que no coinciden con las escalas ecológicas, lo cual desencadena el conflicto economía-ecología-sociología. Cada evento debe ser representado en modelos referidos a la escala temporal que corresponda. El efecto invernadero, por ejemplo, ocurre en escalas direccionales de décadas y siglos; en cambio, las variaciones climáticas de las precipitaciones ocurren anualmente y estacionalmente como procesos no direccionales. La comunidad, a través de los medios, percibe ambos fenómenos en la misma escala temporal, lo cual crea una confusión de deterioro ambiental que no corresponde con la realidad.

La conexión entre tiempo y espacio se manifiesta en los procesos ecológicos de modificación ambiental y su relación con el hombre que se presenta como actor y receptor del impacto. La actividad del hombre en la transformación de la naturaleza tiene un impacto directo en un período breve y en un espacio próximo, lo cual corresponde a la internalidad de la acción. El impacto, distante en el tiempo y el espacio, que a menudo no se percibe como efecto del fenómeno, corresponde a las externalidades. La suma acumulada de las externalidades relativas a las actividades

humanas expresadas en desechos de procesos y en la degradación de los recursos naturales durante un período prolongado, es lo que genera el fenómeno del deterioro ambiental.

## LA VULNERABILIDAD EN EL MODELO NIJKAMP-DOUROJEANNI

### *Espacio de solución*

Para evaluar un determinado proceso o actividad, tal como los estilos de agricultura y el uso múltiple en relación a la vulnerabilidad del sistema, es necesario establecer previamente las diferencias que existen entre un modelo construido de objetivos y la situación real que se pretende resolver. Esto significa que, primeramente, es necesario describir el patrón de referencia o escenario deseado, con el fin de establecer las diferencias con el escenario probable esperado que ocurriría con un determinado estilo de agricultura.

El marco teórico o modelo incluye tres objetivos principales que, según Nijkamp (1990), permiten un desarrollo completo: crecimiento económico, equidad social y sustentabilidad ambiental. Estos objetivos son complementarios y mutuamente excluyentes. El ámbito donde ocurren las acciones son los recursos naturales o el ambiente agrícola en general; puesto que el ámbito difiere de un lugar a otro, el espacio de solución generado por estas tres variables experimenta modificaciones. El cambio global, está dado por la integración de los productores y mercados de una región, país o del mundo (Figura. 16).

El modelo, sin embargo, se enfrenta a tres clases de obstáculos de naturaleza conceptual, teórica y práctica (Dourojeanni, 1991). Entre las restricciones conceptuales se tienen las diversas interpretaciones del significado del desarrollo, equidad y sustentabilidad. Este último tiene el significado de la renovación en el tiempo y de la capacidad de las futuras generaciones de reutilizar los recursos; pero es ambiguo, ya que se asocia a situaciones de satisfacción simultánea de las generaciones presentes y futuras.

Entre las restricciones teóricas, se tiene la falta de indicadores adecuados para medir la sustentabilidad del sistema. Hasta ahora ha sido difícil encontrar parámetros de compatibilidad que relacionen los objetivos económicos, ambientales y sociales. Lo ante-

rior significa que no es posible articular los objetivos en una sola dimensión y que los intercambios existen no sólo en un ámbito particular, sino también entre ámbitos (continentes, países o regiones dentro de un país). De esta forma se tiene que la expansión de un tipo de agricultura incluye el intercambio de tecnología por recursos naturales, tanto desde un punto de vista de los flujos internacionales como la transformación del paisaje y de los flujos entre ecosistemas de los diferentes sectores agrícolas, lo cual introduce factores de compensación relacionados con las deficiencias internas, lo que a su vez modifica los objetivos generales. Esto puede resumirse en la imposibilidad de medir los elementos sociales, ambientales y económicos dentro de un sistema de valores de intercambio; estos valores difieren de acuerdo a los múltiples factores involucrados (Nijkamp, 1990).

Finalmente, entre las constricciones prácticas para el desarrollo de un modelo que permita evaluar los diversos estilos de agricultura, se tiene que éste, además de satisfacer los tres objetivos a través de la transformación productiva, generación de servicios sociales y conservación de los recursos naturales, también deberá sobreponerse al conflicto de intereses así como los cambios mutuos que ocurren especialmente en el corto plazo. Esto significa que el logro del óptimo global considera el sacrificio del óptimo parcial de cada uno.

Por lo tanto, el espacio de solución es función de las transacciones entre las diferentes actividades; este acuerdo cambia constantemente en relación a la oferta tecnológica, oferta ambiental y las necesidades y aspiraciones de los diferentes actores (Nijkamp, 1990).

El triángulo de Möbius utilizado por Nijkamp y Dourojeanni señala los principales conflictos que deben resolverse para establecer un marco de referencia para el desarrollo de modelos de estilos de agricultura y de uso múltiple, representados en condiciones abstractas y en relación a la vulnerabilidad del sistema. Aunque este modelo difícilmente identifica los elementos completos para evaluar y contrastar las actividades de los diversos estilos de agricultura, permite determinar la vulnerabilidad del ámbito, sus impactos y posibilidades, cuando se analiza un estilo desde las distintas perspectivas posibles (Figura 17).

El espacio de solución permite armonizar productividad con equidad y sustentabilidad en un ámbito

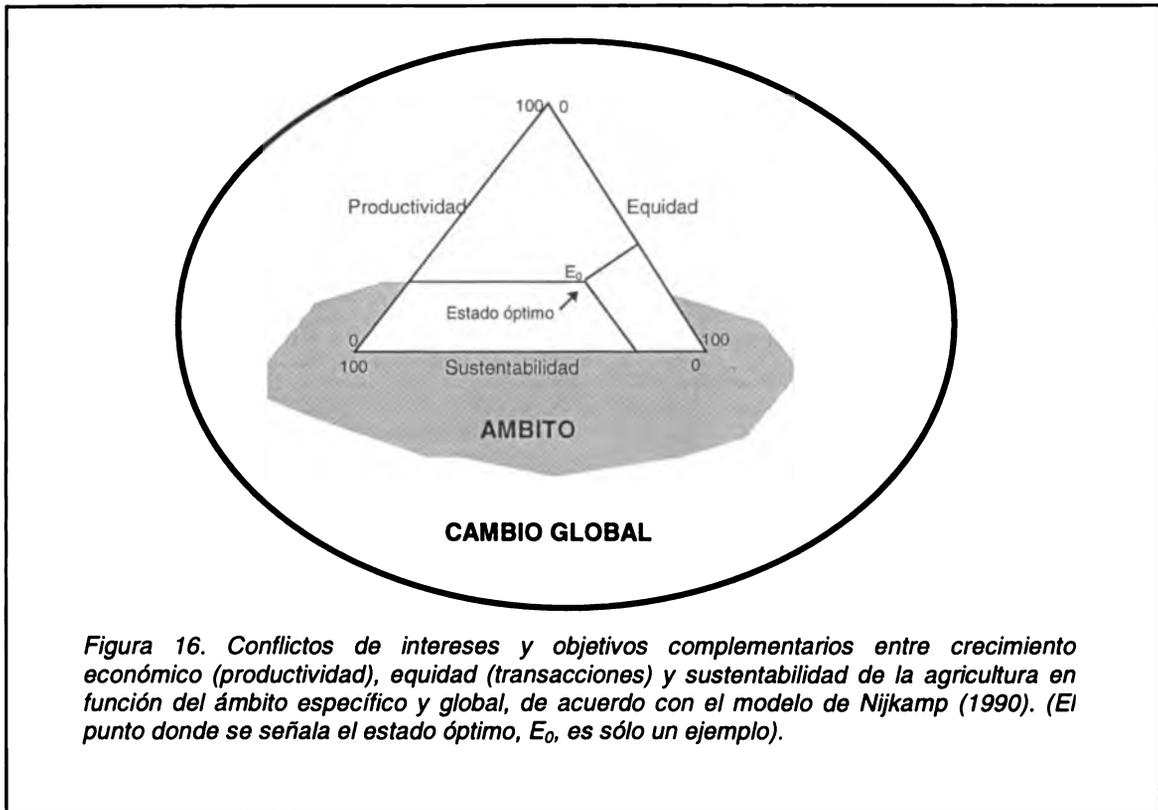


Figura 16. Conflictos de intereses y objetivos complementarios entre crecimiento económico (productividad), equidad (transacciones) y sustentabilidad de la agricultura en función del ámbito específico y global, de acuerdo con el modelo de Nijkamp (1990). (El punto donde se señala el estado óptimo, E<sub>0</sub>, es sólo un ejemplo).

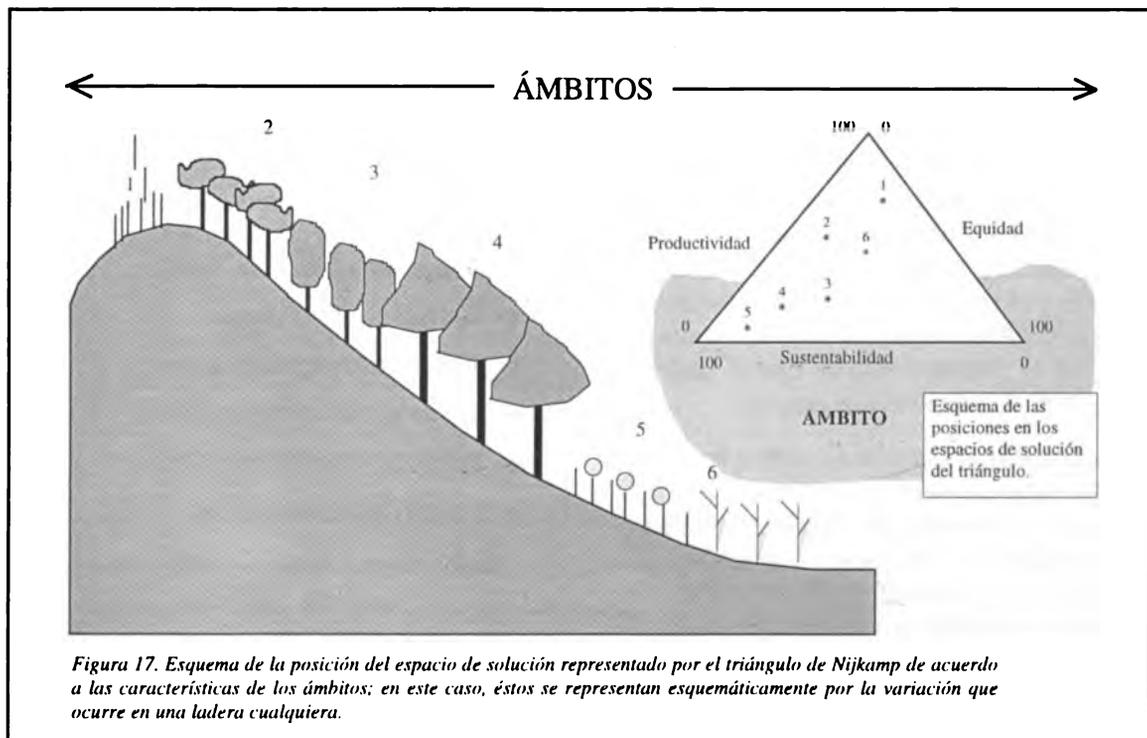


Figura 17. Esquema de la posición del espacio de solución representado por el triángulo de Nijkamp de acuerdo a las características de los ámbitos; en este caso, éstos se representan esquemáticamente por la variación que ocurre en una ladera cualquiera.

dado, tanto en forma específica como global. En la práctica agrícola no siempre es posible hacer coincidir la solución teórica con la práctica. La diferencia entre ellos son las enfermedades ecosistémicas o impactos ambientales negativos. La variación en el tipo e intensidad de la acción sobre el sistema traslada la solución a una posición diferente y, en esta forma, puede generar una nueva enfermedad ecosistémica. La probabilidad de que ello ocurra es la vulnerabilidad del sistema (Figura 18). Los eventos naturales y las acciones antrópicas ejercidas sobre el sistema en un ámbito dado pueden generar un efecto positivo; esto ocurre cuando el estado del fenómeno, luego de la intervención, se aproxima al espacio ideal de solución en lugar de alejarse.

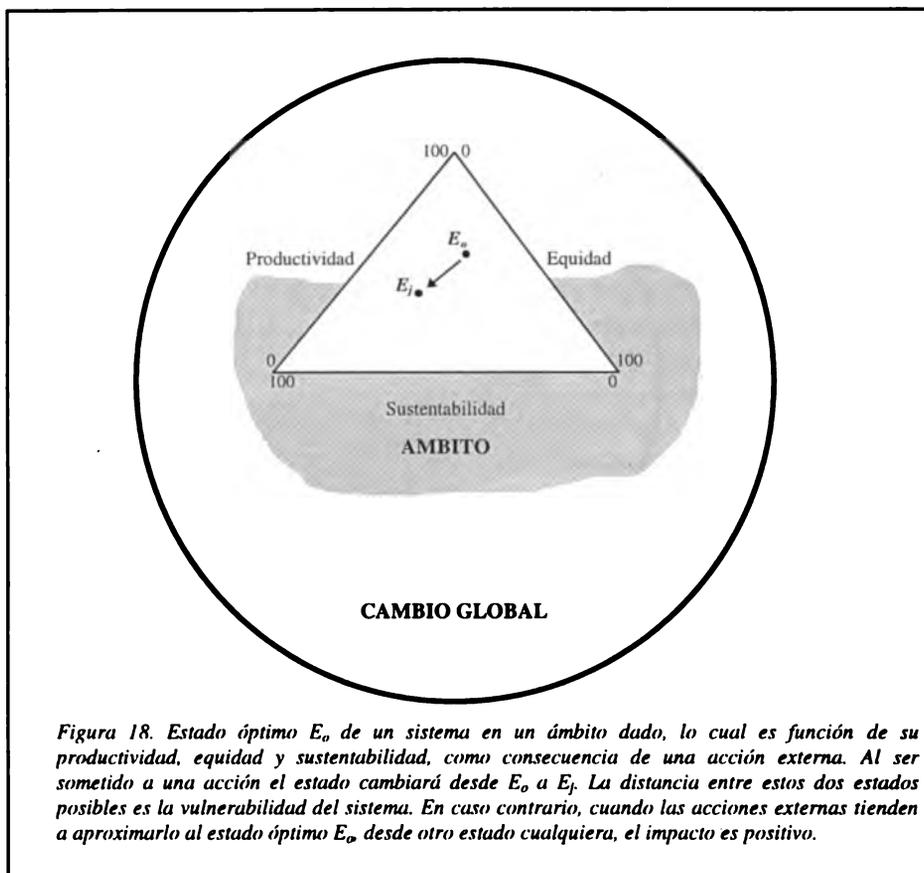


Figura 18. Estado óptimo  $E_o$  de un sistema en un ámbito dado, lo cual es función de su productividad, equidad y sustentabilidad, como consecuencia de una acción externa. Al ser sometido a una acción el estado cambiará desde  $E_o$  a  $E_j$ . La distancia entre estos dos estados posibles es la vulnerabilidad del sistema. En caso contrario, cuando las acciones externas tienden a aproximarlo al estado óptimo  $E_o$  desde otro estado cualquiera, el impacto es positivo.

### Sustentabilidad

La acción perturbadora desarrollada al artificializar un ecosistema agrícola, que inicialmente se encuentra en un estado  $E_r$ , debe analizarse en el contexto de su degradación real o potencial (enfermedad ecosistémica o efecto ambiental negativo). Este cambio de estado del sistema en un ámbito dado (artificialización) afecta a la cosecha sostenida del sistema (productividad), a la equidad y a la sustentabilidad. La distancia que existe entre el estado óptimo  $E_o$  y el estado final  $E_j$  es la enfermedad ecosistémica, o impacto negativo. Por otra parte, la vulnerabilidad es la probabilidad de que el sistema pase desde  $E_o$  a  $E_j$  al aplicar cierta acción.

La sustentabilidad del sistema se refiere tanto a la mantención del balance positivo de flujo, como a la capacidad de generar rangos medios o ingresos basados en la reproducción, evolución y conservación del capital ecosistémico (Gastó y González, 1992). En el caso de sistemas artificializados se introduce masa, energía e información como «input-output», en tanto que los parámetros de volumen, tasa de crecimiento y tasa de circulación deben mantenerse en estado de equilibrio. La estabilidad económica debe poder man-

tener los atributos de armonía y periodicidad del sistema, de acuerdo con el estilo de transformación. La sustentabilidad tiene un costo adicional en relación a la productividad del sistema, por lo cual requiere ser agregado a los costos de productividad.

Para determinar el grado de sustentabilidad para el desarrollo se deben considerar cinco factores (Gligo, 1987; Mansvelt y Moulder, 1993):

- Coherencia ecológica.
- Estabilidad socioestructural.
- Complejidad infraestructural.
- Estabilidad económico-financiera.
- Riesgo e incertidumbre.

La coherencia ecológica está relacionada con el uso de los recursos naturales según su aptitud y función en la naturaleza. Desde un punto de vista económico existe una acción socioestructural sobre la biogeoestructura, tecnoestructura, entorno y sistemas externos incidentes. Tal acción puede generar

ecosistemas estabilizados bajo condiciones de alto «input», «output» y cosecha, aún cuando el grado de artificialización sea mayor que el óptimo. El «input» desde el exterior de grandes cantidades de masa, energía o información (tecnología) puede producir rendimientos elevados; pero, al mismo tiempo, puede provocar una degradación de la arquitectura del ámbito, no permitiendo una cosecha sostenida (Nava, Armijo y Gastó, 1979).

El uso racional de los recursos requiere de la articulación de las políticas económicas y ambientales. En este sentido, las causas económicas de mayor incidencia en la sustentabilidad ambiental son el deterioro del precio de los productos y el incremento del precio de los insumos. Cualquier transformación que se haga involucra un riesgo. En la actualidad estos riesgos generalmente se relacionan más con la complejidad de las grandes tecnoestructuras globalizadas, que con la vulnerabilidad del ámbito específico donde se hace agricultura.

**Receptividad tecnológica**

A partir de lo precedente puede postularse que la receptividad tecnológica en un ámbito dado deriva de la relación entre beneficios y costos adicionales por

un lado, y el tipo y grado de artificialización aplicado por el otro. Utilizando conceptos desarrollados previamente, también puede decirse que ésta depende de la amplitud entre los umbrales de sustentabilidad-equidad y productividad (Figura 3 pág. 79).

De este modo, la receptividad tecnológica puede definirse como el gradiente de artificialización que puede aplicarse en un ámbito dado, tal que la diferencia entre beneficios y costos adicionales sea cero o positiva. A partir de la relación entre beneficios y costos adicionales es posible diferenciar tres grandes tipos de ecosistemas: de alta, media y baja vulnerabilidad. En los gráficos adjuntos (Figura 19/21) se representan las variaciones en los costos adicionales y en los beneficios obtenidos, al variar el grado de artificialización de un ecosistema dado. El costo adicional al que se hace referencia, se define como el esfuerzo adicional necesario para mantener al sistema por debajo del umbral de sustentabilidad-equidad.

La Figura 19 corresponde a un ecosistema de alta vulnerabilidad; en éste, los costos adicionales de sustentabilidad siempre exceden los beneficios de la artificialización. En otros términos, la amplitud entre los umbrales de sustentabilidad-equidad y productividad es cero.

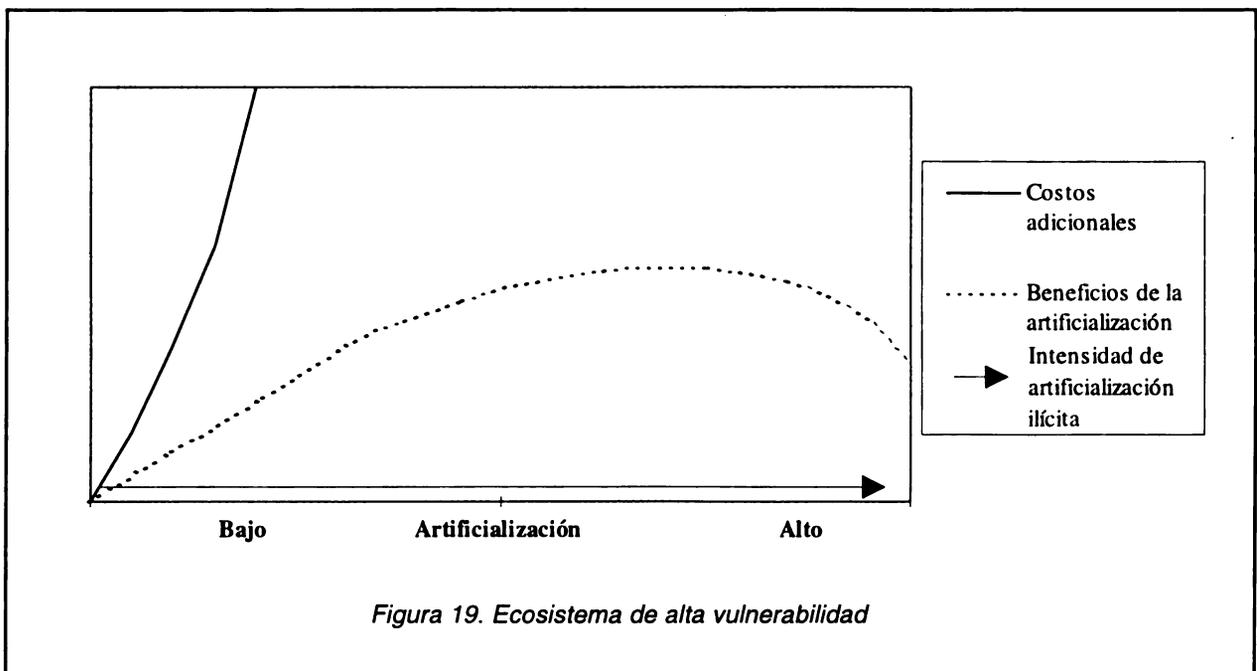


Figura 19. Ecosistema de alta vulnerabilidad

La Figura 20 describe la relación entre beneficios y costos adicionales en un ecosistema de vulnerabilidad media. Los beneficios de la artificialización exceden los costos adicionales del sistema hasta un nivel de artificialización dado. Por encima de éste, la vulnerabilidad del sistema crece significativamente y toma ilícito un incremento adicional.

un grado de artificialización elevado, con beneficios siempre superiores a los costos adicionales.

La Figura 21 corresponde a un ecosistema de baja vulnerabilidad. En éste, la amplitud entre los umbrales de sustentabilidad-equidad y productividad permite

En el contexto del uso múltiple, la artificialización de un ecosistema dado tiene como meta alcanzar algunos o la totalidad de los determinantes de la calidad de vida; éstos pueden sintetizarse en tres grandes factores: salud, información<sup>2</sup> e ingresos. La viabilidad de estas metas, depende de la relación entre los beneficios derivados de la artificialización del ecosistema y los costos adicionales<sup>3</sup> producidos.

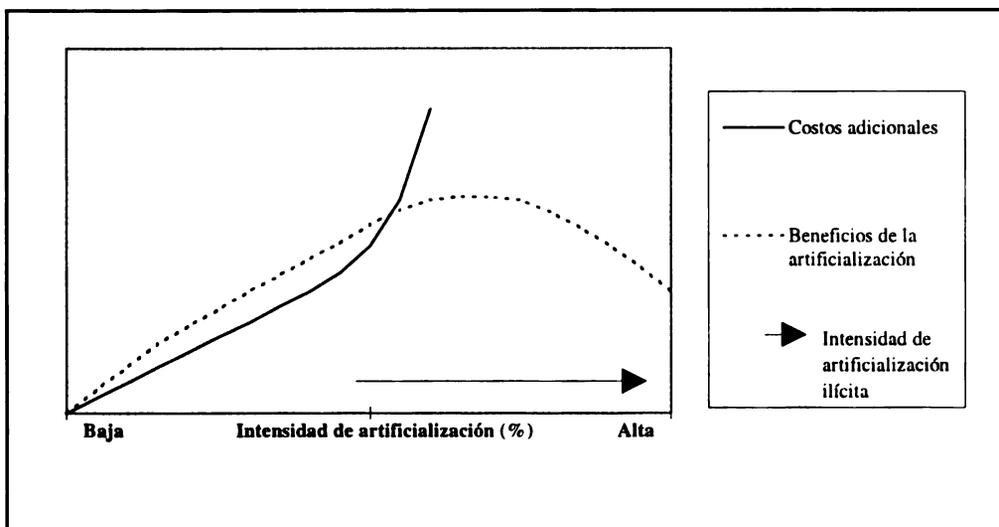


Figura 20. Ecosistema de vulnerabilidad media.

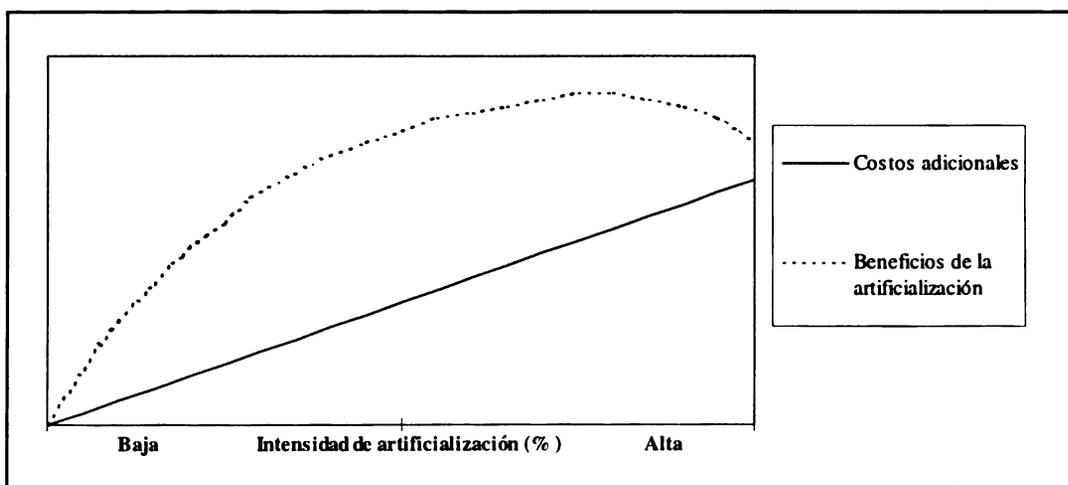


Figura 21. Ecosistema de baja vulnerabilidad.

<sup>2</sup> En un ámbito determinado, por tal se entiende la diversidad de la biocenosis y la tecnología incorporada por el hombre.

<sup>3</sup> Es aquél que debe adicionarse al costo propio de la artificialización para mantener la sanidad del ecosistema en cuestión.

De un modo más formal, lo precedente puede expresarse como:

$$\text{Beneficios} = f(\text{artificialización})$$

$$B_e = \Sigma(\text{salud, información, ingresos})$$

$$\text{Costo adicional} = f(\text{artificialización})$$

$$C_a = \Sigma(\text{salud, información, ingresos})$$

En las curvas siguientes se representan los beneficios y costos adicionales ocurridos con diferentes intensidades de artificialización en ecosistemas con distinta probabilidades de vulnerabilidad crítica.

Para una misma intensidad de artificialización se considera que tanto los beneficios como los costos pueden discriminarse de acuerdo a la meta o metas perseguidas. En los casos hipotéticos presentados se supone que la meta primaria es salud; a partir de ella se incorporan los costos y beneficios adicionales de salud + información y salud + información + ingresos. Para un nivel de artificialización dado, los costos y beneficios corresponden al máximo posible para cada meta (s).

Al considerar la relación entre los factores que hacen a la calidad de vida y la artificialización, aquí se postula lo siguiente:

- i. Las formas de las curvas variarán de acuerdo a la meta o metas fijadas (salud; salud + información; salud + información + ingresos).
- ii. Las formas de las curvas variarán de acuerdo al tipo de ecosistema considerado (alta, media y baja vulnerabilidad).
- iii. Para una misma intensidad de artificialización, los beneficios generados y los costos producidos dependerán de la meta o metas perseguidas.
- iv. El tipo e intensidad de artificialización lícitamente aplicables en un ecosistema determinado, dependerá de la meta o metas fijadas. Por artificialización lícita, se entiende aquella que no transgrede el umbral de vulnerabilidad crítica del ecosistema. Este se define como el nivel de

artificialización por encima del cual los costos adicionales superan a los beneficios o, en otros términos, aquél que excede la capacidad de resiliencia del sistema.

En las Figura 22/24 se considera que la meta primaria es salud; a los costos y beneficios derivados de ésta para un cierto nivel de artificialización, se agregan los de salud + información y salud + información + ingresos; tal como se observa en las Figura 25/26 la resultante será diferente si la meta primaria es ingresos.

Cuando la meta es sólo salud, la artificialización puede incluir la eliminación o atenuamiento de fuentes de contaminación importantes, la construcción de vías de acceso a lugares placenteros, etc.. Cuando a esta meta se agrega información, puede incorporarse tecnología de comunicaciones, elementos de confort, desarrollo de corredores forestales en distintos espacios prediales, etc.. Al agregar una meta de ingresos, se incorporarán especies animales y/o vegetales para producción, tecnoestructura adecuada al turismo, etc..

En las distintas curvas de beneficios se observa una primera etapa de incremento hasta alcanzar cierto nivel de artificialización; más allá de éste ocurre una declinación progresiva. Esto se vincula a la pérdida de capital natural que aquí se considera complementario del capital de origen humano (Costanza, 1991).

La Figura 22 muestra la relación entre beneficios y costos adicionales para diferentes metas antrópicas, cuando la meta primaria es salud. Tal como se observa, es posible obtener beneficios netos en salud y en salud + información con niveles de artificialización

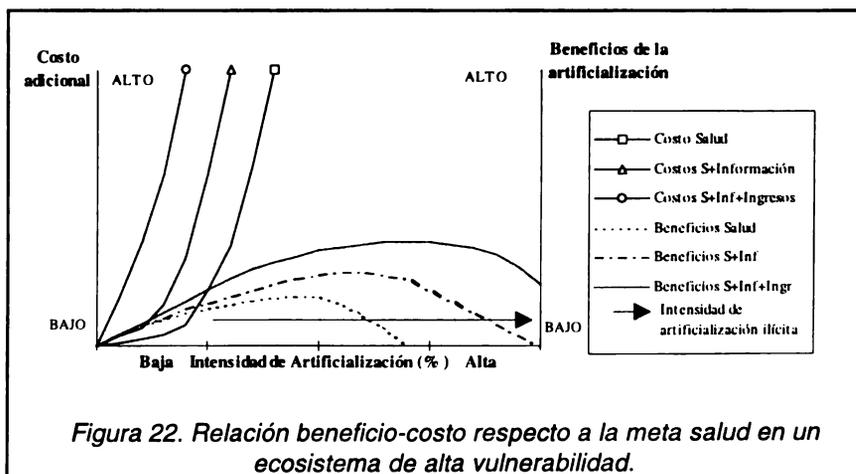


Figura 22. Relación beneficio-costado respecto a la meta salud en un ecosistema de alta vulnerabilidad.

bajos. La incorporación de una meta de ingresos excede el umbral de vulnerabilidad con cualquier nivel de artificialización. En ámbitos extremadamente rigurosos, es factible que no se obtengan beneficios netos para ninguna de las metas.

La Figura 23 describe las mismas relaciones de la figura precedente, pero en un ecosistema de vulnerabilidad baja. En este caso se obtienen beneficios netos para todas las metas a partir de una intensidad de artificialización mínima; más allá de cierta intensidad de artificialización éstos declinan. El beneficio neto máximo se obtiene para la meta que combina salud + información + ingresos.

La Figura 24 describe las mismas relaciones precedentes para un ecosistema de vulnerabilidad media. Aquí se producen beneficios netos para las tres metas hasta un nivel de artificialización medio; más allá de éste, los costos exceden los beneficios en todos los casos. La meta que genera beneficios netos mayores variará con el ámbito.

La Figura 25 describe las mismas relaciones de las figuras precedentes para un ecosistema de vulnerabilidad alta, cuando la meta primaria es ingresos.

A diferencia de lo que ocurre cuando la meta primaria es salud, en este caso no se producen beneficios netos con ningún nivel de artificialización;

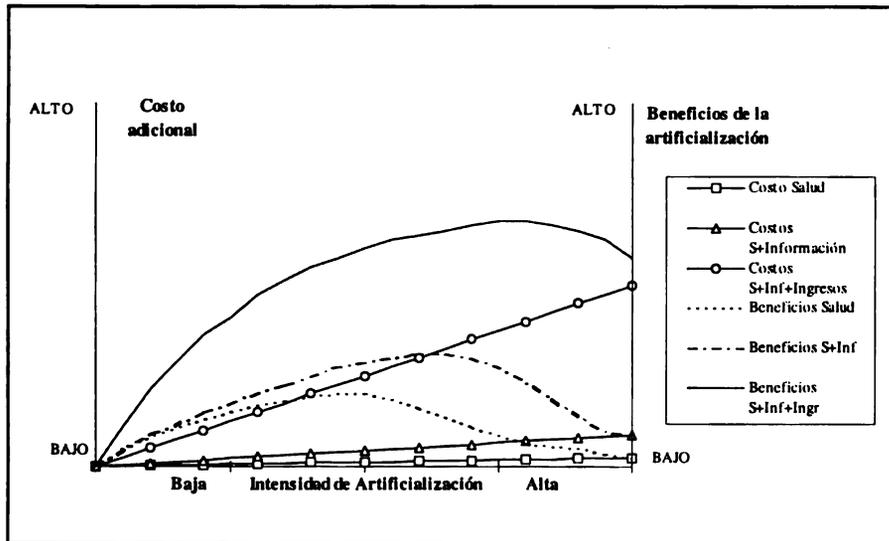


Figura 23. Relación costo-beneficio respecto a la meta salud en un ecosistema de baja vulnerabilidad.

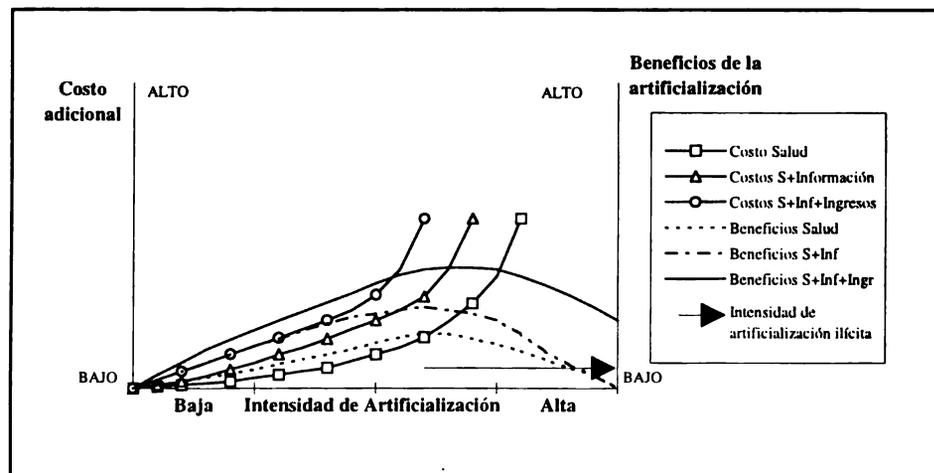


Figura 24. Relación costo-beneficio respecto a la meta salud en un ecosistema de vulnerabilidad media.

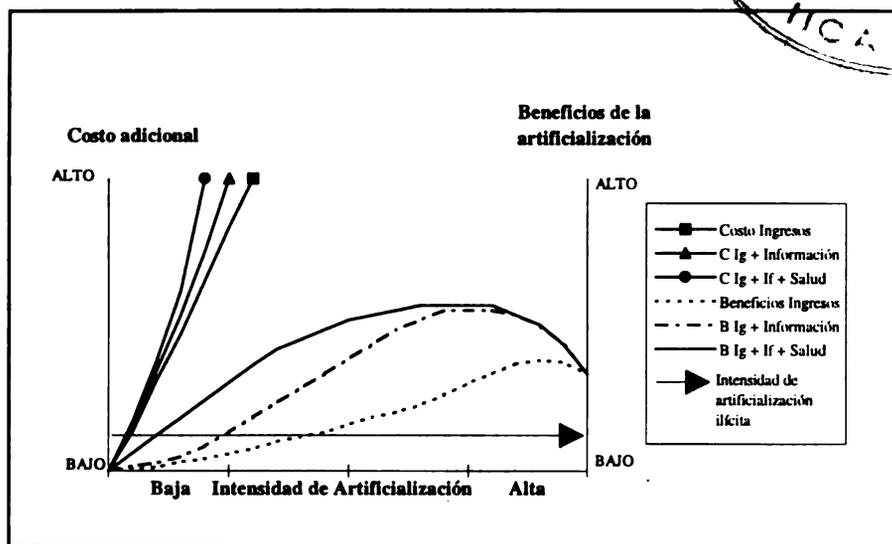


Figura 25. Relación beneficio-costado respecto a la meta ingresos en un ecosistema alta vulnerabilidad.

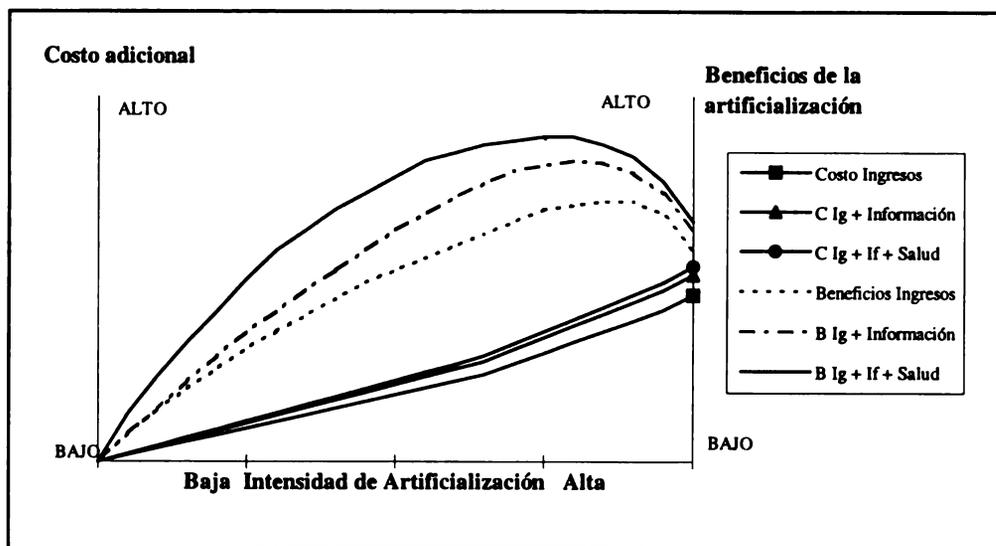


Figura 26. Relación beneficio-costado respecto a la meta ingresos en un ecosistema de baja vulnerabilidad.

esto ocurre porque el elevado costo adicional de la meta primaria (ingresos) excluye la posibilidad de beneficios netos para las demás metas, aún cuando el costo de éstas es relativamente bajo.

La Figura 26 describe las relaciones entre costos y beneficios adicionales para un ecosistema de vulnerabilidad baja, cuando la meta primaria es ingresos. Tal como ocurre cuando la meta primaria es salud, aquí también se producen beneficios netos con cualquier nivel de artificialización. En este caso hipotético, existe una cierta ventaja a favor del uso combinado; en efecto las curvas combinadas de

ingresos+salud+información generan beneficios netos mayores que aquellas que sólo consideran ingresos; al mismo tiempo, la intensidad de artificialización en la que ocurre el máximo beneficio neto combinado es menor que la correspondiente a los beneficios netos por ingresos.

**Clases y capacidad de uso para el uso múltiple de acuerdo con Canada Land Inventory.**

La naturaleza en su estado natural no presenta ningún uso definido en relación a la sociedad humana. En la expansión de la frontera horizontal, la sociedad

va incrementando su área de acción, apropiándose constantemente de nuevos territorios.

La expansión de la frontera no es uniforme en el espacio, sino que ocurre a través de la ocupación sucesiva de diversos ámbitos. Dado que el espacio es heterogéneo, el hombre comienza seleccionando los ámbitos de mayor valor y de más fácil acceso. La apropiación de un ámbito determinado está necesariamente relacionada con la valoración que éste hace para darle un uso determinado. Por lo tanto, las clases de uso de los diversos ámbitos que se presentan en un territorio dado, es una medida de dos componentes fundamentales:

- La capacidad receptiva del sistema, dada por sus limitantes y potencialidades.
- La valoración que la sociedad le asigna a cada porción de su territorio para satisfacer sus necesidades, de manera de lograr el uso o combinación de usos de mayor interés.

Por lo tanto, las clases de uso tienen dos connotaciones: una sociocultural y la otra ecológica. La primera corresponde a cada grupo humano en particular, de acuerdo a sus tradiciones, valores, anhelos e ingresos. Luego varía de un grupo a otro. La segunda se refiere a las posibilidades del ámbito de satisfacer a la población.

Una forma de clasificar las clases de uso del territorio son las Clases de Capacidad de Uso establecidas por el Canadá Land Inventory (Cuadro 5). Esta clasificación presenta una amplia gama de usos posibles, que deben considerarse al describir y planificar el territorio. De acuerdo a las circunstancias, cada clase puede subdividirse en subclases.

Una primera dimensión de la vulnerabilidad de la agricultura se da cuando la clase de uso asignada al territorio no corresponde a las necesidades de la población. Así se tiene, por ejemplo, que un sector lacustre que debería destinarse a santuario de la naturaleza se destine a recibir los efluentes de una industria de celulosa. De esta forma y siguiendo el modelo de Nijkamp-Dourojeanni, se estaría vulnerando al sistema, pues se establece una distancia entre el estado óptimo y el asignado.

Por otra parte, la capacidad de uso es una medida de la intervención en el sistema, en relación a las

clases de uso asignadas. La capacidad de uso de la tierra del USDA - SCS es una medida del grado de artificialización que puede soportar un terreno destinado a cultivos. El Canada Land Inventory ha establecido siete clases de capacidad de uso (Cuadro 6) que van desde muy alta a muy baja.

Una segunda dimensión de la vulnerabilidad del sistema es aplicar un grado de intervención mayor que el de la capacidad receptiva del sistema, lo cual reduce su sustentabilidad y localiza su estado a cierta distancia del estado óptimo planteado en el modelo propuesto.

### ***Enfermedades ecosistémicas***

La enfermedad ecosistémica es un estado diferente del óptimo dado por el espacio de solución establecido por la combinación ideal de productividad, equidad y sustentabilidad de un ámbito y de las condiciones dadas por el cambio global. Es un efecto negativo provocado por acciones antrópicas, actividades o por fenómenos naturales que localiza al estado alejado de su espacio de solución.

A continuación, se indican algunas de las enfermedades ecosistémicas provocadas por la mala aplicación de operadores de artificialización:

#### ***Biogeoestructura***

***Erosión.*** Enfermedad que afecta al suelo destruyendo su estructura y horizontes, como consecuencia, el suelo deja de funcionar y sus atributos productivos se deterioran. El mecanismo desencadenador puede centrarse en la sobreutilización del recurso, originada en el exceso de demanda y presión desde la socioestructura. En el Cuadro 7 se observa un ejemplo de los cambios ocurridos en el componente edáfico del ecosistema natural como consecuencia de la transformación en terrenos de cultivos.

***Desertificación.*** El empobrecimiento de los ecosistemas de regiones áridas, semiáridas y subhúmedas por efecto combinado del impacto de las actividades del hombre sobre la biogeoestructura y de la sequía. El mecanismo que desencadena el proceso es la devastación de la biocenosis y del edafotopo, generado en la demanda y cosecha excesiva por

**Cuadro 5.** Clases de uso de acuerdo al Canada Land Inventory

<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
A	Terrenos que proporcionan acceso al agua para pasear o miradores de pescadores deportivos.
B	Playa susceptible de sustentar actividades playeras familiares; en las unidades de clases altas puede incluir baños familiares; en las clases 4 y 5 puede incluir usos de secano, debido a temperaturas muy frías del agua.
C	Terrenos que enfrentan y proporcionan acceso a cauces de agua con capacidad significativa para canoas.
D	Riberas con aguas contiguas profundas, adecuadas para nadar y atracar botes.
E	Terrenos cubiertos de vegetación con valor recreativo.
F	Cascadas y rápidos.
G	Mirador de glaciares o actividades en ellos.
H	Lugar histórico o prehistórico.
I	Terrenos que ofrecen oportunidades de recolección de objetos de interés popular.
J	Riberas o terrazas adecuadas para acampadas organizadas.
K	Geoformas de interés, exceptuando formaciones rocosas.
L	Cuerpos de agua pequeños y frecuentes o arroyos continuos en tierras altas.
M	Terrenos usualmente ribereños, adecuados para cabañas.
N	Terrenos adecuados para la observación de fauna silvestre de tierras altas.
O	Terrenos que exhiben patrones de paisaje de interés agrícola, industrial o social.
P	Terrenos que presentan una variedad de geoformas o de relaciones tierra y agua, que permitan o mejoren las oportunidades para la recreación al aire libre y la apreciación estética.
Q	Formaciones rocosas de interés.
R	Combinación de pendientes, condiciones nivales y clima, que proporcionen oportunidades para el esquí de deslizamiento.
S	Vertiente termales.
T	Ribera de aguas adecuadas para yates y botes de agua profundas.
U	Mirador que ofrece una gran vista.
V	Terrenos para la observación de aves de humedales y acuáticas.
W	Características misceláneas con capacidad recreativa.
X	Riberas que permiten el acceso a aguas adecuadas para el boteo familiar.
Y	Terrenos que permitan estructuras mayores construidas, no urbanas y permanentes, de interés recreacional.

**Cuadro 6** Capacidades de uso según el Canada Land Inventory

Número	Denominación	Descripción
1	CAPACIDAD MUY ALTA	Capacidad natural de engendrar un alto uso total anual de una o más actividades intensivas. Deben ser capaces de generar y sustentar un uso equivalente al que ocurre en una playa de baño sobresaliente o una pista de esquí de nivel nacional.
2	CAPACIDAD ALTA	Tienen una capacidad natural de engendrar y sustentar un alto uso total anual, basado en una o más actividades intensivas.
3	CAPACIDAD MODERADAMENTE ALTA	Tienen capacidad natural de engendrar y sustentar un uso total anual moderadamente alto, basado en actividades moderadamente intensivas.
4	CAPACIDAD MODERADA	Tienen capacidad moderada para engendrar y sustentar un uso total anual basado en actividades dispersas.
5	CAPACIDAD MODERADAMENTE BAJA	Tienen capacidad natural de engendrar y sustentar un uso anual moderadamente bajo, basado en actividades dispersas.
6	CAPACIDAD BAJA	Tienen carencia de calidad natural y de características significativas para ser calificada más alta, pero tiene la capacidad natural de engendrar y sustentar un uso anual total bajo, basado en actividades dispersas.
7	CAPACIDAD MUY BAJA	Prácticamente no tienen capacidad para ningún tipo de actividad popular o recreación, pero puede haber alguna oportunidad de actividades muy especializadas con agentes recreativos, o pueden simplemente proporcionar espacios abiertos.

**Cuadro 7.** Cambios producidos en el componente edáfico del ecosistema natural, como consecuencia de la transformación del monte natural en terrenos de cultivo, en el Chaco, Argentina (Zuccardi *et al* 1986).

Atributo	Variable	Suelo virgen	Cinco años de cultivo	Veinticinco años de cultivo
Comportamiento	Conductividad hidráulica K (cmh <sup>-1</sup> )	3,05	1,33	0,34
	Infiltración (cmh <sup>-1</sup> )	35,00	1,00	0,20
Degradación morfológica	Densidad aparente (gcm <sup>-3</sup> )	0,83	1,05	1,22
	Estabilidad estructural (núm. gotas)	36,00	---	9,00
Reservas energéticas	Carbono orgánico (%)	1,63	1,42	1,25
	Materia orgánica (%)	2,81	2,45	2,15
Agotamiento químico	Fósforo total, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0,034	0,030	0,026
	Fósforo asimilable P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	35,0	2,8	1,4
Mecanismo regulador	Reacción (pH)	6,08	6,53	6,37

parte de la socioestructura. La etapa final del proceso, en su grado más avanzado, corresponde a un desierto generado por la acción del hombre o *Agri deserti*. En el Cuadro 8 se muestra un ejemplo de la reducción del rendimiento de trigo en áreas desertificadas.

**Incremento de pestes.** Tales como insectos plagas, ácaros, vertebrados, microorganismos como hongos, bacterias y virus, como consecuencia de la desarmonización del ecosistema, debido principalmente a la devastación de algunos elementos que constituyen mecanismos cibernéticos de control.

**Aridez.** Incremento agudo de la aridez ecosistémica, generado en la reducción de la capacidad de infiltración de las precipitaciones y de una reducción de la eficiencia hídrica debido, principalmente, a la reducción o eliminación del tapiz vegetal y al deterioro de la estructura de los horizontes edáficos.

**Esterilización.** La productividad de la fitocenosis se reduce agudamente debido a la aridización originada en la devastación de la fitocenosis y roturación excesiva del suelo.

**Desecamiento.** Los arroyos, quebradas y vertientes se secan debido a la reducción del escurrimiento profundo de las precipitaciones registradas en las cuencas de captación.

**Simplificación.** La cosecha indiscriminada de algunos componentes del ecosistema reduce su complejidad y, por ende, su diversidad biológica y ecológica y la estabilidad del ecosistema.

**Enmalezamiento.** Invasión de especies vegetales de inferior calidad, debido al deterioro de la cubierta vegetal por la sobreutilización o la influencia de los cultivos.

**Cuadro 8.** Reducción del rendimiento del trigo en cuatro localidades desertificadas de Chile Central (Elizalde, 1970)<sup>4</sup>

Año	Localidad			
	Chanco	Mulchén	Imperial	Collipulli
1911-17	9,7	10,3	12,0	13,4
1918-24	7,2	9,9	12,6	9,9
1925-31	6,8	8,0	10,5	8,8
1932-39	4,7	7,0	9,9	7,2

**Salinización.** Acumulación de sales provenientes de las aguas de riego y los procesos pedogénicos, los cuales al no ser controlados en los procesos de manejo del suelo y de los cultivos, principalmente a través del lavado del suelo y de los cultivos, y la aplicación de enmiendas, pueden llegar a formar un salar.

**Silencio.** Es la falta de sonidos propios de la naturaleza tal como el susurro del viento, el del agua al caer en forma de lluvia o fluir en los ríos, lagos o mar y el cantar de las aves.

#### *Tecnoestructura*

**Gigantización.** Estructuras tecnológicas excesivas en relación al sitio y a la posición y tamaño de la cuenca y a la organización del espacio como medio ambiente humano.

**Miniaturización.** Estructuras tecnológicas insignificantes en relación a la posición y tamaño de la cuenca y a la organización del espacio urbano como medio ambiente humano, lo cual se representa en la falta de cercos, corrales, represas y otras estructuras.

**Ruido.** Es cualquier sonido indeseable tal como voceadores callejeros, ladridos de perros, bocinas de vehículos, motores sin silenciador y música estridente.

**Contaminación visual.** Es la presencia de estructuras, colores, formas o de mensajes indeseables en las paredes y lugares no adecuados.

**Cementación.** Cobertura de extensas superficies de tierra y vegetación por capas de asfalto, edificios, carreteras u otros que sumergen la biósfera bajo un tapiz inerte que inhibe su expresión ecológica natural.

<sup>4</sup> Es de considerar, que en esta época no se hacían cambios significativos de variedades, no se aplicaba fertilizantes, lo cual permitía una medida más real de la vulnerabilidad o de la disminución de la productividad del suelo.

**Desubicación.** Es la ubicación de estructuras fuera de lugar, tal como muy cerca, muy lejos, muy alta o muy baja, en relación a otros elementos de referencia donde se localiza el observador o el receptor.

### **Socioestructura**

**Tensiones.** El incremento de las probabilidades de fracaso o riesgo de los individuos o de la población, genera tensiones síquicas que afectan la socioestructura e inciden consecuentemente en la tecnoestructura y artificialización de la biogeoestructura.

**Pérdida de condiciones de ocio y recreación.** El desarrollo de la biogeoestructura, tecnoestructura y socioestructura genera condiciones adversas para la recreación o el ocio de la población. La escasez de espacios naturales adecuados para la recreación dificulta las opciones espacio-temporales de recreación y ocio.

**Antropización del medio antrópico.** El hombre primitivo evolucionó en un medio diversificado de animales, plantas y recursos abióticos. El medio natural del hombre es la naturaleza y no otros hombres, lo cual al ocurrir en exceso, le provoca efectos síquicos de naturaleza conocida. Ello, unido a la tecnoestructura, genera un ambiente distinto al de donde evolucionó la especie, lo cual unido a la gigantización urbana que hace cada vez más inaccesible la naturaleza, genera enfermedades socioestructurales complicadas.

**Consumismo.** Necesidades exageradas de bienes, lo cual genera una demanda excesiva de elementos provenientes de la biogeoestructura. Está estrechamente relacionado con otras enfermedades de la socioestructura.

### **Espacios**

**Hacinamiento.** Concentración excesiva de la población en algunos lugares.

**Despoblamiento.** Ausencia de asentamientos donde el ecosistema presenta condiciones favorables a la receptividad poblacional o donde se requiere población para desarrollar el ecosistema.

**Atascamientos.** Falta de movilidad en el traslado de la población desde un espacio a otro.

**Fragmentación del espacio, cercados.** Muros artificiales de separación entre las personas o grupos periurbanos, tales como: rejas, tapias, pircas, puertas, calles y otras, que producen divisiones artificiales o al ser mal hechas dividen inconvenientemente el espacio (Harris y Silva-López, 1992; Wilcore, 1987).

## **BASES Y ESTILOS DE LA AGRICULTURA MODERNA**

La agricultura, tal como se ha definido en este capítulo, ha sido una de las actividades que pone en evidencia y agudiza la vulnerabilidad de los ecosistemas, especialmente la agricultura desarrollada bajo el paradigma productivista, la cual confronta una situación de crisis debido a múltiples causas, entre ellas las externalidades generadas por su estilo tecnológico que no consideró la vulnerabilidad, en el largo plazo, del capital natural<sup>5</sup>.

Se requiere modernizar la agricultura de tal manera que pueda constituir una alternativa de solución a la crisis planteada, a continuación se define lo que sería esta modernización y sus bases.

### **Definiendo la agricultura moderna.**

Se entiende por moderno aquello que se ajusta al presente, a lo actual. Según el diccionario de filosofía el modernismo designa toda tendencia a acoger y aún a exaltar lo moderno, sea éste lo que corresponda al sentido histórico llamado moderno, o bien todo lo más nuevo y reciente de cualquier época (Ferrater, 1994)

De acuerdo con el anterior concepto, se considera la Agricultura Moderna a aquella que pueda enfrentar los desafíos ambientales tales como el deterioro y agotamiento del recurso natural (erosión y

<sup>5</sup> El capital natural está representado por los activos ambientales y naturales, desde el petróleo en el subsuelo, a la calidad de los suelos y el agua, desde los peces en el océano a la capacidad del globo de absorber carbono (Pearce, D., E. Barbier y A. Markandya, 1990).

desertificación, contaminación, destrucción de la biodiversidad); y atender las necesidades sociales tales como alimentación, materias primas para la agroindustria, desconcentración de la población en las ciudades, generación de empleo, agroturismo, ecoturismo, mantenimiento o construcción de la calidad del paisaje, calidad de vida para los habitantes del campo. Aquí la Agricultura Moderna no se refiere sólo al incremento en la productividad en función de la intensificación tecnológica y el aumento de escala.

En este contexto, el paradigma de la Agricultura Moderna se fundamenta en el conocimiento del ecosistema, el uso múltiple, el ordenamiento territorial y una revaloración y validación del conocimiento tradicional y de las diversidades de formas en que se puede hacer agricultura; su desafío es encarnar el espacio de solución, tal como ha sido definido en este documento, lo cual implica establecer los factores de vulnerabilidad tanto naturales como socioeconómicos, políticos y culturales. Esto será posible si se dispone de bases teóricas y empíricas sólidas que permitan la modernización de la agricultura.

**Bases de la agricultura moderna**

*Marco conceptual*

Desde una perspectiva operativa, la agricultura se define como el proceso de artificialización de la naturaleza, representada en el ecosistema, con fines antrópicos (Gastó, 1977). Este proceso debe partir por definir las bases sobre las cuales debe hacerse dicha artificialización, tal que permita la toma de decisiones y las acciones requeridas para resolver el problema de la explotación de la naturaleza.

Tradicionalmente la agricultura ha asumido este proceso de artificialización, bajo un enfoque holológico o de caja negra, el cual se esquematiza en la Figura 27a. La caja negra, entiéndase ecosistema, es asumida como una unidad simple sin estructura interna, y constituye un vínculo sintáctico, dado por una variable intermedia o vinculante ( $\beta$ ), entre estímulos ( $\epsilon$ ) y respuestas ( $\rho$ ), que representan a las variables periféricas; las variables intermedias ( $\beta$ ) son consideradas sin su respectiva interpretación, es decir, la producción agrícola como resultado y no como proceso. Por inferencia se intenta conocer sus componentes, arquitectura y funcionamiento, lo cual dificulta su generalización y manejo.

En el caso de la agricultura productivista interesa el comportamiento global del ecosistema respecto al objetivo específico propuesto y asume que el algoritmo de comportamiento del ecosistema es del tipo de estímulos múltiples, correspondiente al manejo antrópico, respuesta simple, correspondiente a la cosecha antrópica, tal como se ilustra en la Figura 27 b. (Nava R. *et. al.*, 1979).

De acuerdo con los anteriores planteamientos se puede establecer los siguientes dos aspectos de quiebre del enfoque de caja negra:

- i. La productividad, considerada como la respuesta del ecosistema y que constituye el indicador de la condición de su estado, no permite indagar, sobre el estado de los componentes, la arquitectura, el funcionamiento y su tendencia en un momento dado. Esto es un serio limitante para el manejo de la agricultura referente a hacer mínima o disminuir su vulnerabilidad y externalidades.

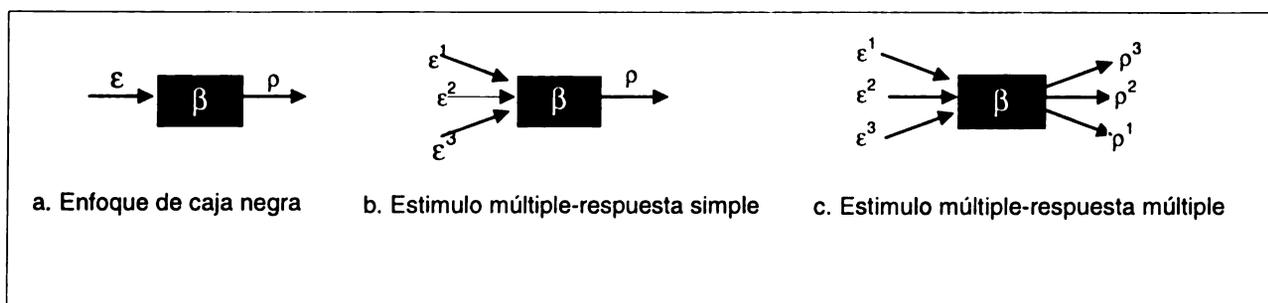


Figura 27. Enfoque de caja negra y algoritmo de comportamiento del ecosistema.

- ii. Relacionado con lo anterior, no ha considerado las otras respuestas del ecosistema ante los estímulos, algunas de ellas llamadas hoy externalidades, es decir que el algoritmo de comportamiento del ecosistema es del tipo de estímulos múltiples-respuestas múltiples (Figura 27 c) y no el de estímulos múltiples-respuesta simple. Estas múltiples respuestas son parte de las causas por las cuales la agricultura se ve forzada a un cambio, de tal manera que minimice las respuestas negativas.

En esta perspectiva y de acuerdo a los planteamientos de Armijo *et. al.*, 1979, el estado del ecosistema frecuentemente es el remanente resultante de la cosecha del ecosistema original, por ejemplo, de la cosecha de su fertilidad, de las condiciones biofísicas del suelo, de la cosecha de agua y biodiversidad, etc.. Luego de un período de cosecha o explotación, la resultante puede ser un incremento de las probabilidades de vulnerabilidad o, directamente, la degradación de la naturaleza.

### Conocimiento del ecosistema

La agricultura moderna debe fundamentarse en el conocimiento del ecosistema, haciendo translúcida esta caja negra, estableciendo su estado y tendencia en un momento dado; en la medida que se avanza en este proceso, la caja negra se visualiza compuesta por otras cajas negras, tal como se ilustra en la Figura 28, las cuales también deben hacerse transparentes. En este proceso se avanza hasta que se considere suficiente para lograr una adecuada comprensión y manejo del ecosistema.

La agricultura implica un cambio de estado del ecosistema original y su organización y el manejo del ecosistema debe ser el resultado de una actitud prudente mientras se estudia su dinámica y proceso de transformación, realizado con criterios de optimización antrópica; se requiere elegir no sólo el estado al que se quiere llegar, sino también la ruta más conveniente para lograrlo y la estrategia para mantenerlo en dicho estado.

El conocimiento del ecosistema se propone con base en el siguiente planteamiento, el cual ha sido desarrollado por Armijo *et. al.*, 1979.

El conocimiento de un sistema requiere definir su estado, que es su condición de existencia en un momento dado, se define por su arquitectura y funcionamiento, y es la resultante de un conjunto de valores instantáneos de los componentes del sistema, que permiten conocer su condición específica en un momento dado y las transformaciones de las mismas por unidad de tiempo. Los componentes del sistema están definidos por variables de estado, las cuales, a su vez, están definidas por atributos observables y cuantificables.

- El estado de un sistema  $E$  en un tiempo  $t$  dado ( $E(t)$ ), con  $n$  componentes y variables de estado, puede ser expresado mediante la siguiente ecuación (Patten, 1971).

$$E(t) = \{X_1(t), X_2(t), X_3(t), \dots, X_n(t)\}$$

$X(t)$  son las variables de estado en función del tiempo, las cuales pueden ser textura del suelo, materia orgánica, pendiente, humedad y población entre otras.

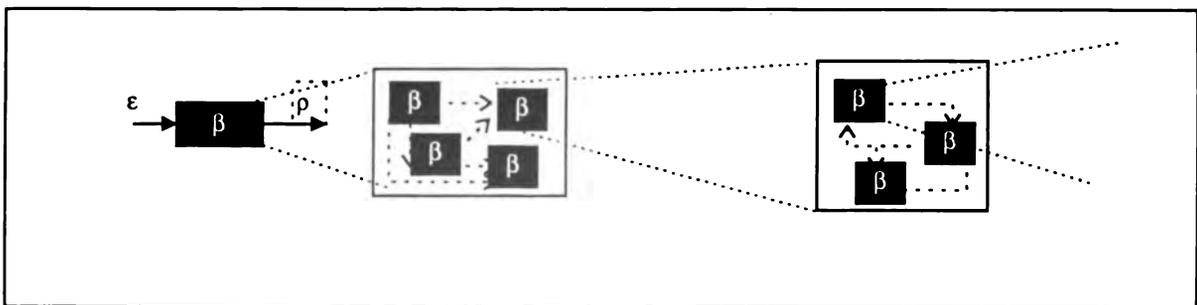


Figura 28. Enfoque de caja translúcida

Las variables de estado pueden ser agrupadas en los siguientes cuatro subconjuntos:

- El hábitat o ambiente físico, es el subconjunto de elementos virtuales cuyo estado está definido por las variables de estado correspondientes, que actúan por presencia sobre las otras, sin intervenir de una manera directa, comportándose como catalizadores del sistema.
- Los subconjuntos del ecotopo o recursos abióticos, la comunidad de fotosintetizadores y la comunidad de consumidores, constituyen el subconjunto de elementos topológicos reales, cuyo estado está definido por las variables de estado correspondientes.

● **La arquitectura** es el conjunto ordenado de variables de estado, simbólicamente se representa por:

$$\Lambda = \Lambda(\eta, \sigma)$$

Donde  $\Lambda$  representa la arquitectura,  $\sigma$  corresponde al arreglo topológico en lo referente a los aspectos cualitativos y cuantitativos, y  $\eta$  el tamaño de las variables de estado, este es el vector topológico.

● **La función** ( $\beta$ ) representa el comportamiento de un estímulo  $\varepsilon_i$  en todo su dominio, a través de una ruta  $r_i$  al interactuar con el arreglo topológico  $\sigma$  ( $\eta$ ) o arquitectura  $\Lambda$  del ecosistema. Una ruta  $r_i$  corresponde a la forma de fluir el estímulo  $\varepsilon_i$  en el ecosistema. La función puede representarse simbólicamente de la siguiente manera:

$$\beta = \beta(\varepsilon_i) \Lambda$$

El análisis del funcionamiento permite comparar diferentes arquitecturas, ya que ingresos similares de recursos a sistemas de diferentes arquitecturas producen egresos cualitativa y cuantitativamente variados, de la misma manera un tipo de arquitectura se comporta de manera diferencial ante diferentes estímulos. Este análisis permite establecer las bases de optimización de modelos, hasta conseguir simular el que logre maximizar, en la realidad, la eficiencia o productividad, de acuerdo con los objetivos propuestos en la modelación. Esta es la estrategia más eficiente y directa de determinar las características fundamentales que deben contener los ecosistemas optimizados.

**El cambio de estado**, es decir, pasar de un estado  $E_{(t)}$  a uno  $E_{(t+\Delta t)}$ , es función del tiempo  $t$  y del cambio en, al menos, una de las  $n$  variables de estado y por lo tanto:  $E_{(t)} \neq E_{(t+\Delta t)}$ . La tasa de cambio de la variable  $x_i$  puede ser establecida mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta x_i / \Delta t = (x_i(t + \Delta t) - x_i(t)) / \Delta t$$

En la naturaleza, el proceso de cambio de estado constituye la sistemogénesis, tendiente a lograr un estado de equilibrio dinámico en el clímax. Las metas antrópicas, diferentes a las de la naturaleza, como en el caso de la agricultura, mediante las acciones correspondientes, detienen o cambian este proceso con el propósito de lograr dichas metas, modificando las variables de estado cualitativa y/o cuantitativamente, creando un ámbito de inestabilidad extraño a la naturaleza, de tal manera que dicho proceso es alterado, estableciendo las condiciones de vulnerabilidad en un contexto antrópico, tal como ha sido definida en este documento.

El cambio de estado, expresado en la arquitectura del sistema, es la resultante de un proceso de evolución que se inicia en el pasado, se observa en el presente y se continúa en el futuro; el estado observado de la arquitectura en un instante dado sólo es un punto en el tiempo y como tal está orientado y tiene una tasa de cambio. La arquitectura es el elemento donde se centran los procesos de funcionamiento, y por lo tanto, en la práctica, el mejoramiento del funcionamiento se logra a través de estrategias de mejoramiento de la arquitectura, o de los aportes de estímulos al sistema.

Lo anterior implica que no es suficiente con determinar el estado o meta del ecosistema, se requiere establecer el proceso o ruta de transformación del mismo, y definir los operadores funcionales (el tipo de tecnología por ejemplo) que permitan el cambio de estado inicial y llevarlo en un tiempo dado al estado final probable.

### *Receptividad tecnológica*

El conocimiento del ecosistema permite establecer su receptividad tecnológica, la cual se define como la cantidad de tecnología que puede aplicarse a un ecosistema en términos de «inputs» ( $\varepsilon$ ) y de estructuras de artificialización, o modificación de la arquitectura ( $\Lambda$ ), para producir un efecto en el

«output» ( $p$ ), sin deteriorar la sustentabilidad ( $S$ ) del sistema (Gastó, *et. al.*, 1995).

Es conveniente hacer algunas precisiones sobre la receptividad tecnológica de los ecosistemas.

- i. La receptividad tecnológica debe entenderse como la capacidad de asimilación, conducción, almacenamiento y transformación de insumos, pero también como la capacidad de asimilar las modificaciones o artificialización de la arquitectura del ecosistema.
- ii. La receptividad tecnológica considera no sólo la cantidad sino también el tipo de tecnología que se aplica, ya que un ecosistema puede tener una baja receptividad a un tipo de tecnología y aceptable receptividad a otro tipo de tecnología.

Con base en este concepto y desde la perspectiva de los estilos de agricultura, en el Cuadro 9 se hace una primera aproximación a la vulnerabilidad de los ecosistemas.

Un ecosistema es de alto potencial cuando su receptividad tecnológica es alta. El «output» está dado en unidades diferentes a la eficiencia energética, porque hay agriculturas en ecosistemas de bajo potencial y bajo «input», de altos «output», en términos de energía obtenida por energía invertida, tal es el caso de algunos tipos de agricultura indígena.

Uno de los aspectos que definen la receptividad tecnológica de los ecosistemas es su flexibilidad, entendida como la capacidad del ecosistema para admitir y asimilar, los cambios introducidos en su estructura, la cual está dada por la existencia de estructuras flexibles que son aquellas capaces de asimilar más de un uso de la tierra, reteniendo las características que lo identifican. Los factores fundamentales que afectan la flexibilidad son la topografía, el clima, la tecnología y el mercado (Meeus, *et. al.*, 1988).

#### *Estrategias de mejoramiento*

En todos los casos expuestos en el Cuadro 9, las estrategias de mejoramiento en la respuesta o «output», pueden seguir las siguientes rutas:

- i. Estrategias de cambios en los estímulos, es la estrategia en la cual se ha fundamentado el

desarrollo de la agricultura desde la primera mitad de este siglo. Se basa en procesos y modelos derivados de la industria y la investigación agrícola. Aquí la producción agrícola es menos dependiente de la dinámica de los ecosistemas, del ciclaje de los recursos naturales; el hábitat, la tierra, entendida en su dimensión física es importante como espacio de soporte para el establecimiento de los cultivos, del ganado y de la tecnoestructura, como vertedero, es decir, el hábitat usado como trasfondo del proceso productivo a semejanza de lo que ocurre en la producción industrial. Estos aspectos físicos de la tierra, de los ecosistemas, llegan a tener más importancia que su capacidad para producir, la tecnología se sobrepone abruptamente sobre estas condiciones.

- ii. Estrategias de cambio de comportamiento mediante la modificación de su arquitectura. Esta estrategia ha sido más empleada por comunidades indígenas y campesinas, limitadas ya sea por la poca disponibilidad de tecnología o de recursos para acceder a ella, o por las características de los ecosistemas en los cuales se ubican. Se fundamenta en un aprovechamiento de los cuatro subconjuntos que conforman el ecosistema: el ecotopo, el hábitat y las comunidades de fotosintetizadores y consumidores, mediante un reordenamiento de los mismos.
- iii. Estrategias de cambio en los estímulos y en la arquitectura.

Es importante resaltar que cada estrategia debe corresponderse con un tipo de organización socioeconómica y cultural, o en otros términos, cada estrategia es una emergencia, en el sentido sistémico, de la organización socioeconómica y cultural.

#### *Estilos de agricultura*

En términos generales, los estilos de agricultura (EA), son, en su significado sistémico, una emergencia de la organización cultural, socioeconómica, religiosa y hasta militar, lo cual se expresa a través de los objetivos, de la racionalidad económica, de la función social y cultural, de la percepción y relación con la naturaleza y del perfil tecnológico de cada uno de los EA que se pueden identificar en el campo.

Cuadro 9. Vulnerabilidad de los ecosistemas con base en su receptividad tecnológica.

POTENCIAL DEL ECOSISTEMA	NIVEL DEL "INPUT"	NIVEL DEL "OUTPUT"	GRADO VULNERABILIDAD	TIPO DE VULNERABILIDAD POSIBLE	TIPO DE AGRICULTURA QUE SE PRESENTA
Alto	Altos	Altos	Bajo	Catástrofe	Agricultura intensiva, localizada principalmente en valles como la fruticultura del Valle Central de Chile o la caña de azúcar en el Valle del río Cauca en Colombia.
Alto	Bajos	Bajos	Bajo	Catástrofe	Agricultura extensiva, las propiedades son de considerable tamaño, de acuerdo a parámetros regionales, y, generalmente sus dueños son ausentistas. Se presenta una subutilización del recurso.
Alto	Bajos	Altos	Alta	Agotamiento de recursos explotados y degradación del hábitat	Pesca y caza desmedida. Agricultura de bajos insumos y alta productividad como la de la Pampa Húmeda Argentina.
Alto	Alto	Bajo	Bajo	Abandono	Agricultura intensiva de alto costo y baja rentabilidad, como los predios particulares de agrado personal.
Bajo	Alto	Alto	Alto	Degradación del hábitat	Agricultura intensiva, tipo industrial como explotación bajo invernadero como la producción de flores en la Sabana de Bogotá en Colombia o los Feed-Lots.
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Catástrofe	Agricultura indígena, en la Amazonia; ganadería extensiva como la ubicada en la Orinoquia colombo-venezolana, el Chaco Paraguayo, Altiplano andino y Patagonia, rango management; y bosques nativos australes.
Bajo	Alto	Bajo	Alto	Abandono	Agricultura de colonización en zonas ecológicas marginales, como en la Amazonia en donde sólo quedan aquellos que no tienen mejor opción.
Bajo	Bajo	Alto	Alto	Degradación	Agricultura extractiva, cosecha indiscriminada del bosque nativo, sobrepastoreo en la Patagonia.

En la Figura 29 se muestra la interacción cultura-naturaleza que da origen a los diferentes estilos de agricultura. La cultura define la organización socioeconómica, el desarrollo científico y tecnológico, la percepción de la naturaleza, las normas y mecanismos reguladores de la relación sociedad-naturaleza, y las estrategias para su uso y explotación. A su vez, la vulnerabilidad y potencialidad de la naturaleza son función de su receptividad tecnológica; tiene componentes variables, flexibles y fijos, difíciles de ser modificados por la acción del hombre. Respecto a los estilos de agricultura, su vulnerabilidad es función de las características del ecosistema, de la tecnología y del contexto socioeconómico y cultural donde se ubique, lo cual define la meta o respuesta al interrogante **¿agricultura para qué?**

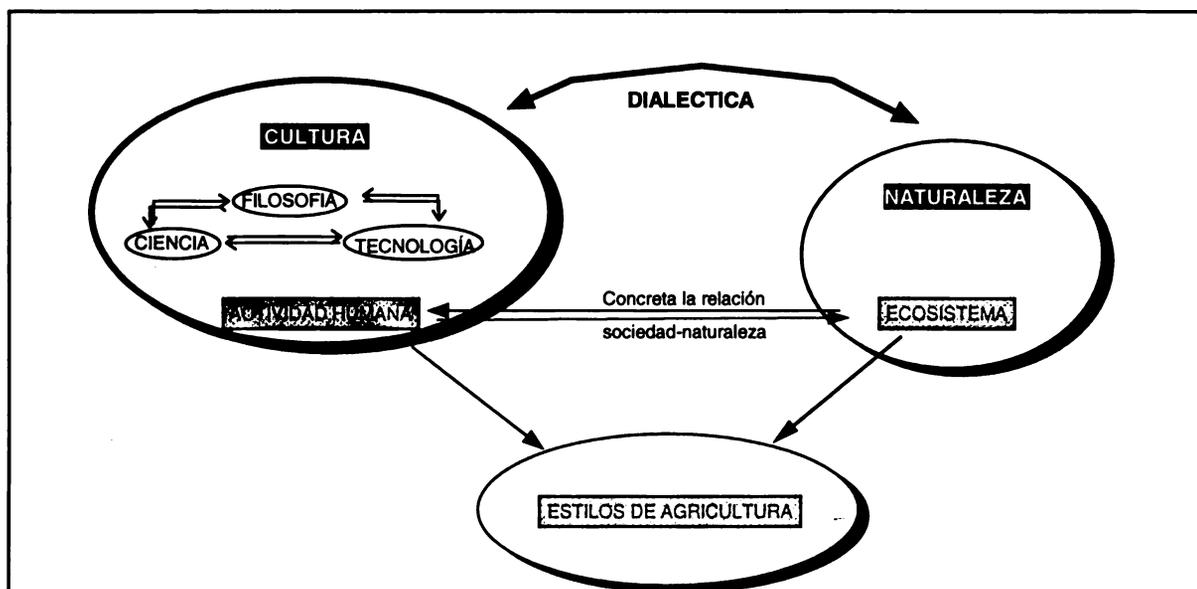
En un primer nivel, los EA están determinados por los objetivos asignados a la agricultura, por la meta establecida por el productor y por la organización socioeconómica y cultural, lo que determinará, en una primera instancia, los recursos y su combinación, que

se emplearán para el proceso productivo, es decir, determinará como hacer agricultura.

En términos más específicos, los EA se refieren a la forma en la cual un productor organiza en su predio el espacio y el proceso productivo, mediante la combinación de los recursos (capital, tierra y trabajo), información, tecnología e insumos, con el propósito de cubrir sus necesidades, lograr una meta u objetivos previamente establecidos.

Si por agricultura se entiende la «serie de procesos de artificialización de ecosistemas de recursos naturales renovables con el fin de optimizar la calidad y cantidad de materia, energía e información canalizada hacia el hombre» (Gastó, 1980), entonces el EA debe entenderse como la forma en que el productor realiza dicha artificialización.

Los EA expresan de manera particular, las interacciones establecidas entre los siguientes agentes, lo cual se representa en la Figura 30 (Toledo, 1996):



*Figura 29. El Paisaje Rural como producto de la interacción de la cultura con la naturaleza.*

Históricamente las sociedades humanas han regulado su relación con la naturaleza (dialéctica) de diferentes maneras, pero todas basadas en sistema de valores o filosofía, en un sistema cognoscitivo o ciencia y en una tecnología, dados por la cultura. En la sociedad occidental, antes de la Revolución Científica, la religión constituía el principal medio de regulación; en las sociedades precolombinas y en algunas que aún mantienen sus culturas, la relación con la naturaleza estaba regulada por creencias, mitos y tabúes; en las culturas orientales la religión y el comportamiento ético constituyen los principales medios de esta regulación; en la actual cultura occidental la economía crematística, la tecnología y el conocimiento científico, definen las normas reguladoras de la relación sociedad naturaleza y la vulnerabilidad de los ecosistemas.

- El productor, quien organiza al interior de su predio el espacio y el proceso productivo, de acuerdo con los objetivos asignados a la producción, a una meta establecida, a los recursos y tecnología disponibles.
- El ecosistema, que es el espacio de la naturaleza donde se ubica el predio y que impone restricciones. Todo ecosistema tiene una capacidad para recibir tecnología.
- La organización socioeconómica y cultural, que orienta la manera de satisfacer las necesidades básicas, impone nuevas necesidades, y define los mecanismos de regulación en las interacciones entre productores, ecosistemas y la organización socioeconómica y cultural, tales como aspectos religiosos, mitos o el mercado, entre otros.

De acuerdo con estas interacciones se puede establecer una primera aproximación al concepto de EA, a partir del cual se puede hacer una lectura y comprensión de los diferentes EA que se observan en el campo.

El productor P realiza un intercambio de materia, energía e información, a través de su predio, de los recursos, de la tecnología y las técnicas, con entidades concretas, que ocupan lugares particulares en el espacio, estas entidades son:

- El medio ambiente natural (MAN), representado por el conjunto de ecosistemas naturales y sus etapas de sucesión que existen en el territorio de P o en otros territorios a los cuales P puede tener acceso, y de donde puede obtener recursos alimenticios, de construcción, insumos para su producción, o constituir ecosistemas de sostén de vida.
- El medio ambiente transformado (MAT), representado por el conjunto de sistemas artificiales o agroecosistemas, los cuales estarán representados en el predio por los potreros destinados a la explotación pecuaria, agrícola o forestal. El grado de transformación dependerá de los objetivos asignados a la producción, de la meta establecida por P, de la disponibilidad de recursos y de su relación con el mercado.

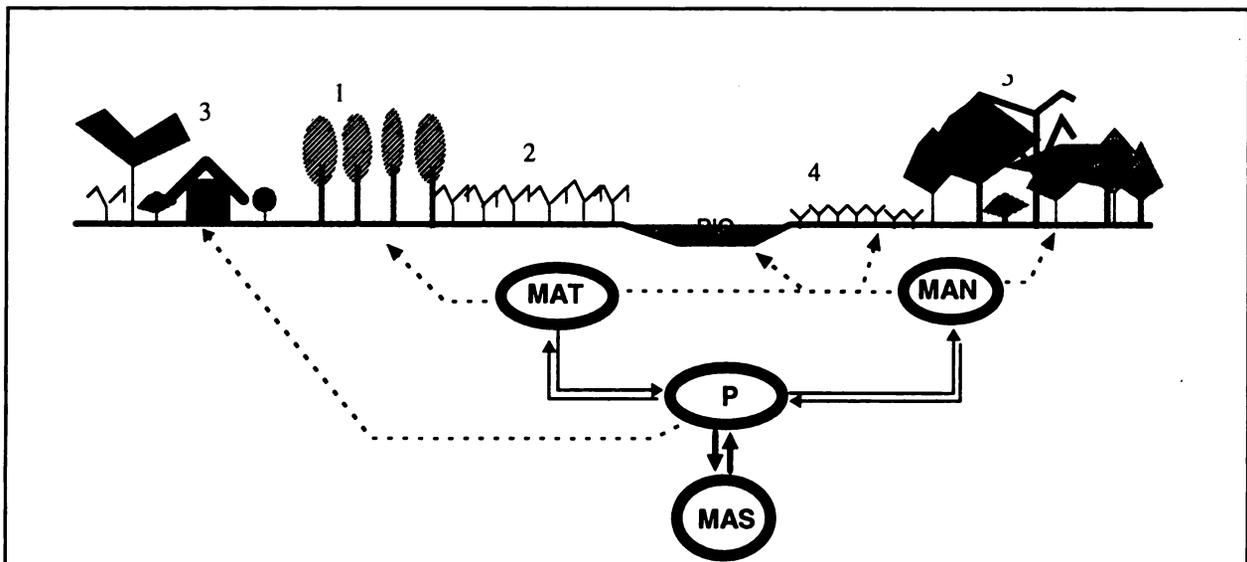


Figura 30. El concepto de estilo de agricultura.

Esquema teórico de los intercambios materiales realizados por una unidad rural de explotación (P). 1. Área de plantación, 2. Campo de maíz, 3. Asentamiento humano, 4. Área en pastos, 5. Bosque nativo. MAN: medio ambiente natural, MAT: medio ambiente transformado, MAS: medio ambiente social. (Adaptado de Toledo, 1996).

- El medio ambiente social (MAS), que se define como el espacio social donde P lleva a cabo su intercambio económico con otros productores y con los mercados locales, regionales e internacionales.

### ***Vulnerabilidad, estilos de agricultura e integración regional.***

La integración regional y la apertura de mercados condicionan un reordenamiento territorial de la agricultura y la transformación de los estilos de agricultura, lo cual ha tenido diferentes interpretaciones especialmente desde la perspectiva social y económica de los países integrantes de los acuerdos. Pero se han realizado pocos análisis desde la perspectiva de la vulnerabilidad de los ecosistemas.

La integración regional y la apertura de mercados tiene como uno de sus argumentos, lograr una mayor eficiencia, competitividad y rentabilidad de las explotaciones, lo cual en el caso de la agricultura, será posible si las diferentes actividades se ubican en los ecosistemas de mayor potencial o respuesta a los estímulos, es decir, en los ecosistemas de mayor receptividad tecnológica para determinados productos y estilos de agricultura. Esto implica, no sólo, mayor productividad, sino también, disminuir la aplicación de agroquímicos debido a una mayor eficiencia en su uso, de igual manera sucede con la transformación del ecosistema, reduciendo su vulnerabilidad.

En Colombia, en donde la integración regional y la apertura de los mercados no ha logrado los niveles del MERCOSUR, el incremento en la competitividad ha obligado a disminuir los costos de producción lo cual ha sido posible, en gran parte, mediante una mayor eficiencia en la aplicación de insumos y labores, disminuyendo las externalidades negativas de la agricultura como la contaminación y la degradación de los suelos, el agua y la biodiversidad.

Otro aspecto importante, es que la integración y apertura obliga a diversificar la actividad agrícola en el campo, ya que los productores tienen que buscar alternativas a los cultivos y a la ganadería, en los cuales han dejado de ser competitivos y ubicarse en otras actividades que le permitan aprovechar las ventajas que le ofrecen sus ecosistemas, tales como el agroturismo y el ecoturismo.

En este contexto, se debe tener claro los siguientes aspectos si se quiere avanzar en el logro de una mejor administración de los recursos naturales y de los ecosistemas, haciéndolos menos vulnerables:

- Dar respuesta al interrogante ¿agricultura para qué?, en el contexto de integración macrorregional, nacional, regional y local.

Definir las bases de la agricultura que requiere este nuevo orden de integración y apertura, en la que el conocimiento del ecosistema y el incremento de su flexibilidad, el uso múltiple y el ordenamiento territorial deben ser puntos de referencia importantes.

- Reconocer y fomentar la diversidad de los estilos de agricultura como una de las estrategias más importantes que permiten aprovechar y potenciar la diversidad genética, biológica, ecosistémica y cultural de la región.

### **LITERATURA CITADA**

- ALMEYDA, E. 1934. Irregularidades de las lluvias de Chile. Anales de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- ANGUITA, F. y MORENO, F. 1993. Procesos geológicos externos y geología ambiental. Ed. Rueda; Madrid, España.
- BARRIENTOS, S. 1980. Regionalización sísmica de Chile. Tesis M.S. en Geofísica. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- BLANCO, O. 1988. Tecnología andina. Fundamentos científicos de la tecnología agrícola. In: Dourojeanni, M., Cloterar, D. y Laver, M. Tecnología y desarrollo en el Perú. Comisión Coordinadora de Tecnología Andina. Lima.
- BOCKENMÜHL, J. 1992. Avakening to landscape. The Goetheanum. Dornach. Suiza.
- COLEGIO DE POSTGRADUADOS 1991. Manual de conservación del suelo y del agua. Chapingo. Montecillo; Estado de México.
- COSTANZA, R.; DALY, H. y BARTHOLOMEW, H. A. 1991. Goals, Agenda, and Policy Recommendations for Ecological Economics. In: Costanza, R. (Ed.). Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability. Columbia University Press; New York (EUA); p. 1-20.

- DÁVALOS, J.; MORALES, L.; MUÑOZ, X. y ULLOA, M. 1982. Evaluación arquitectónica del daño sísmico. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- DEVYNCK, J. 1960. Los fenómenos volcánicos y sísmicos de fines de mayo de 1960 en el Sur de Chile. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- DIAZ, F. 1983. Práctica de la defensa contra las heladas. Dilagro, Lérida, España.
- DIERAN, W. Van 1995. Taking nature into account: a report to the Club of Rome. Springer-Verlag; New York, EEUU; 332 p.
- DOUROJEANNI, A. 1991. Procedimiento de gestión para el desarrollo sustentable. ILPES. Documento 89/05. Rev 1.
- FAO y PNUMA., 1988. Manual de planificación de sistemas nacionales de áreas silvestres protegidas en América Latina. Oficina Regional FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- ELIZALDE, R., 1970. La sobrevivencia de Chile. Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
- FERRATER Mora, José. 1994 Diccionario de filosofía. ed. Joseph-María Terricabras. Barcelona: Ariel, 4v.
- FLORES, L., 1994. La tecnología en el contexto de la cultura latinoamericana. Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales (ILET). Santiago, Chile.
- GASTÓ, J. 1966. Variación de las precipitaciones anuales en Chile. Bol. Tecn. 24. Estac. Experim. Agronómica de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- . 1979. Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza. Ed. Universitaria. Santiago, Chile.
- . 1980. Bases ecológicas de la modernización de la agricultura. In: Sunkel, O. y Gligo, N.. Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina. Fondo de Cultura Económica; México, D.F.
- . 1983. Ecosistema: Componentes y Atributos Relativos al Desarrollo y Medio Ambiente. Bases Ecológicas de la Modernización de la Agricultura. Informe de Investigaciones. Sistemas de Agricultura. Central de Apuntes UC. Santiago, Chile, 170 p.
- . y GONZÁLEZ, C. 1992. Interpretación ambiental de la expansión de la agricultura intensiva en Chile. El caso frutícola. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Washington D.C., EEUU.
- ; GUERRERO, J. y VICENTE, F. 1995. Bases ecológicas de los estilos de agricultura y del uso múltiple. In: Ramos, E. y Cruz, J. (coord.) Hacia un sistema rural. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Madrid, España, p. 259-302.
- GLIGO, N. 1990. Los factores críticos de la sustentabilidad ambiental del desarrollo agrícola. In: Revista Convenio Exterior 40: 1135-1142. México.
- HARRIS, L.D. & SILVA-LOPEZ, G. 1992. Forest fragmentation and the conservation of biological diversity: 189-222. In: Fiedler, P.L. y Jain, S.K.. Conservation biology: The theory and practice of nature conservation, preservation and management. Chapman and hall. New York.
- HERNANDEZ, A. y GALÍN, P. Manual de depuración Uralita. Paraninfo. Madrid.
- HOLECHECK, J.L., PIPER, R.D. y HERBEL, C.H.. Range management principles and practices. Ragents/practice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. National Research Council. 1994. Rangeland health. National Academy press. Washington, D.C.
- LYNCH D.L. y BROOME, J.P. 1973. Mountain Land Planning. College of Forestry and Natural Resources. Colorado State University; Fort Collins, Colorado, EEUU.
- MEEUS, J; PLOEG, J.D.v.d. y WIJERMANS, M. 1988. Changing agricultural landscape in Europe: continuity, deterioration or rupture?. IFLA Conference. The Europe landscape: «Changing agriculture, change landscape»; Rotterdam; 103p.
- MUÑOZ, J. 1994. Cartografía de zonas expuestas a riesgos naturales. Reflexiones y proposiciones para un programa o política de prevención y protección en Chile. III Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra. Santiago, Chile.
- NAVA, R; ARMIJO, R.; GASTO, J.. 1979. Ecosistema, la unidad de la naturaleza y el hombre. Universidad Autónoma Agraria «Antonio Navarro». Serie Recursos Naturales. Saltillo, Coahuila, México. 331p.
- NIJKAMP, P. 1980. Regional sustainable development and natural resources use. Conferencia Anual del Banco Mundial para el Desarrollo. Washington, D.C., EEUU.
- PADEHAN, J.R.; HARDING, D.J.L.; HILTON, J.M. y STUTTARD, R.A.. 1992. Funtional ecology of woodland and forests. Chapman & Hall. Londres.
- PATING, D., 1992. Historia verde del mundo. Paidós. Barcelona.
- PATTEN, B.C. 1971. Aprimor for ecological modeling and simulation with analog and digital computers. In: Patten, B.C. (ed.) Systems analysis and simulation in ecology. Vol. I. Academic Press, N.Y. 302p.

- PAYNE, N. F. y BRYANT, F. C. 1994. Techniques for wildlife habitat management for upland. McGraw Hill. New York.
- PLOEG, J.D. VAN DER. 1992. Styles of farming: an introductory note on concepts and methodology. In: Haan, H. de, y van der Ploeg, J.D. (eds), «Endogenous regional development in Europe: theory, method and practice». Proceedings of the Y CERES/CAMAR seminar, Universidade de Tras-os-Montes, Vila Real, Portugal. Noviembre 1991. p. 1-27.
- PRADO, C., 1983. Artificialización del ecosistema. Planteamiento teórico para su transformación. Fac. Agronomía. Universidad de Chile. Tesis Ing. Agrónomo. Santiago, Chile.
- SANHUEZA, R. y VIDAL, C. 1996. Análisis integrado de los riesgos naturales en la ciudad de Concepción. Tesis. Facultad de Humanidades y Artes. Universidad de Concepción.
- SEOANEZ, M., 1995. Aguas residuales urbanas. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento. Mundi-Reusa. Madrid.
- SPIEGEL, M.R. 1991. Estadística. McGraw-Hill. Madrid, España.
- THOM, R. 1976. Structural stability and morphogenesis. W.A. Benjamin Inc. Reading, Massachusetts, EEUU.
- TOLEDO, V. 1991. El juego de la supervivencia. Centro de Ecología, Universidad Autónoma de México. Berkeley. California. 75 p.
- URRUTIA, R. y LANZA, C.. 1993. Catástrofes en Chile 1551-1992. Ed. La Noria; Santiago de Chile, Chile.
- VOLKER, K., 1994. Landscape quality and value judgement: a psychological view. In: Stobbelaar, D.J. y Van Mansuelt, J.D. (eds). 1994. The landscape and nature production capacity of organic/sustainable types of agriculture. Proceedings of the first plenary meeting of the E.U.-Concerted action. Department of Ecological Agriculture. Agriculture University. Wageningen. Holanda.
- VOS, W. y FRESCO, L.O. 1994. Can agricultural practices contribute to functional landscapes in Europe? In: Stobbelaar, D.J. y Van Mansuelt, J.D. (eds). The landscape and nature production capacity of organic/sustainable types of agriculture. Proceedings of the first plenary meeting of the E.U.-concerted action. Department of Ecological Agriculture. Agriculture University. Wageningen. Holanda.
- WESTMAN, W.E. 1985. Ecology, impact assessment, and environmental planning. John Wiley & Sons; New York, EEUU.
- WILCORE, D.S. 1987. From fragmentation to extinction. Nat. Areas J. 7:23-29.
- WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. 1992. Global biodiversity. Status of the earth's living resources. Chapman y Hall. Londres.
- WRI, IUCN y UNEP. 1992. Global biodiversity strategy. Guideline for action to save, study and use earth biotic wealth sustainably and equitably. WRI, IUCN, UNEP.
- WYMORE, W., 1976. System Engineering Methodology for interdisciplinary teams. John Wiley. N.Y.
- ZIMMERMAN, J. 1974. Riego. CECSA. Mexico.
- ZUCCARDI, R.; GARCIA, J.R.; MOLINA, C.; CACERES, M.; BLECKWEDEL, C.; GIMENEZ, D.; y SANZANO, A.. 1988. La expansión de la frontera agropecuaria y los impactos sobre el sistema edáfico. Mimeografiado. Universidad de Tucumán, Fac. Agronomía y Zootecnia. Cátedra de Edafología. Tucumán, Argentina.

# CAPÍTULO 6

## MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL RECURSO SUELO

---

JOSÉ LUIS PANIGATTI

## Manejo y conservación del recurso suelo

José Luis Panigatti \*

Los cambios producidos por el hombre en el ambiente son estudiados y en parte conocidos y planteados por científicos y políticos desde hace siglos. Esto no quiere decir que la implementación de soluciones tenga un paralelismo con el incremento de los conocimientos ni con los diagnósticos o difusión de los problemas.

Afortunadamente va en aumento el nivel de conocimientos y concientización sobre los problemas ambientales y éstos llegan a los destinatarios desde los diversos niveles escolares y los medios de comunicación orales y escritos. La sociedad puede estar informada sobre lo que ocurre con el medio ambiente en su comunidad, región, país y en el mundo, aunque no siempre integrados, valorizados y priorizados para que actúe en consecuencia.

El problema no pasa por la cantidad de información que se brinda sobre el manejo y la conservación de los recursos naturales. Y si no pasa por la cantidad, ¿cuál es el problema?.

Es interesante y necesario tener informada a la comunidad y sus decisores sobre la importancia de los recursos naturales, su uso, la producción agroforestal, como así también el desarrollo sustentable y la conservación del medio a nivel local y global. En forma paralela a esta difusión, se deben dar a conocer las responsabilidades y acciones que les competen a cada uno, no sólo para pensar sino también para revertir los problemas concretos planteados.

La educación para la acción debe ser priorizada frente a la noticia con impacto sobre algún hecho que, si bien grave, puede ser aislado y sensacionalista.

Las medidas que se tomen para preservar nuestros recursos, hacer un uso sustentable y así legarlo a generaciones futuras, no deben ser burocráticas, ni antieconómicas ni recaer sobre un pequeño sector de la sociedad, por ej. productores de granos. Las propuestas, que se realizarán en este trabajo, serán de índole diversa, general y de influencia en toda la sociedad, aunque la implementación de algunas incida mayormente en los productores agropecuarios.

Si bien se mencionó que el conocimiento y grado de concientización de la población sobre problemas ambientales está en crecimiento, hay temas que destacar porque no se condicen con lo mencionado: a) la actitud personal sobre el uso y la conservación del medio deja mucho que desear principalmente en pueblos y ciudades; b) la priorización de estos temas frente a otros tan acuciantes como la desocupación; c) cómo se reparten las responsabilidades y quién paga (vía impuestos, etc) el costo de las acciones para revertir los procesos de degradación.

A la hora de los diagnósticos, anuncios, proclamas, nadie se opone ni puede oponerse a la conservación de los recursos naturales. Este tema «cae bien» y hasta puede ser una moda para ciertos sectores. La real importancia que una sociedad le da a un tema se pone de manifiesto por: 1) La responsabilidad que asume en forma directa con acciones individuales y en conjunto. 2) El presupuesto que le asigna, aunque aquí actúa en forma indirecta a través de sus representantes. Los resultados se ven, o deberían ver, por las acciones implementadas, respecto de los cuales la comunidad debería reclamar.

Es un deber de los investigadores desarrollar técnicas sanas, para producir alimentos ecológicos, reducir el impacto ambiental a niveles «tolerables», ensamblar técnicas para un desarrollo sustentable y, en general, responder respecto de todo lo que la sociedad les delega, los responsabiliza y están capacitados para realizar. Además de lo mencionado, la

---

\* *Ingeniero Agrónomo, Ph.D., INTA - Argentina*

opinión pública debe recibir información sobre la cuantificación física y económica del impacto del manejo y la producción en los recursos naturales, su evolución, degradación, potencial, lucro cesante y aquello que necesiten los decisores, desde el nivel de predio (productores agropecuarios) hasta niveles mayores (políticos) para no comprometer la producción de las futuras generaciones.

## INVESTIGACIÓN VS APLICACIÓN

Se debe considerar al suelo como un recurso natural no renovable, dado que lo erosionado no es, prácticamente, recuperable. Se pueden implementar prácticas de conservación de suelos, de estabilización de rendimientos pero no así de recuperación de material de suelos dado que lo perdido o erosionado no es renovable en lapsos manejables. Cuando el proceso de degradación no implica pérdida por erosión y el cambio es sólo físico, químico o biológico, esto es reversible y a veces con simples prácticas como la fertilización. Lo mencionado no busca restar importancia a la pérdida de fertilidad pero sí afirmar que hay problemas fácilmente reversibles (con fertilización y/o rotaciones) y con impactos totalmente diferentes a los de pérdida irreversible como la erosión grave.

En los diversos sistemas de producción y principalmente los más conocidos o dominantes en amplias regiones de los países del MERCOSUR, existe buena información técnica para implementar soluciones a los problemas de degradación de suelos y ambientes. El cuello de botella no es la falta de investigación o información para difundir prácticas conservacionistas, mejorar la cantidad y calidad de la producción, producir mínima o nula contaminación, mantener ambientes sanos y así lograr sistemas de producción sustentables. Esta afirmación no está oponiéndose a una financiación de la investigación y/o experimentación para la conservación de suelos, que debe ser dinámica, actualizada, proponer alternativas, como así también interactiva con otras disciplinas como manejo de cultivos, por sólo mencionar una.

La solución a los problemas de degradación de suelos pasa principalmente por la implementación de las prácticas conocidas y probadas en los diversos ambientes. Esta aplicación debe extenderse a la mayor área posible para lograr su efectividad y el

proceso operativo debería cambiar su ritmo para ponerse delante de los hechos y hacer más conservación que recuperación (Panigatti, 1984).

## DEGRADACIÓN, CONTAMINACIÓN Y CALIDAD

Teniendo en cuenta que en algunas áreas la cantidad de agroquímicos que se utilizan por ha/año es baja, se podría afirmar que se está cerca de la producción orgánica y con ello conformarnos pensando que estamos exentos de culpas y/o responsabilidades hacia los consumidores actuales y potenciales, como así también para la conservación de los recursos naturales.

Varios ejemplos pueden demostrar que esta visión no sólo es incorrecta sino que puede llevar a caminos equivocados. La degradación de suelos, contaminación de aguas, los procesos de desertificación, pérdida de biodiversidad y, en general, el impacto ambiental de diversas obras, son algunos de los temas a tener en cuenta porque no sólo existen sino que están en aumento en los últimos años y se deben considerar para revertir su ritmo primero y su presencia y secuelas después (PROSA, 1988).

Es conveniente no ser alarmista ni tener preocupaciones cortoplacistas sino disponer de buenos diagnósticos, rápidos y económicos, con fines de acción para revertir procesos y mitigar los impactos, pero con producción sustentable. Se debe pasar de la preocupación a la acción, del diagnóstico a la solución, del enunciado o denuncia a la implementación de medidas correctoras de los procesos de degradación y mejor aún a aquellas acciones de prevención para reducir o eliminar impactos ambientales.

Existe la posibilidad de «vender imágenes» de país, zona o productos sanos. Argentina las posee, en particular con respecto a algunos productos y/o "commodities" y es necesario conservar esta presentación e incrementarla. Con el dinero que se evapora por las aduanas se podrían implementar importantes y prolongadas campañas para mejorar los productos, conservar los recursos y vender una imagen de calidad como país productor de alimentos (Vega Olmos, 1996).

Estos logros no se alcanzan con decretos. La incorporación al grupo de países del primer mundo es

factible pero se necesitan varias y prolongadas acciones y entre ellas, lo fundamental, es la actitud para lograr una imagen en base a productos y ambientes sanos.

## EXPANSIÓN AGRÍCOLA

La expansión agrícola es una realidad argentina y de otros países, puesta de manifiesto por la extensión de las fronteras de los cultivos y por el incremento de rendimiento por unidad de superficie. Si bien existe el conocimiento y tecnología para indicar donde se pueden expandir y como realizar los cultivos y sus rotaciones, no siempre se utiliza o respeta esta información.

El cambio climático, las variaciones del tiempo o fluctuaciones normales de las precipitaciones, hace que ciertas zonas dispongan más agua útil en el suelo que en décadas anteriores. Esto trae aparejado una expansión de cultivos de zonas húmedas hacia aquellas subhúmedas o semiáridas que están pasando por una etapa más húmeda.

En la primavera de 1996 se comprobó una secuela de esta expansión agrícola con tecnología no adecuada. Las voladuras de campos se notaron en varias provincias argentinas y países vecinos y se pueden mencionar ejemplos muy ilustrativos como la suspensión de vuelos de cabotaje por exceso de polvo en el ambiente. Hechos como el mencionado no necesitan grandes explicaciones, máxime cuando la totalidad de la población lo vio, vivió y/o padeció varias veces en agosto-octubre de 1996.

Es necesario recalcar que existe suficiente información para mitigar estos procesos, desde inventarios de suelos y vegetación hasta manejo de cultivos, donde se incluye tanto el tema labranzas, como rotaciones y manejo de rastrojos. Estos conocimientos están disponibles y probados, pero necesitan mayor difusión y estímulos para su uso.

Entre las prácticas conocidas y en franca etapa de difusión está la siembra directa. Este sistema tan antiguo, que fue utilizado por los indígenas, estudiado en la Universidad del Estado de Michigan en la década del '30, en estaciones experimentales desde los '60 y ampliamente promovida por varias organizaciones desde fines de los '70, es un extraordinario medio para producir y conservar. Los millones de ha que se

siembran con este sistema permiten tener buenos rendimientos y reducir o eliminar los problemas de erosión y otros tipos de degradación (Senigagliaesi y Ferrari, 1993).

Es oportuno, sin embargo, indicar aquí dos conceptos que con frecuencia no se mencionan o se tratan de minimizar: a) La siembra directa no es la panacea para todas las regiones, suelos y cultivos. b) El reducir o eliminar el movimiento del suelo puede ser sinónimo de «conservación», pero no siempre lo es el alto uso de agroquímicos que puede acompañar o se incorpora a este sistema.

Si bien se mencionó que existe información sobre técnicas a aplicar, dónde aplicarlas y con qué resultados, el grado de información existente sobre contaminación, riesgos presentes y futuros, no es equivalente. Tampoco son buenas las condiciones para el monitoreo de la contaminación en suelo, agua, aire, flora y fauna. Alguien podrá no coincidir con este concepto y dar ejemplos de algunas acciones. Lo que se pretende con esta afirmación es calificar una realidad general sobre las posibilidades actuales de seguimiento del impacto ambiental y degradación (por contaminación con agroquímicos).

## ESTÍMULOS PARA LA CONSERVACIÓN

La posibilidad de aplicación de manejos conservacionistas en la producción de cultivos, pasturas o sistemas mixtos se puede ver ampliada en el espacio e incrementada en el tiempo por medio de estímulos y desincentivos.

Las penalizaciones nunca fueron exitosas y desde la visión política argentina no fueron ni son aplicadas ni aplicables y, si bien a veces las autoridades se tientan a legislar o definir acciones en este sentido, no se concretan por su impopularidad o inaplicabilidad.

El sistema de estímulos se aplicó con cierto éxito, tanto a nivel nacional como provincial. La ley 22.428 de "Conservación de Suelos", fue aplicada desde la Secretaría de Agricultura durante varios años. A ella se adhirieron todas las provincias y los beneficios llegaron a los productores y a sus sistemas productivos, donde fueron aplicadas las técnicas correspondientes y se revirtieron procesos de erosión o degradación, con ejemplos puntuales y resultados satisfactorios.

La implementación de esta ley tiene previsto el otorgamiento de subsidios (estímulos) para aplicar prácticas conservacionistas probadas y respondiendo a un plan de acción elaborado por profesionales y aprobado a nivel nacional, luego de un análisis por instancias locales o provinciales. Actualmente su aplicación está suspendida por falta de fondos pero principalmente porque en la nueva concepción económica no se ve como aplicable y salida lógica al otorgamiento de subsidios. Con la globalización, este concepto es aplicable a nivel internacional.

Varios estados tienen legislaciones sobre suelos, conservación de recursos naturales, contaminación, con diversos niveles de desarrollo y/o aplicación. El uso de estímulos no siempre está presente, menos aún cuando esa legislación data de varios años, cuando no se veía a los estímulos con el enfoque actual pero tampoco con la visión de revertir los procesos de degradación en forma inmediata. Esto se puede interpretar como una concientización de los legisladores (y sus asesores técnicos) que de lo ideal, y declamatorio buscan pasar a la etapa de lo posible y operativo. No siempre se logra el objetivo buscado y son varias las trabas que se encuentran, desde la falta de conciencia en diversos niveles hasta la disponibilidad de fondos para la aplicación de los estímulos que prevén las leyes.

Por ello se debe contar con un instrumento legal que contribuya a dinamizar las acciones conservacionistas y además concientizar a la comunidad mediante una tarea educativa. Uno de los estímulos puede ser la exención o reducción del Impuesto Inmobiliario Rural que si bien en muchos casos no tiene una buena relación con la inversión a realizar en el predio, es un estímulo fácil de aplicar a nivel provincial.

También a nivel de estado o provincia se deben coordinar acciones entre organismos como Dirección de Suelos y Agua, Vialidad, Obras Públicas e Hidráulicas, Comités de Cuencas, Consorcios Camineros, Municipios y Comunas cuyo accionar incida sobre los recursos naturales, principalmente el aporte o evacuación de las aguas, como consecuencia de la ejecución de las obras públicas.

Es fundamental coordinar las acciones para el manejo de las aguas y así lograr transformar este elemento en productos a través de su incorporación al

suelo y consumo por las plantas. Los excedentes pueden y deben ser manejados de forma tal que no afecten a los sistemas, tanto rurales como urbanos. Esto es factible de lograr y existe tecnología disponible para realizarlo. Así los Comités de Cuencas y Consorcios Camineros, pueden concretar obras asumiendo la responsabilidad de realización en forma local, con comisiones integradas por comunas, productores, asociaciones rurales y entidades importantes de las zonas donde se implementan las obras (canales, caminos, puentes, diques, reservorios de aguas, etc.).

## **VISIÓN ACTUAL Y RESPONSABILIDAD FUTURA**

En un análisis del pensamiento y la conducta de los productores agropecuarios sobre la conservación del suelo, Cloquell y col. (1994) afirman que el 70 por ciento de los encuestados manifiesta tener problemas por pérdida de estructura en los suelos y el 77 por ciento observa menores rendimientos. Un dato interesante es que el 77 por ciento opina que tiene campos de buena o muy buena calidad; esto es lógico porque a pesar de la degradación y erosión, manejan suelos (Argiudoles clase I y II) con alto potencial para la producción de trigo, soja y maíz.

Si bien reconocen tener problemas de erosión hídrica, no aplican las técnicas de terrazas y trabajos en curvas de nivel aunque el 49 por ciento tiene erosión en surcos y el 26 por ciento tiene cárcavas en sus predios. Aunque el 70 por ciento de los productores consideran a la rotación agrícola ganadera como superior a la agricultura continua, sólo el 2 por ciento de la superficie está en rotación con pasturas.

En las conclusiones del trabajo citado se afirman y cuantifican conocimientos ratificando que las decisiones de los productores están directamente relacionadas con la obtención del mayor rendimiento de sus cultivos desde una visión económica. La adopción de prácticas son tomadas en primer lugar por razones económicas y secundariamente para conservar el suelo.

Si bien hay cierto grado de conocimiento sobre la degradación y algunas prácticas, la aplicación no sólo es baja sino que no tiene prioridad en comparación con el rendimiento económico. Aquí se manifiesta la necesidad de revalorizar acciones y tener en cuenta que existe tecnología, son importantes los esfuerzos

para publicar, difundir, transferir, etc, pero los resultados no se ven reflejados en la práctica, por lo menos en forma acorde con esos esfuerzos. Por estos relativamente magros resultados, la educación y transferencia de tecnología no deben detenerse, muy por el contrario, a la luz de estos resultados se deben replantear con más fuerza las acciones del estado, tanto a nivel nacional como provincial, para que aplique una política de incentivos vía créditos, desgravaciones, organización de productores y cualquier otro sistema que coopere económicamente para que los que tomen decisiones se vean estimulados a ponerlas en práctica. Esta es una forma concreta de acelerar los procesos de adopción para beneficio de los recursos naturales en forma inmediata (en este caso particular el suelo) y la producción presente y futura que favorecerá a las comunidades locales, provinciales y nacionales.

La implementación de sistemas de estímulos para aplicar prácticas de conservación no deben limitarse a los propietarios porque los contratistas trabajan un 50 por ciento de la superficie. Ellos conocen el problema del deterioro de los suelos y la necesidad de su conservación pero sólo estarían dispuestos a invertir en prácticas si los resultados a obtener se ven reflejados en la producción económica de ese cultivo o en el período de contrato. En el contrato de renta del campo debería estar especificado el uso conservacionista del suelo o recursos para evitar la degradación de los mismos.

Por lo mencionado y cuantificado, se puede afirmar que existe tecnología probada para controlar los problemas de erosión. Esta es relativamente conocida, poco demandada y menos aún aplicada. La educación y difusión debe continuar e intensificarse pero si no hay un programa de estímulos, el ritmo de aplicación seguirá siendo lento y no alcanzará a frenar el proceso de intensificación y expansión de la degradación por la agriculturización tradicional (Panigatti, 1992).

Con una muy alta prioridad se debe aplicar la idea de "producir conservando" principalmente en áreas con un manifiesto riesgo de degradación irreversible como son los procesos de erosión. Los profesionales han realizado su parte importante y están los instrumentos técnicos disponibles. Ahora son los políticos, apoyados en la información y formación existentes, quienes deben actuar antes que los acontecimientos los obliguen a hacerlo y con el gran peligro y responsabilidad de llegar demasiado tarde.

Hay productos que tienen fama internacional y se pueden mencionar los ejemplos de la carne argentina, frutas y vino de Chile, lana de Uruguay, etc.. Nos podemos preguntar: ¿todos los productos nacionales que poseen "buen nombre" lo seguirán teniendo a pesar del manejo que se realiza con los recursos naturales? .

Grandes acuerdos internacionales como el NAFTA y el MERCOSUR están conscientes y trabajando en la coordinación de las legislaciones ambientales de los integrantes dado que los problemas, sus causas y efectos trascienden las fronteras. Los países del MERCOSUR como cualquier otro deberían incluir en su política comercial una legislación ambiental para acompañar la tendencia internacional donde las negociaciones comerciales estarán ligadas o vinculadas con la salud de los recursos naturales.

La calidad de los productos agropecuarios no será suficiente para ganar y mantener mercados. Se deben establecer legislaciones, políticas y estrategias de protección del ambiente para un desarrollo sostenible. El impacto ambiental de los sistemas de producción, obras públicas, etc. debe ser estudiado, previsto y minimizado para la protección actual y futura de la población y los recursos naturales. Esta es una posición a definir y adoptar como país o MERCOSUR antes que nos sean impuestas barreras que nos traben o impidan la integración comercial internacional.

## INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En el diagnóstico que realiza SECyT (1996) analiza el gasto anual en Investigación y Desarrollo de Argentina donde sumado lo que aporta el estado (800 millones) y el sector privado (200 millones) da una cifra importante. Analizando como porcentaje el PBI, es menos de la mitad del de Chile, cinco veces inferior a Canadá y ocho al de Estados Unidos. Este estudio manifiesta en este punto que "la magnitud del gasto parece insuficiente, independientemente de cualquier consideración que pueda -y deba- realizarse acerca de la eficiencia con la cual se lo utiliza". Además se debe mencionar que gran parte de este aporte, principalmente el del estado, tiene como destino los salarios y las cargas sociales.

El análisis continúa señalando que "el gasto por investigador representa, en nuestro país, un monto excepcionalmente bajo". Dentro de los países del

PROCISUR esos valores son inferiores a los de Chile y Brasil, además están muy por debajo con respecto a países competidores del hemisferio sur como Australia y Nueva Zelanda, es menos de un tercio del correspondiente a Estados Unidos y un 25 por ciento del de Francia.

Estas cifras marcan un estado de las cosas y también la política de gobierno en su apoyo a la Investigación (I) y Desarrollo (D). Las prioridades se pueden declamar, modificar, prometer, etc., pero los presupuestos son los que marcan las políticas de los gobiernos y las cifras hablan muy claro sobre los objetivos que se fijan las autoridades.

Si bien por lo mencionado no se puede ser optimista, cabe hacer algunas reflexiones y comentarios especiales sobre el tema de conservación de suelos. Existe tecnología probada para controlar la erosión, tanto hídrica como eólica, y son numerosos los ejemplos sobre aplicación de medidas para frenar y/o revertir estos graves procesos de degradación irreversible.

El gasto, como menciona SECyT, que debería ser tomado como inversión, es bajo tanto en relación al PBI como con el número de investigadores. Por ello es necesario tener en cuenta dos temas para decidir donde se deben realizar las inversiones: a) En el desarrollo de nuevas tecnologías. b) En la difusión e implementación de prácticas probadas.

La metodología de control de la erosión es conocida, probada, parcialmente evaluada, económica y físicamente, con interesantes respuestas en el corto, mediano y largo plazo. Ejemplos de aplicación de prácticas se pueden dar para varias zonas pero quizás la de mayor área y porcentaje de aplicación se da en el estado de Paraná al sur de Brasil. La combinación de prácticas conocidas y disponibles, el apoyo y estímulo del estado, la organización de productores y entidades privadas ha logrado un éxito digno de tener en cuenta o imitar.

Con lo mencionado no se quiere eliminar la inversión en I y D en temas que hacen a la conservación de recursos naturales en general y del recurso suelos en particular, sino muy por el contrario. Hay una gran necesidad de adaptar tecnología y además evaluar y cuantificar pérdidas de suelos, agua, nutrientes, rendimiento, contaminación, pérdida de calidad de alimentos, oportunidad de labranzas y siembra, rotacio-

nes de cultivos, maquinaria para diversos sistemas de producción, etc., etc. La investigación debe seguir y ser apoyada para producir en cantidad, calidad, reducir contaminación, mejorar la eficiencia en el uso de energía y conservar los recursos naturales. El problema y la fijación de prioridades (y con ello el monto del presupuesto) es de particular interés para solucionar los problemas de ayer y hoy, mejorar la información para hoy y mañana y apuntar al mañana con la inversión hacia la sustentabilidad de los ecosistemas.

Para implementar las soluciones a los problemas de hoy, donde sólo en Argentina hay unos 50 millones de ha erosionadas, se necesita una política definida, firme, objetiva, de largo plazo y su implementación debe tener, por sobre todas las cosas: a) Importantes cifras para un Programa Nacional de Conservación de Suelos o Recursos Naturales. b) Continuidad.

No deberían comenzar las acciones de conservación en el Programa Nacional si no hay convencimiento y seguridad en la implementación. No es conveniente que el estado nacional inicie campañas de corta duración o aplique estímulos sin continuidad, porque si bien se logran algunos efectos como la sistematización de campos o implementación de medidas conservacionistas, esto no quiere decir que el problema se solucione. Conviene recordar que un implemento para conservación de suelos, puede transformarse en un arma de doble filo si su uso no es el adecuado, además ese uso no es extrapolable a todos los sistemas productivos.

Volviendo a las prioridades y necesidades de inversión se puede estar seguro que una campaña de difusión, el establecimiento de una red de manejos conservacionistas, el fijar un Programa Nacional de Conservación de Suelos, se pueden implementar con éxito desde el punto de vista de la disponibilidad de tecnología. Una vez más éste no es el cuello de botella para su éxito. Para la continuidad de las acciones con éxito, la inversión en I y D debe enfatizar los temas mencionados y serán utilizados sus resultados para mejorar los sistemas de producción con una continua retroalimentación de extensión-investigación.

La investigación descentralizada, imprescindible para perfeccionar los sistemas de producción en ambientes degradados, puede generar una atomización de equipos y con baja eficiencia, por ello es necesario una coordinación para no quedar en la

etapa tentadora de los diagnósticos sino pasar decididamente al desarrollo y evaluación de prácticas.

El gran desafío es dar a conocer y lograr que se apliquen las prácticas que conservan los recursos naturales con una degradación nula o mínima aceptable. Se puede asumir que siempre hay degradación con el uso pero ésta puede ser reversible y así, con técnicas de manejo, lograr que la producción sea sostenible con sistemas mixtos o agrícolas, en el mediano o largo plazo.

Kaimowitz (1996) usa el concepto de recursos naturales renovables donde incluye a "suelos" y afirma que estos recursos pueden ser degradados por diversos motivos, entre ellos el de destrucción física. Entre los problemas de degradación asociados a la agricultura menciona a la "erosión hídrica y eólica". Dentro del concepto degradación cuando se considera la erosión de suelos, no debe ser tenido en cuenta como recurso natural renovable, porque las pérdidas existen, pueden ser de diversa magnitud física (0-100%) y productiva pero enmascarada por prácticas de producción que minimizan el problema actual. Con prácticas de manejo de suelos y cultivos se puede mantener la producción, pero, prácticamente, cuando hay pérdidas por erosión ésta es irre recuperable económicamente y por ello el suelo no debe ser considerado un recurso natural renovable.

Con la aplicación de nuevas técnicas, la intensificación del uso o el cambio de uso de las tierras erosionadas, se puede mantener la producción y hasta mejorar el resultado económico pero, de no corregir la causa (erosión), se compromete el potencial productivo y tarde o temprano se llega a una etapa de degradación que necesita otro cambio en el enfoque, uso de la tierra y aplicación de tecnología. El problema principal es que cuanto más tarde se reacciona a los procesos erosivos mayor es la pérdida irreversible de material y con ello la disminución de rendimiento actual y/o potencial.

La transferencia de tecnología que se apoya en un solo elemento o componente (llamémosla de algún modo "tradicional") no condice con el enfoque de la producción y conservación que debe manejar el ecosistema productivo en forma sustentable. También debe tener en cuenta que generalmente no tiene impacto a corto plazo, no es apropiable y es poco demandada.

La investigación, experimentación y transferencia de tecnología en el manejo de los recursos naturales no es tan sencilla como aquellas aplicables a una técnica aislada o el reemplazo de un cultivar. El Cuadro 1 puede ayudar a visualizar y comparar esas diferencias que hacen necesario un enfoque distinto, integral e integrado en el primer caso.

**Cuadro 1 (\*)** Diferencias entre investigación para MRN y para variedades de cultivos anuales (tendencias generales, no necesariamente aplican en cada caso)

	MRN (**)	Variedades
Recursos humanos	largo plazo	mediano plazo
Rango de adaptabilidad de la tecnología	pequeña (muchas especificidades locales)	grande (misma variedad para áreas grandes)
Costo de la investigación	variable	baja (excepto para nuevas biotecnologías)
Información disponible para priorizar investigación	generalmente no	usualmente sí
Responde a demandas de los productores	a veces	usualmente sí
Fácil medir impacto	no	sí
Políticas vigentes facilitan adopción	no	sí
Tipo de tecnología generada	información, impacto no fácilmente observable a corto plazo, difícilmente vendible	semillas, impacto observable en menos de un año, vendible
Mejor forma de organizar la investigación	desconocida	programas por cultivo

\* Fuente: Kaimowitz (1996)

\*\* Manejo de Recursos Naturales

Por las afirmaciones que anteceden surge la necesidad de reafirmar la importancia de la participación estatal en la investigación, desarrollo y uso de los recursos naturales donde los INIAs deben coordinar acciones para potenciar sus capacidades. Estas capacidades son las de sus recursos humanos, presupuestos disponibles y posibilidades de captación de recursos externos.

Los INIAs deben actuar dentro de políticas nacionales e internacionales donde el rol del estado no puede ni debe ser eliminado sino revalorizado en una visión de la sostenibilidad de los sistemas productivos.

El rol del estado nacional, provincial y porqué no el municipal, es fundamental en el tema que nos ocupa dado que las actividades relacionadas con los recursos naturales y en particular suelos, no son apropiables. Las acciones son complejas, costosas, con escaso impacto y extrapolación y con una relación costo-beneficio baja.

Por lo mencionado es difícil obtener la participación de empresas privadas por los escasos beneficios económicos directos que pueden obtener de este tipo de actividades. Ante la falta o bajo interés de la actividad privada en el manejo de los recursos naturales, se necesita que los administradores de la ciencia y la tecnología tengan el mayor y mejor conocimiento sobre el tema, convencimiento de su importancia estratégica para el mediano y largo plazo y con ello lograr un marco político para la discusión e implementación de acciones.

Ante la degradación irreversible, como son los casos de erosión de suelos, es actualmente muy baja la adopción de tecnología para controlar y/o revertir estos procesos. Entre los factores que demoran la aplicación de prácticas se pueden mencionar (Kaimovitz, 1996):

- Por las externalidades, muchos beneficios no son para los productores.
- Se necesita más conocimientos y capacidad gerencial.
- Demanda más información y educación.
- La actividad privada puede promover prácticas comerciales que no respetan la conservación.

- Necesita un período largo de aplicación.
- Son de bajo impacto observable a corto plazo.
- Requieren manejos integrados en cuencas, paisajes o conjunto de fincas.

A lo mencionado, que es muy importante en algunas zonas, hay que agregar la necesidad de mayor dedicación para aplicar las prácticas de manejos conservacionistas, lo que no deja de ser un problema por el ausentismo en el campo, el manejo a distancia o implementación por contrato o administradores.

La disponibilidad de tecnología se ve reflejada en la producción agropecuaria de USA donde se duplicó la producción en 35 años, que representa un incremento anual de 1,8 por ciento de 1950 a 1985. Complementando lo mencionado, la intervención del estado en I y D puede estimular, favorecer, coordinar o realizar directamente acciones donde la tasa de retorno a la investigación agropecuaria es estimada en más del 20 por ciento por año. Por ello, tanto la visión económica como la productiva y conservacionista, por mencionarlas de alguna manera y en forma separada, justifica acciones estatales en algunas áreas como las aquí tratadas.

Los estímulos que pueden ser aplicados por los gobiernos para I y D en el sector privado para la sostenibilidad de los ecosistemas, según Alston y Pardez (1995) tendrían que lograr:

- Minimizar las distorsiones involucradas en la obtención de recursos para financiar I y D en el sector público.
- Aplicar criterios económicos para utilizar esos recursos con eficiencia.
- Promover decisiones descentralizadas cuando es posible aplicar eficaces mecanismos de incentivar.
- Minimizar la aplicación de criterios políticos en la toma de decisión.
- Minimizar gastos administrativos y burocráticos.

Según Panigatti y Viglizzo (1995) «existe una importante diversidad de temas que pueden ser estudiados como una consecuencia directa de los cam-

bios que ocurren en el uso de las tierras: evaluaciones de impacto ambiental, modificaciones de stock en algunos recursos naturales críticos, pérdida de biodiversidad, evolución del potencial erosivo de los suelos, cambios de la productividad de los suelos, etc. Todos ellos son elementos clave a la hora de diseñar estrategias sobre el uso agropecuario del territorio».

Ideas y propuestas como las enunciadas hay varias disponibles, también estudios, descripciones y diagnósticos como los realizados por CONICET (1989) y PROSA (1988), propuestas de acciones como la realizada por Kugler (1983).

Entidades, organizaciones o acuerdos nacionales e internacionales (MERCOSUR, PROCISUR) deberían utilizar su organización para impulsar la definición de políticas y sus consecuentes acciones sobre conservación y uso de los recursos naturales. Son numerosas las instituciones de investigación, experimentación y transferencia de tecnología, como así también las de índole gremial que agrupan a los productores agropecuarios, los que se pueden sumar y coordinar en este esfuerzo.

Si bien los objetivos de todas las instituciones no pueden ser totalmente coincidentes, se puede acordar sobre la implementación de proyectos regionales o internacionales de conservación de recursos naturales en general o suelos en particular.

Como fue mencionado existen medios importantes (tecnología) para alcanzar ese fin, pero se necesitan definiciones a los más altos niveles.

Afortunadamente las entidades que agrupan a los productores agropecuarios están evolucionando desde el exclusivo reclamo de ayuda gubernamental hacia la implementación de soluciones de auto o mutua ayuda. Es un paso positivo en la solución de problemas, la que será más integral y de mayor éxito cuando se aplique este enfoque a nivel internacional donde ocupe un lugar destacado la cooperación horizontal en base a programas nacionales que se integren entre países, principalmente los vecinos que poseen tantos intereses y fronteras comunes que cuidar y compartir.

Están dadas las condiciones para la implementación, que puede ser en forma simultánea a niveles de partidos, provincias, países, MERCOSUR,

aunque el mero sentido común hace pensar que un mínimo de coordinación es necesario.

Falta la decisión política, un presupuesto importante y continuidad para poner manos a la obra.

## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

- La conservación de los recursos naturales no debe ser vista, interpretada o enfocada de manera tal que se busque la solución con un solo instrumento, herramienta o práctica. La conservación debe ser vista como un modo de vida, un enfoque productivo-conservacionista, un proceso continuo para nosotros, nuestros coetáneos y quienes nos sucederán.
- La degradación de los suelos es de suma importancia y hasta dramática por su extensión, intensidad e irreversibilidad en los casos de erosión.
- Existen evaluaciones, diagnósticos, descripciones del estado de los suelos, su constitución, posibles causas de los procesos erosivos y estado de avance.
- La tecnología disponible ha permitido implementar manejos de suelos, cultivos y ecosistemas, tanto a nivel de parcelas, paisajes y cuencas, con éxito para la producción y conservación del recurso.
- Si bien en ciertas zonas es urgente la implementación de medidas de conservación de suelos, se deben enfocar las soluciones con una visión de manejo productivo sustentable de ecosistemas.
- El sector oficial debe ser el catalizador de acciones y responsable principal de investigación y experimentación pero necesita una fuerte interacción con la actividad privada para tener éxito en la implementación de medidas conservacionistas.
- Los técnicos y profesionales de la actividad privada deben ser los principales protagonistas en el diseño, planteo y ejecución de las obras para la conservación de suelos.
- La educación, concientización, motivación y transferencia de tecnología tiene que ser continua, intensa e instalada en toda la sociedad.

- Es necesario coordinar, completar, unificar la legislación nacional y provincial de suelos y otros recursos naturales.
- La legislación y campañas de implementación debe contemplar un sistema de estímulos económicos para la concreción de acciones.
- En las campañas de conservación como en la legislación, implementación de estímulos y otras actividades es fundamental incorporar a los municipios y organizaciones no gubernamentales.
- Hay información técnica suficiente pero faltan decisiones políticas para implementar acciones y soluciones.
- Organizaciones técnicas como PROCISUR, político-comerciales como MERCOSUR, convenios internacionales entre países, etc., permiten la búsqueda e implementación de soluciones en forma conjunta entre países.
- ² Para la implementación de acciones (Programas de Conservación de Suelos), las organizaciones mencionadas, con los Ministerios corresponsables y las Cancillerías, deberían buscar un marco político donde insertarlas para lograr continuidad y éxito.
- Es crítica la falta de administradores de la ciencia y la tecnología pero hay sobreoferta de administrativos de la escasez.

## LITERATURA CITADA

- ALSTON, J. and PARDEY, P.G. 1995. Revitalización de I y D. In: «Agricultural Policy Reform in the United States». Chapter 9: 238-278. Ed. D. A. Sumner. Washington, D.C. The AEI Press
- CLOQUELL, S.; GONELLA, M.; DENICOLA, M.; OSTOJIC, J.J. Y GONZÁLEZ, C. 1994. Percepción de los productores sobre la degradación del recurso suelo y la conducta de adopción de prácticas conservacionistas. RIA. 25 (1): 149-162.
- CONICET. 1989. Degradación de suelos por intensificación de la agricultura. INTA EEA Rafaela. Publ. Misc. Nº 47. 179p.
- FAETH, P. 1993. An economic framework for evaluating agricultural policy and the sustainability of production systems. Agric., Ecosystem and Environ. 46: 161-173. Elsevier Sci. Publishers B.V. Amsterdam
- FUSCHINI MEJIA, M.C. 1994. El agua de las llanuras. UNESCO-PHI. Montevideo. 59 p.
- KAIMOWITZ, D. 1996. La investigación sobre manejo de recursos naturales para fines productivos en América Latina. BID. Washington, D.C. Nº ENV. 104 62p.
- KUGLER, W.F. 1983. Conservación del suelo y del agua e inundaciones en la Cuenca del Plata. Operativo Paraguas. IDIA. Supl Nº 40. 111p.
- PANIGATTI, J.L. 1975. Molisoles del norte de la zona pampeana. III. Cambios debidos a diferentes manejos. RIA. Serie 3. XII (3): 129-143
- , 1984. Conservación del suelo en la Región Pampeana Húmeda. Conferencia Nacional Erosión y Conservación del Suelo y del Agua. Acad. Nac. Agron. y Vet. - INTA Buenos Aires. Publicado: INTA EERA Rafaela. Public Misc. Nº 37. 1985. 23p.
- , 1992. Las rotaciones agrícolas con pasturas en la pampa húmeda de Argentina. Rev. INIA. Inv. Agr. Nº 1. Tomo II: 215-225
- , 1995. Rol de los organismos de ciencia y tecnología en el diseño de estrategias sobre el uso del territorio. In: II Seminario Internacional sobre Desarrollo Agropecuario Sustentable. INTA-INDEC. Buenos Aires
- PROSA. 1988. El deterioro del Ambiente en la Argentina. Ed. FECIC. Buenos Aires. 497p.
- SAGyP. 1995. Programa Nacional de Conservación de la Tierra y el Agua. Buenos Aires. 24p.
- SAGyP-CFA. 1995. El Deterioro de las Tierras en la República Argentina. Alerta Amarillo. Buenos Aires. 287p.
- SECyT. 1996. Bases para la Discusión de una Política de Ciencia y Tecnología. Ministerio de Cultura y Educación. 154 p.
- SENIGAGLIESI, C. and FERRARI, M. 1993. Soil and crop response to alternative tillage practices. Int. Crop. Sci. I: 27-35
- SCOTTA, E. 1996. Erosión hídrica. Pérdidas entrerrianas. Campo y Tecnología. INTA V (25): 46-47.
- VEGA OLMOS, F. 1996. La Argentina debe cambiar la actitud creativa. La Nación 12/10/96.

## CAPÍTULO 7

# BIODIVERSIDAD: IMPORTANCIA, TENDENCIA Y ESTADO ACTUAL EN ALGUNOS ECOSISTEMAS DEL CONO SUR

---

TOMÁS SCHLICHTER  
MANUEL AGUILERA  
NEVER BONINO  
LEONARDO GALLO

---

# Biodiversidad: importancia, tendencia y estado actual en algunos ecosistemas del Cono Sur

Tomás Schlichter \*, Manuel Aguilera \*\*  
Never Bonino \*\*\* y Leonardo Gallo \*\*\*\*

## INTRODUCCIÓN

Según una definición muy difundida, la biodiversidad es la «variedad de la vida y sus procesos» (Keystone group, 1991). Según Smitinand (1994), la diversidad biológica es la «variación entre organismos y los complejos ecológicos en que ellos se encuentran». El mismo autor postula que se puede definir a la biodiversidad como el número de ítems diferentes y su importancia relativa. Siguiendo estas definiciones, se puede clasificar la biodiversidad en diferentes niveles jerárquicos (Mc Neely et al, 1990 Smitinand, 1994):

- Diversidad genética: se refiere a la variación genética dentro de una especie y/o población.
- Diversidad de especies: conjunto de organismos vivos.
- Diversidad de ecosistemas: es la variación de hábitats, de los organismos que viven en los mismos y de los procesos ecológicos en el planeta o un área de referencia.

En la acepción más generalizada, sin embargo, la biodiversidad se entiende como el conjunto de especies que habitan el planeta o algún lugar de interés. El reconocimiento de la existencia de al menos tres niveles jerárquicos, tiene como consecuencia la aplicación de estrategias distintas, sea para desarrollar

conocimientos, para diseñar e implementar prácticas de manejo o para realizar monitoreos.

En el caso de la diversidad genética, el conocimiento se genera a partir de estudios morfológicos o, a nivel más sofisticado, con marcadores moleculares, análisis con isoenzimas u otras técnicas de laboratorio. La estrategia de conservación «ex-situ» o «in situ» (o ambas) se deriva del conocimiento de la variación genética.

En el caso de la diversidad de especies, las disciplinas que encaran su estudio son la botánica y la ecología de poblaciones.

Para conocer la diversidad de ecosistemas se acude generalmente a la ecología del paisaje que incluye herramientas como la teledetección y los Sistemas de Información Geográficos y la ecología de sistemas.

Sin embargo, la realidad no es tan esquemática y, en la mayoría de los casos, el manejo adecuado de la biodiversidad requiere de conocimientos desarrollados a los tres niveles, aunque la jerarquía elegida sea la que requiera estudios más profundos. Esta necesidad de trabajar a los tres niveles ha sido denominada «enfoque pluralístico» por Noss (1991). Por ejemplo para conocer la diversidad genética de una especie vegetal es necesario reconocer primero las unidades de paisaje en que se encuentra, caracterizar a las mismas, determinar las especies con quien coexiste la especie en cuestión, y los factores abióticos que determinan su distribución, reconociendo posibles poblaciones diferenciadas, para luego profundizar en los estudios de la variación genética a lo largo de algún tipo de gradiente ambiental. La definición de las medidas necesarias para el uso sustentable de esta especie así como los programas de mejoramiento y de conservación que se elaboren debieran en consecuencia, incluir conocimientos generados a los tres niveles.

---

\* Ingeniero Agrónomo, PhD. en Ciencias Forestales, EEA Bariloche/INTA, Bariloche, Argentina.

\*\* Ingeniero Agrónomo, PhD., EEA San Luis/INTA Villa Mercedes, San Luis, Argentina.

\*\*\* Biólogo, MSc., EEA Bariloche/INTA, Bariloche, Argentina.

\*\*\*\* Ingeniero Forestal, PhD., en Ciencias Forestales, EEA Bariloche/INTA, Bariloche, Argentina.

## IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD

### *Relevancia ecológica*

En la Estrategia Mundial de Conservación (UICN, 1990) se menciona la posibilidad de mantener los rendimientos más altos posibles de manera compatible con el mantenimiento del potencial de la naturaleza para satisfacer las necesidades de generaciones presentes y futuras. Para ello es necesario conocer la influencia de la biodiversidad sobre varios procesos ecológicos.

Desde hace décadas, la ecología procura desentrañar la relación entre diversidad de especies y estabilidad. Esta preocupación estuvo influenciada posiblemente por las ciencias económicas, donde la relación entre diversificación (de inversiones o actividades) y estabilidad es aceptada sin mayor discusión. Sin embargo, el traslado de una ley o principio de una ciencia a otra ha demostrado no ser siempre posible. Entre otros aspectos, la misma idea de estabilidad no es muy asimilable entre las dos ciencias.

Cuando una empresa o persona debe más de lo que tiene o puede conseguir, se determina su quiebra económica. Sin embargo, no es tan fácil localizar los puntos de quiebre de un ecosistema o especie. En ecología se distinguió posteriormente la aptitud de un ecosistema para absorber disturbios sin modificar sus funciones más importantes (resistencia de la estabilidad) y la capacidad de retornar a la situación original luego de un disturbio (resiliencia de la estabilidad) (Holling 1973, Christensen et al, 1996)). Las funciones más importantes de los ecosistemas están relacionadas con los flujos de materia y energía que suceden en los mismos.

La relación teórica entre diversidad y estabilidad pareció derrumbarse cuando May (1974), postuló que los sistemas más simples con pocas especies eran más estables que los de alta diversidad específica. Paralelamente la mayoría de los ecólogos coincidió en caracterizar a las selvas tropicales húmedas, localizadas en ambientes de baja altitud las áreas de mayor biodiversidad, como «ecosistemas frágiles» (Lugo, 1995). Los avances teóricos que sucedieron, explicaban la alta biodiversidad de los ecosistemas tropicales húmedos como una consecuencia de la estabilidad del ambiente. (Perry, 1994) . Es decir se

invertía la causalidad y los patrones de diversidad reconocían causas inversas a lo que sucedía en la economía. La relación entre poca diversidad y estabilidad fue siempre difícil de aceptar por falta de evidencias empíricas. En ecosistemas de baja diversidad como el desierto patagónico existe información que demostraría la poca capacidad de recuperación de los mismos luego de un disturbio como el pastoreo (LUDEPA, 1993)

Como era de esperar de una ciencia en desarrollo como la ecología, nuevas evidencias empíricas volvieron a alterar su base teórica. La recurrencia de huracanes en los trópicos, especialmente el americano, en el cual se presenta la mayor diversidad, denuncia que estos ambientes no son estables. Por otro lado existen numerosas evidencias de que las masas selváticas del norte de Guatemala y sur de México corresponden a bosques secundarios y fueron disturbados severamente por los mayas como tierras de cultivo (Barrera et al 1977, Gómez Pompa 1987 a y b, citados por Lugo 1995).

Recientemente, algunos experimentos de larga duración demostraron una relación positiva entre estabilidad de pastizales y diversidad de especies. (Tilman y Downing, 1994). Estos autores encontraron que la resistencia a la sequía se incrementaba, a medida que el número de especies de un pastizal natural aumentaba. Más recientemente Tilman (1996) trabajando también en pastizales naturales encontró que si bien la estabilidad de un ecosistema en relación a la sequía aumenta con el número de especies, no pasa lo mismo a nivel de las poblaciones específicas. Estas muestran mayor fluctuación o inestabilidad, a medida que aumenta el número de especies. La variable a través de la cual investigaron estas relaciones fue la biomasa anual producida por el pastizal y por cada una de las especies que lo componen. La explicación a este comportamiento disímil se encuentra probablemente en las relaciones competitivas entre las especies.

Existen también algunas evidencias de relaciones entre la biodiversidad y la resiliencia. Para explicar esta relación, se acude a otro concepto como el de diversidad funcional (Vitousek y Hooper, 1993; Silver et al 1996). Según estos autores la diversidad funcional en ecosistemas forestales se verifica a nivel de los ciclos biogeoquímicos (ciclos de nutrientes y del agua) y la productividad primaria. Las funciones se pueden

cumplir a través de varios mecanismos en los cuales pueden participar en algunos casos las mismas especies.

En los ecosistemas tropicales, existiría una considerable redundancia de funciones debido a la gran diversidad. Es decir, la misma función podría ser ejecutada por varias especies. La presencia de disturbios de magnitud, que suelen disminuir notablemente la presencia de algunas especies, no tendría mayores consecuencias para el mantenimiento de las funciones mencionadas. Las especies remanentes podrían constituir vías alternativas a través de las cuales sería posible mantener las funciones de circulación de nutrientes y flujo de energía (Silver et al, 1996).

Algunas evidencias empíricas apoyan estos postulados. En 1989, el huracán «Juana» constituyó un disturbio muy severo para los bosques de Nicaragua. Según Boucher et al, (1990), los bosques nativos de pino, compuestos por pocas especies se vieron mucho más afectados que los bosques mixtos, con mayor diversidad. Por el contrario, en la Argentina, en bosques templados fríos, compuestos por muy pocas especies y dominados por *Nothofagus antarctica* (Ñire), la deforestación y conversión a sabana disminuyó notoriamente la mineralización de nitrógeno. En esa situación de baja diversidad, la disminución de la abundancia del componente arbóreo alteró una función esencial como la circulación de nutrientes (Schlichter et al, 1997).

Resulta evidente que es necesario un conocimiento más profundo para establecer de manera inequívoca las relaciones entre biodiversidad y estabilidad o resiliencia. Los resultados por ahora son sólo aplicables a las áreas y ecosistemas en que se realizaron las mediciones, y debido a la enorme heterogeneidad espacial que existe a nivel de paisaje o región, no es posible generalizarlos. En estos casos las investigaciones, además de cubrir un gran rango de variabilidad ambiental deben ser de largo plazo. Desgraciadamente, y equivocadamente, los fondos para este tipo de investigaciones no abundan y esta situación se deberá revertir, si se quiere llegar a conclusiones más definitivas acerca de la importancia ecológica de la biodiversidad.

En otro nivel jerárquico, el de la diversidad genética, parece haber menos discusión acerca de su relación positiva con la estabilidad. La base del mejoramiento

consiste en mantener la mayor variación genética posible. El mantenimiento de la diversidad genética hace posible tanto la obtención de resistencia a enfermedades o plagas, como el incremento de la productividad. Son muchos los ejemplos que vinculan baja diversidad genética con procesos catastróficos a nivel de cultivos agrícolas.

En 1846, una enfermedad fúngica destruyó la mitad de la producción de papa de Irlanda provocando hambruna y la emigración de una cuarta parte de la población. El mismo hongo se encuentra en los Andes sudamericanos, pero jamás se ha registrado un problema similar, debido probablemente a que en esta región se encuentra el centro de origen de esta especie y presenta en consecuencia una gran diversidad genética, que se refleja en la enorme gama de variedades que se cultivan (Salick y Merrick, 1990). Sin embargo, la mecanización y la comercialización requieren cada vez más de productos homogéneos, fácilmente cosechables y diferenciables en el mercado. Ello se logra generalmente a través de hibridación o clonación, y si no se toman precauciones como la conservación "ex-situ" (en bancos de germoplasma) y la conservación "in situ" (bajo las condiciones naturales, permitiendo la continuidad de procesos evolutivos), la disminución de la diversidad genética de especies vegetales de interés comercial puede amenazar en el mediano plazo la continuidad productiva.

### **Valor económico de la biodiversidad**

La estimación del valor económico de una especie se simplifica, si los productos derivados de la misma, como extractos medicinales, insecticidas, madera o frutos se comercializan en el mercado. Sin embargo, la mayoría de los científicos, conservacionistas o público en general, no estarían dispuestos a aceptar que aquellas especies o ecosistemas que no produzcan bienes con cotización conocida sean de valor nulo.

A nivel de ecosistema o de región es posible calcular un valor económico total de los recursos bióticos. Este valor incluye al de los bienes que se comercializan habitualmente aunque también se incluyen otros aspectos y valores. En la valuación económica los bienes mencionados anteriormente se incluyen dentro de la categoría conocida como **Valor de Uso Directo (VUD)**. Asimismo muchas funciones

de los ecosistemas, como el control de la erosión y escorrentía o la contribución al mantenimiento de funciones esenciales, como los ciclos de nutrientes y flujos de energía, pueden contribuir con economías externas. En un área forestada la cobertura arbórea contribuye a regular el flujo y si en la cuenca existe algún embalse con generadores de energía es posible calcular el valor de los bosques de esa área. En este caso, las funciones ecológicas poseen un **Valor de Uso Indirecto (VUI)**. Existen recursos para los cuales no se conoce un uso actual pero a los cuales mucha gente o instituciones desean preservar, y pagan por ello, debido al uso potencial que de ellos se pudiera hacer en el futuro. Esta situación generalmente se relaciona con la expectativa de descubrir nuevos principios químicos con características medicinales. En este caso, las especies o regiones a conservar tienen un **Valor de Opción (VO)**. Por último es cada vez más frecuente que se destinen fondos para conservar elementos de la biodiversidad, pero sin expectativa alguna de hacer uso de ellos. Mucha gente contribuye con la conservación de las ballenas aunque no tenga intención de siquiera verlas algún día. En este caso nos referimos a un **Valor de Existencia (VE)**. El Valor de Opción es un **Valor de Uso (VU)** (al igual que el Valor de Uso Directo) debido a que cualquier contribución económica que se realice para su conservación se hace con el propósito de un uso futuro, sea por parte de la actual generación o por generaciones futuras. El Valor de Existencia en cambio, es un **Valor de No Uso (VNU)**

El **Valor Económico Total (VET)** de un ecosistema o región (o grupo de especies) se puede calcular de la siguiente manera:

$$VET = VU + VNU$$

ó

$$VET = VUD + VO + VE \quad (\text{Pearce y Moran, 1994})$$

Según Perrings (1994), la biodiversidad brinda opciones de desarrollo tanto por la producción de Valores de Uso Directo, como por los Valores Indirectos que surgen de su contribución a la estabilidad y resiliencia de ecosistemas.

La diversidad genética tiene un Valor de Opción elevado para la mayoría de las especies vegetales cultivadas. Esto se puede verificar a través de los fondos que destinan los centros internacionales y nacionales de investigación agraria para conservar la

variación genética, para su uso posterior en actividades de mejoramiento genético. Se ha calculado los beneficios en mejoramiento genético y adopción del material mejorado en varias oportunidades. Sin embargo, estos beneficios son parte de una función de producción en la cual la diversidad genética participa junto con la investigación (Pearce y Moran, 1994). En consecuencia es difícil conocer el valor neto de la diversidad genética a partir del incremento en la producción (o resistencia a plagas), obtenido como producto de la investigación y el mejoramiento.

A las especies silvestres es un tanto más difícil adjudicarles un Valor de Opción. Algunos opinan que es más probable obtener productos medicinales a partir de técnicas basadas en la biología molecular y biotecnología aplicadas a microorganismos. Sin embargo, el convenio entre la compañía farmacéutica Merck y el Instituto de Biodiversidad (INBIO) de Costa Rica para la exploración de principios activos de interés a partir de la biodiversidad de ese país, parece demostrar lo contrario (Laird, 1993). Según Principe (1989), los pasos más importantes en el desarrollo de fármacos corresponden a los que se realizan para la identificación de las estructuras químicas requeridas para lograr cierto efecto. Estas etapas son mucho más difíciles a partir de microorganismos que utilizando material genético de plantas. Por otro lado, el mismo autor señala que la mayoría de los productos químicos originados en plantas no han podido ser elaborados sintéticamente.

El Valor de Existencia depende en gran medida de valores éticos y éstos a su vez dependen en gran medida, al igual que el Valor de Opción del conocimiento, ya sea de la posible utilidad o del grado de amenaza en que se encuentran ciertas especies o ecosistemas. En esto, no difiere de los valores de mercado para los cuales se parte del supuesto que todos poseen igual información acerca de las propiedades que hacen subir o bajar una cotización (calidad, escasez, etc). A pesar de que estos presupuestos no se cumplen en los mercados, la valuación de la biodiversidad presenta más limitaciones, porque la sociedad conoce mucho más acerca de las bondades de un modelo de automóvil o de un título accionario que de las propiedades de las plantas silvestres o insectos. Sin embargo, el creciente interés por la biodiversidad, va acompañado aparentemente por un aumento en el conocimiento de su importancia, estado de conservación, distribución y otras propiedades,

lo que se verifica a través de la creciente disposición a pagar para conservar este atributo.

## **DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA BIODIVERSIDAD.**

En los últimos años se ha demostrado que la biodiversidad está directamente relacionada con la precipitación y la temperatura. En latitudes y altitudes bajas, en lugares con alta precipitación, se encuentra la mayor biodiversidad. Por el contrario, en las zonas más frías y secas la diversidad biológica tiende a ser menor. Por ello es que se encuentra mayor biodiversidad en los bosques tropicales que en los templados (Lugo, 1996). Según el mismo autor la superficie de las islas y su proximidad a continentes determina en gran medida la cantidad de especies que habitan en ellas.

Por otro lado, los paisajes no tienen una distribución uniforme de la biodiversidad. Con frecuencia se presentan «bolsones» de alta biodiversidad en un paisaje en el que predomina una baja cantidad de especies. En muchos casos estos «bolsones» coinciden con zonas ecotonaes o de transición entre dos ecosistemas o tipos de vegetación. Se ha postulado que en suelos fértiles, algunas especies tienden a aprovechar con más eficiencia los recursos logrando constituirse en dominantes.

La otra cara de la dominancia es la supresión de especies y debido a ello la biodiversidad en áreas de alta fertilidad sería menor que en suelos infértiles (a igualdad de otras condiciones). En la mayoría de los trópicos húmedos, los suelos han sido sometidos a procesos muy intensivos de meteorización y lavado de nutrientes generándose una situación de baja fertilidad edáfica. Bajo estas condiciones, es difícil que unas pocas especies dominen los ecosistemas y consecuentemente la diversidad biológica es mayor (Huston, 1993). Los huracanes, frecuentes en el trópico, contribuirían de la misma manera, interrumpiendo recurrentemente el establecimiento de dominancia. Si bien estas explicaciones son consistentes con el patrón de distribución de biodiversidad de plantas a nivel del planeta, no se basan en evidencias directas y no se conoce adecuadamente las razones del patrón de distribución geográfica de la biodiversidad (Rosenzweig, 1995).

Por otro lado, la distribución de diversidad biológica vegetal no coincide con la de los mamíferos. Estos

presentan mayor riqueza específica en los biomas tropicales semiáridos (Mares, 1929). Es común, por otro lado, que no exista correlación espacial entre la distribución de grupos distintos de especies y, en algunas oportunidades, la correlación puede ser negativa (Pimm, 1995).

## **CAMBIOS EN LA BIODIVERSIDAD**

De acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 1994), desde el año 1600 se han extinguido 484 especies de animales y 654 especies de plantas. Los estudios basados en restos fósiles han demostrado que la disminución en vertebrados y plantas resultó ser 500 a 1000 veces mayor de lo que se hubiera esperado debido a razones naturales (no forzadas por el ser humano). Si se analizan restos que datan de 2000 años, la pérdida estimada en aves supera también entre 500 a mil veces la esperada.

La pérdida de hábitat y su fragmentación está considerada como la causa más importante de la pérdida de biodiversidad. Tilman et al (1994) han documentado una «deuda de extinción». Una pérdida de hábitat tiene un impacto en la tasa de extinción que depende del área que ha sido destruida previamente. Una pérdida del dos por ciento de un hábitat resultará de mayor impacto en la biodiversidad de especies y genética si previamente la destrucción ha alcanzado un 80 por ciento del hábitat, que si la misma ha afectado sólo un 10 por ciento.

La deuda de extinción debido a la destrucción de hábitats podría tener como consecuencia la extinción de algunas especies consideradas como competidoras exitosas, es decir de aquellas que usan con mayor eficiencia los recursos, y que por lo tanto son responsables en gran medida de la capacidad funcional de los ecosistemas. Como resultado, los ecosistemas perderían la capacidad de recuperación de sus funciones como productividad, ciclaje de nutrientes etc., lo cual disminuiría su capacidad de producir bienes y servicios útiles para el ser humano.

Aún estamos muy lejos de saber el número total de especies que habitan el planeta. Existen grandes diferencias entre el número de especies descritas y las estimadas. Las incertidumbres mayores corresponden a los grupos taxonómicos como el de los insectos, en los cuales la biodiversidad es mayor. Se

conocen y han sido descritas alrededor de un millón de especies de insectos. Sin embargo, se estima que su número total puede ubicarse en una magnitud ubicada entre  $10^7$  y  $10^8$  especies. Es decir que la incertidumbre alcanza un orden de magnitud. En cambio la riqueza específica de aves se ubica en cualquier lugar entre las 8.500 y 9.500 especies (Pimm et al, 1995). El número de plantas se calcula en 250.000 especies y se ha estimado que existen seis especies de hongos por cada especie de planta (Pimm et al, 1995).

La distribución de la extinción no es uniforme y, como se ha mencionado, depende en gran medida de la destrucción de hábitats. Según MacArthur y Wilson (1967) se puede estimar el número de especies según la siguiente relación:  $S = cA^z$ , en donde «S» es el número de especies estimada en el área «A» y «c» y «z» son constantes. Sin embargo, si la tasa fuese proporcional a la destrucción de hábitats, la pérdida de especies sería mucho mayor de lo que realmente ha sucedido. Probablemente la relación, deforestación-pérdida de especies ha omitido el hecho de que las extinciones se producen en mayor medida en aquellas especies endémicas de ciertos ecosistemas. Las especies con una distribución espacial amplia son capaces de soportar pérdida de hábitat y seguir existiendo. Es por ello que la deforestación de los bosques del este de Estados Unidos a partir de la colonización, que alcanzó al 95 por ciento de su superficie, produjo una pérdida de aves mucho menor a lo previsto. Ello se debe a que esa región posee pocos endemismos. En consecuencia es difícil realizar predicciones acerca de la pérdida de especies a partir de la deforestación (o destrucción de cualquier otro ecosistema).

Es probable que la destrucción de hábitats produzca en muchos casos disminución de la biodiversidad al nivel de la variación genética dentro de especies o poblaciones, lo cual generalmente no se detecta por la complejidad de su medición. En los ecosistemas tropicales, en los cuales se encuentran las dos terceras partes de las especies del mundo, es mayor la existencia de endemismos, por lo que las estimaciones basadas en destrucción de hábitat podrían predecir bastante bien la tasa de extinción (Pimm et al 1995). Sin embargo, aún resta conocer mucho más acerca de la distribución de endemismos para establecer estimaciones más precisas de las extinciones que se pueden producir en el futuro.

## CAUSAS DE LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

Como se ha mencionado, la conversión de ecosistemas naturales, en especial bosques tropicales, a campos de cultivo o pastizales es la principal razón de la pérdida de biodiversidad a cualquiera de los tres niveles jerárquicos mencionados. Si se quiere controlar y/o revertir estos procesos es conveniente hurgar en las posibles causas de estas destrucciones de hábitat.

La razón más importante es que los costos y beneficios privados y sociales de la conservación no son similares (Dixon y Sherman, 1990, Perrings y Pearce, 1992). Los beneficios y costos sociales, o sea los que afectan a la sociedad en su conjunto pueden ser frecuentemente contradictorios con el interés privado. Se han señalado tres grupos de causas principales de divergencia entre interés privado y social (Pearce y Moran, 1994): las fallas de mercado, las fallas de intervención o regulación y las fallas de apropiación de los beneficios de la biodiversidad.

Las fallas de mercado se deben a que éste considera solamente los intereses privados. El mercado no otorga incentivo alguno para que el sector privado conserve la biodiversidad. Esta situación puede cambiar a medida que el mercado otorgue más valor a los productos obtenidos en base a un manejo sustentable de los ecosistemas.

Las fallas en la intervención estatal o regulación ocurren cuando los gobiernos desean evitar daños a la naturaleza o disminuir el nivel de alguna externalidad. Sin embargo, en nuestra historia reciente las intervenciones fueron en forma de subsidios (o exenciones impositivas) que fomentaban la deforestación para poner en producción agrícola o ganadera zonas denominadas «marginales» o la continuidad de prácticas de manejo inadecuadas.

El problema de la falla de apropiación, se debe a que la conservación de la biodiversidad, produce un beneficio global para la sociedad. Sin embargo, los países o particulares que hacen los esfuerzos de conservación, no se ven retribuidos de manera proporcional a los beneficios que producen. Ello a su vez también puede reflejar el hecho de que los beneficios de la conservación en muchos casos son potenciales y la sociedad no está dispuesta a pagar ahora por un bien o servicio que recibirá en un futuro incierto. Entre los problemas de apropiación, sigue siendo un punto conflictivo la forma en que se distribuyen los benefi-

cios de algún descubrimiento que produzca ingresos comerciales. El conflicto se plantea entre el país que posee la biodiversidad y que invierte en su conservación y la empresa que descubrió sus propiedades y elabora el producto comercial. El convenio Merck-INBIO mencionado anteriormente parece ser el primer paso de un proceso de negociación entre ambas partes.

En la actualidad existen iniciativas para revertir estas fallas como el fondo conocido como GEF (Fondos Ambientales Globales, Banco Mundial). Todavía parece prematuro realizar una evaluación para conocer la eficacia de ésta y otras iniciativas tendientes a la conservación de la biodiversidad.

Solamente la toma de conciencia acerca de la importancia de la biodiversidad puede resultar en medidas efectivas para compatibilizar conservación y producción. Esta conciencia se debiera reflejar en políticas y medidas que tiendan a subsanar los tres grupos de razones económicas que fomentan el manejo inadecuado de los recursos naturales. Mucho se ha avanzado y más allá de las lógicas suspicacias y pesimismo, eventos como la Cumbre de Río en 1992 y la vigencia de tratados como la Convención de la Biodiversidad parecen indicar un rumbo más optimista. Aproximadamente 150 países han ratificado la Convención por lo que la misma constituye el tratado internacional que ha demostrado más rápida adhesión en la historia. (McNeely, 1996). Queda ahora en manos de cada país la instrumentación de medidas que transformen esta declaración de buena voluntad en hechos que reviertan la tendencia histórica.

## MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD

El manejo de los recursos naturales con el objetivo de mantener o incrementar la producción al mismo tiempo que se conserva la biodiversidad, requiere de un enfoque distinto al actual. En los últimos tiempos ha ganado popularidad el término «manejo de ecosistemas» (Heissenbuttel, 1996). Se entiende de esta manera un manejo que tenga en cuenta las funciones de los ecosistemas y la totalidad de los organismos que lo componen, así como las características de los factores abióticos. Se pasa de un objetivo como es el de incrementar la extracción o la productividad de uno o dos productos de valor comercial, a considerar la integridad del ecosistema. El ser humano se considera como parte del ecosistema y el

manejo del mismo debe tender a la satisfacción de sus necesidades. Por supuesto, dependiendo de posiciones personales, el ser humano adquiere mayor o menor importancia dentro del ecosistema. Por ahora no parece que se haya avanzado mucho en la implementación a campo de este concepto. Probablemente ello se deba a que es necesario precisar mucho más algunos aspectos que parecen un poco ambiguos (Christensen et al, 1996) y que el manejo de ecosistemas es seguramente específico a cada sitio, teniendo en cuenta no sólo aspectos ambientales sino, y fundamentalmente, los económico - sociales.

El manejo de la biodiversidad requiere de conocimientos que deben ser generados a los tres niveles jerárquicos mencionados en la sección introductoria. Sin embargo, es imposible lograr todos estos conocimientos en tiempos compatibles con la paciencia de la sociedad, especialmente la de los potenciales usuarios de la biodiversidad. Se impone en consecuencia un proceso de toma de decisiones basado en lo que se ha dado en llamar el **manejo adaptativo** (Lee, 1993). En este proceso se comienza a manejar la biodiversidad al nivel jerárquico elegido, planteando las hipótesis de impacto que será necesario medir y verificar para proponer posteriormente modificaciones en el manejo.

El manejo adaptativo se diferencia claramente del proceso conocido como «prueba - error», que ha guiado consciente o inconscientemente nuestras acciones en muchas oportunidades. El manejo adaptativo se plantea en un ambiente de incertidumbre, es decir cuando existen conocimientos, pero ellos no son suficientes para anticipar la intensidad de un impacto. La «prueba - error» por el contrario se plantea en situaciones de ausencia de conocimientos, es decir de ignorancia.

Además del manejo adaptativo, Lee (1993) propone que otro ingrediente fundamental es el del **conflicto limitado**. El conflicto es necesario para que el conjunto de personas e instituciones involucrados en el manejo detecten los errores y tiendan a corregirlos.

Cada vez es más frecuente que las ONGs sean las que denuncien a las instituciones por lo que ellos consideran fallas en la toma de decisiones acerca del manejo de los recursos naturales. Es frecuente que dentro del sector científico se desestime las denuncias de las ONGs por considerar que están basadas en escasa evidencia y que obedecen a factores más

bien afectivos. Esto bien puede ser cierto, pero de lo que no cabe duda es que el movimiento ambientalista es responsable en gran medida por el creciente involucramiento de la sociedad en la protección de la biodiversidad.

Asimismo, la presión que estos grupos ejercen sobre los gobiernos y los particulares ha resultado eficaz para modificar decisiones que afectaban a algunas especies en particular. Los conflictos que se plantean son naturales en un sistema democrático y generalmente involucran al sector privado, interesado en obtener ganancias, al sector público que debe tomar decisiones y que está obligado a caminar por el filo de la cornisa, al sector científico al que se le exigen posiciones claras y generación más rápida de pautas para la toma de decisiones y a las ONGs interesadas en la conservación. El diálogo entre estos sectores no siempre es fácil, pero, aparentemente, es un camino necesario junto con el manejo adaptativo para mejorar la gestión de los ecosistemas (Radosevich, S. 1996, comunicación personal).

Ambos procesos, el manejo adaptativo y el conflicto limitado resultan en el «aprendizaje social» (Lee, 1993). Es la sociedad la responsable por el manejo de los recursos naturales, por ello es necesario cierto grado de conflicto que produzca cambios en las instituciones (aprendizaje institucional) y jerarquice los problemas de modo de que las decisiones se vayan tomando cada vez más en base a información científica y compartida por los actores involucrados.

Posiblemente este enfoque sea más caro y más lento, debido a los costos y al tiempo que implica la generación de información. Sin embargo es el único proceso que, en una sociedad democrática, puede lograr el consenso entre grupos de interés frecuentemente enfrentados, con respecto al presente y futuro de la biodiversidad.

## DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN EN ECOSISTEMAS SELECCIONADOS DE CADA PAÍS

En cada uno de los países del Cono Sur, la biodiversidad se ha visto afectada a todos los niveles. La extensión y la intensidad de la pérdida de biodiversidad ha dependido de procesos complejos. En la sección que sigue se presentan sólo algunos ejemplos de degradación y uso de la biodiversidad.

Asimismo los procesos que han conducido a la situación actual se exponen de manera muy sintética.

### Flora

#### Argentina.

##### a) Bosques

Se estima que en Argentina la pérdida en superficie boscosa en los últimos 80 años asciende a unos 66 millones de ha (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano, 1992). El principal ecosistema forestal afectado ha sido el de los Bosques Chaqueños, siguiéndole la Selva Paranaense, las Yungas y el Monte (Burkart et al, 1996). A nivel de especies, en el Chaco, las dos especies de quebrachos colorado (*Schinopsis* spp.) han sido los más explotados. En la Selva Misionera (correspondiente a la Selva Paranaense) se han visto afectadas las especies «de ley» como el cedro (*Cedrela fissilis*). El proceso en las Yungas ha sido similar al de la Selva Misionera pero la extensión de la degradación ha sido menor.

La utilización de madera rolliza de especies forestales nativas ha disminuido en la última década, mientras que aumentó considerablemente la de exóticas implantadas.

Existen pocos bosques que no hayan sido intervenidos alguna vez y/o con presencia de ganado. La mayor proporción de éstos se encuentra en los Bosques Andino-Patagónicos debido a la temprana creación de los parques nacionales, la inaccesibilidad de algunas masas boscosas y la escasa presión antrópica.

Una causa muy frecuente del deterioro es la explotación selectiva seguida de explotación secundaria del remanente. Se inicia con un aprovechamiento selectivo desordenado seguido de la introducción de ganado. Luego se aprovechan especies secundarias para poste, leña y carbón. A lo largo del siglo este proceso se repitió con los diferentes ciclos de demanda del mercado: ciclo del tanino en el Chaco húmedo, durmientes, leña y postes en el Chaco seco y el Espinal pampeano, maderas «de ley» en la Selva Misionera y las Yungas. Al finalizar cada ciclo la población trabajadora queda en el lugar realizando una ganadería y agricultura de subsistencia y agravando el deterioro del bosque remanente. El proceso

de la ganadería de monte es mucho más perjudicial en bosques secos y en áreas con pendientes como ocurre en el Chaco seco y en la Selva montana de las Yungas (Burkart et al, 1996).

La explotación maderera seguida de desmonte para uso agrícola o ganadero ha sido otra de las causas de degradación del bosque. En este aspecto se distinguen dos grupos sociales bien diferenciados: campesinos sin tierras y pequeños colonos y empresarios agropecuarios. Los pequeños campesinos comienzan aprovechando las maderas de valor y desmontan pequeñas superficies para autoconsumo que luego aumentan en una segunda etapa para incorporarse al mercado. En la Selva Misionera se estiman entre 5 a 10 mil ha/año las que se desmontan en este proceso. En el Chaco húmedo afectó en el pasado a unas 500.000 ha. Grandes empresarios que cultivan granos y oleaginosas para el mercado internacional o ganadería comercial, concentrados en espacio y tiempo han desmontado por ejemplo en Umbral al Chaco, el borde occidental del Chaco seco, 1,7 millones de ha en 20 años (Reborati, 1992, Burkart et al, 1996).

La extracción selectiva en la Selva Misionera seguida de descanso forestal muestra que la regeneración de las especies forestales comerciales disminuye considerablemente.

#### b) Pastizales

Con respecto a los ecosistemas de pastizal, la Región Pampeana presenta tanto un grado de conversión considerable como un uso importante de la biodiversidad con fines productivos en los ecosistemas naturales remanentes, a partir de la cría de ganado vacuno. Es, junto con la Selva Paranaense, el ecosistema con mayor proporción y pérdida de naturalidad del Cono Sur. Debido al uso agrícola, los remanentes nativos son pequeños y muy fragmentados, en general con niveles de degradación severos, por invasión de malezas exóticas, pastoreo e incendios. Los pastizales naturales se convirtieron en tierras de uso agrícola para cereales y oleaginosas o se reemplazaron por pasturas de alta productividad forrajera compuestas en su mayoría por especies exóticas. El pastoreo extensivo, debido a la selectividad del mismo contribuye negativamente a la conservación de la biodiversidad a nivel de especies y de variación genética intraespecífica. Se debería considerar de manera prioritaria la conservación de los

ecosistemas de pastizal natural remanentes tanto a través del fomento del manejo sustentable como del establecimiento de áreas protegidas.

En la Patagonia, ubicada en la porción sur del continente, la producción de lana se basa casi en su totalidad en el uso de la biodiversidad nativa. En la actualidad se presenta un proceso de desertificación a gran escala debido al sobrepastoreo o pastoreo extensivo con muy bajo nivel de inversión. La combinación del sobrepastoreo con episodios catastróficos como grandes sequías determinan un avance más notorio de este proceso. Aunque no existen datos acerca del estado de los ecosistemas antes de la llegada de la ganadería ovina es evidente el impacto de la misma sobre la vegetación (Soriano et al, 1983). La selectividad del pastoreo extensivo determina que las especies preferidas hayan disminuido su cobertura de una manera considerable.

Es necesario establecer áreas protegidas en los diversos ecosistemas de la estepa y promocionar la restauración de ecosistemas degradados donde ello sea posible. La región presenta posibilidades de riego y de forestación en secano. Ambas actividades podrían contribuir a la disminución de la presión sobre los pastizales aumentando la producción física y económica.

#### Bolivia.

El bosque nativo ocupa, con 56 millones de ha, el 51 por ciento de la superficie del país. Es el octavo país del mundo en cuanto a superficie boscosa. En los últimos 16 años se perdieron 11 millones de ha. La deforestación anual actual se estima en unas 200.000 ha. Posee tres tipos de bosques: tropicales, subtropicales y templados. La mayoría de los bosques tropicales corresponden a la formación del Amazonas en tanto que los subtropicales y templados se ubican en las laderas orientales de los Andes.

La principal causa de la deforestación es la apertura del bosque para agricultura y labranza y las recientes grandes explotaciones de empresas internacionales. La especie más amenazada es el quebracho colorado (*Schinopsis quebracho-colorado*) en la región del Chaco boliviano.

Un nueve por ciento del país corresponde a áreas protegidas y la región más afectada es la andina, en

donde se concentra la mayor parte de la población. Como en otros países se ha realizado una fuerte extracción selectiva y se han desmontado grandes superficies para dedicarlas a la agricultura. Actualmente existen graves problemas de erosión de áreas abandonadas irrecuperables.

En el altiplano a la fuerte extracción de especies subarbóreas y arbustivas para leña se suma la grave erosión causada por el ganado vacuno, ovino y caprino. Esto ha originado la aparición de grandes áreas con médanos.

### Brasil:

#### a) Bosques del sur del Brasil

Las formaciones boscosas ubicadas al sur del país incluyen a la Selva Paranaense. Algunos tipos forestales de esta selva se extienden hacia el este de Paraguay y el norte de Argentina. (Hueck, 1978).

Los estados del sur del Brasil, Santa Catarina, Río Grande do Sul y Paraná estaban originalmente cubiertos en un 60 por ciento por bosques nativos. En la actualidad la cobertura boscosa alcanza sólo el ocho por ciento. (dos Santos y Milano, 1996) Uno de los ejemplos más dramáticos de la involución de los bosques nativos lo constituye la disminución del Bosque Mixto del sur, en donde se encuentra el pino paraná, que originalmente ocupaba más de 17 millones de hectáreas habiendo disminuido su superficie a aproximadamente 500.000 ha en la actualidad.

Las principales razones que determinaron la modificación de la cobertura originaria son:

1. Expansión de la frontera agrícola (la razón más importante).
2. Deforestación con extracción selectiva.
3. Plantación de bosques basados en especies exóticas en especial *Pinus spp* y *Eucalyptus spp* sobre tierras ocupadas por bosques primarios.

La región más apta para la producción agropecuaria o forestal intensiva se ubica en esta porción del Brasil. Ello, junto con la falta de mecanismos de planificación del uso de la tierra, puede explicar la deforestación a que se ha visto sometida la región desde casi principios de siglo.

Las principales tipos forestales de bosque del sur del Brasil son el Bosque Atlántico (bosque denso), el Bosque de *Araucaria* y los Bosques Semidecídus y Decídus. Incluyen especies como : *Ocotea catharinensi* (canela preta), *Euterpe edulis* (palmiteiro o palmito), *Virola oleifera* (bicuibá), *Aspidosperma olivaceum* (peroba vermelha), *Araucaria angustifolia* (pinheiro do paraná o pino paraná), *Ocotea porosa* (imbuia), *Nectandra megapotamica* (canela preta), *Ilex paraguayensis* (rbol de la yerba mate), *Aspidosperma polineuron* (peroba rosa), *Tabebuia avellaneda* (lapacho), *Balfourodendron riedelianum* (pau marfim), *Cordia trichotoma* (louro - pardo o petirib), *Parapiptadenia rigida* (angico vermelho), *Peltophorum dubium* (caafistula), *Cedrela fissilis* (cedro).

Se estima que en la actualidad sólo queda un remanente del 12 por ciento de las 36.000.000 ha que ocupaban estas formaciones. La degradación, a través de la tala rasa con reemplazo y la extracción selectiva, comprende todos los niveles jerárquicos que se presentan en la sección introductoria.

La legislación promulgada en 1965 obliga a mantener franjas en las márgenes de cursos de agua, impide la deforestación en zonas de altitud superior a los 1.800 m y en áreas de pendientes empinadas, así como en bosques «entre mareas» como los manglares. Por otro lado, cada propiedad debe mantener un 20 por ciento del bosque admitiendo en esas porciones, extracciones mediante, la presentación de un plan de manejo. Asimismo se han creado algunas áreas protegidas. Sin embargo, debido a la gran pérdida ya ocurrida estas áreas que totalizan casi 1.000.000 de ha, contribuyen tardíamente y de manera exigua a la conservación de la biodiversidad.

Existe consenso de que a pesar de que la legislación es de avanzada, las normas se cumplen de una manera parcial. Seguramente la debilidad de los Estados y la falta de articulación entre el sector productivo y las instituciones que velan por la conservación conspiran contra la aplicación correcta de las leyes.

#### b) Pantanal

El Pantanal es uno de los complejos de humedales más extensos del mundo. Según Dinerstein et al (1995), su estado de conservación puede caracterizarse como vulnerable. Dichos autores, que elaboraron un informe sobre el estado de conservación de

ecosistemas le asignan máxima prioridad de conservación a nivel regional, debido a su unicidad y vulnerabilidad. El Pantanal está constituido por un mosaico de pastizales inundables, sabanas, bosques en galería y bosques secos. La diversidad de los gradientes de comunidades es elevadísima. Es un centro de inmensas congregaciones estacionales de aves acuáticas. La inundación estacional del 80 por ciento del territorio ayuda a aminorar la amplitud y frecuencia de inundaciones en la cuenca del Sistema Paraguay-Paraná. La implementación de proyectos hídricos que no contemplen su conservación pueden tener consecuencias extrarregionales.

### Chile.

#### a) Bosques del sur

En Chile las principales causas de la pérdida del bosque nativo y de su alteración han sido la habilitación de tierras agrícolas durante la colonización y actualmente la implantación de masas forestales de pinos y eucaliptos. Se estima que la deforestación anual es de 120.000 ha, lo que implica no sólo la pérdida de biodiversidad sino que, además, determina graves consecuencias que se manifiestan posteriormente. Entre éstas se encuentra la disminución de la función de regulación hídrica de la cuenca hidrográfica. Esta disminución de la regulación se verifica también durante los primeros años posteriores a la implantación de bosques industriales. La sustitución del bosque nativo posee además un gran impacto social ya que va acompañada por la migración de la población hacia las ciudades con todos los problemas que ello implica. El uso principal que se le está dando actualmente a la madera de especies nativas es para la fabricación de astillas (2 millones de m<sup>3</sup> por año), que en un 90 por ciento se exportan a Japón.

Otras causas de la pérdida del bosque nativo son los incendios de origen antrópico que consumen unas 20.000 ha por año y los requerimientos de energía de la población rural.

Los bosques más afectados son los ubicados en el centro-sur del país y existen dos especies forestales que se hallan legalmente protegidas desde 1976, aunque no se ha controlado eficientemente la aplicación de esta ley: *Araucaria araucana* «Pehuén» y *Fitzroya cupressoides* «Alerce».

Si bien las áreas protegidas en Chile cubren una parte importante del territorio (18%) es muy poco lo que incluyen de bosque y la mayoría de éste corresponde al sur del país con una baja presión antrópica y diversidad específica. Es decir, no existe una buena distribución de esas áreas protegidas en base a criterios de conservación de la biodiversidad. Se han determinado 11 especies de la flora en peligro de extinción. Entre las cuales se cuentan seis arbóreas (Libro rojo de la flora terrestre de Chile, 1989).

#### b) Matorrales

Otros ecosistemas fuertemente impactados en Chile son los matorrales del secano interior. Estos ecosistemas cubren una extensión de aproximadamente 2.000.000 ha.

La agricultura ha reemplazado una parte importante de la vegetación original y, en los últimos años la forestación con especies exóticas como *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp. ha contribuido a la disminución de la vegetación original (INIA, 1996). La productividad de la agricultura está disminuyendo debido a la degradación de los suelos. Existen, sin embargo, alternativas de producción sustentable que incluyen los sistemas silvopastoriles, incluyendo especies nativas en los mismos (INIA, 1996).

### Paraguay

Las dos formaciones más importantes del Paraguay son:

- 1- Bosque húmedo Oriental.
- 2- Bosque Seco Chaqueño.

#### 1) Bosque Húmedo Oriental

Estas formaciones son muy similares en su estructura a las del sur del Brasil y pertenecen a la Selva Paranaense.

Las tasas de deforestación son las más altas de América del Sur y una de las más elevadas de América Latina. La tendencia es creciente. Así entre 1945 y 1985 se deforestó a una tasa promedio de 123.000 ha por año. Entre 1985 y 1991 esta tasa

umentó a 300.000 ha anuales (Pizano et al, 1996). Los bosques cubrían originalmente un 60 por ciento de esta región mientras que en la actualidad se estima una cobertura de sólo el 10 por ciento. Los departamentos más deforestados corresponden a los ubicados cerca de la frontera con Brasil y Argentina. El 97 por ciento de la población del país se concentra en esta región lo que explica en parte los procesos de deforestación. La principal razón de este proceso es la conversión de tierras a la ganadería y agricultura, y sólo un 10 por ciento de la deforestación en esta región se destina para leña. En algunos casos la tala rasa o la eliminación de la vegetación leñosa se realiza para asegurar la propiedad de la tierra pues se tiende a considerar la tierra «limpia» como una mejora.

A pesar de que en los últimos años la exportación de madera ha crecido en volumen, el valor exportado ha caído, posiblemente debido a la disminución en la abundancia y calidad de las especies de mayor valor comercial, indicando una pérdida genética importante a nivel de algunas especies.

## 2) Bosque Chaqueño

En comparación con la región oriental, el Chaco presenta una situación mejor en cuanto a cobertura de bosques, aunque últimamente se están estableciendo fincas ganaderas en las zonas fronterizas con Brasil. Al igual que en Argentina se ha extraído gran cantidad de quebracho colorado destinado a la producción de taninos.

En ambas formaciones, la forma predominante de explotación forestal ha sido la de extracción selectiva.

A pesar de que existe un marco institucional que se va adecuando progresivamente a las necesidades de conservación y hay normas que restringen la tala indiscriminada, la tendencia a deforestar no parece detenerse y por el contrario, en los últimos años se ha incrementado.

La legislación impone una serie de regulaciones. Entre ellas se destaca la obligatoriedad de dejar un 25 por ciento de áreas boscosas en las zonas rurales (Neris et al, 1996). La ley define asimismo reservas forestales. Sin embargo, las mismas pueden ser expropiables en el contexto de la reforma agraria. A pesar de que la legislación es perfectible y de que la ley forestal requiere adecuación en su legislación, las

limitantes para revertir la situación actual no parecen surgir de la falta de legislación ni de defectos en las mismas sino en la necesidad de fortalecer las instituciones encargadas de velar por la aplicación de las leyes.

## Uruguay.

### a) Bosques

La superficie de especies arbóreas y subarbóreas ocupa unas 600.000 ha.

Constituyen ecosistemas marginales de los Dominios Amazónicos y Chaqueño. Este carácter le otorga un valor especial a la conservación de los mismos.

Existen diferentes tipos de monte (Brussa, 1996):

- Serrano (degradado por la extracción de leña).
- Ribereño (con intrusiones semiselváticas, degradado por la extracción de leña).
- Quebradas (ecosistema muy vulnerable, con gran peligro de erosión por tratarse de suelos jóvenes en zonas con pendientes, muy degradado por el fuego y el ganado).
- Monte de parques.
- Palmares (comunidades en retroceso debido a la ganadería y la agricultura). No se observa regeneración de *Butia capitata*. Esta especie constituye un ecosistema único.
- Monte costero: afectado por el turismo. Se han eliminado grandes superficies con fines urbanísticos.

Entre las principales causas de deterioro se mencionan a la colonización y a la explotación ganadera. Esta última no sólo destruye sino que también ocasiona un cambio en la composición florística hacia especies espinosas.

En estos bosques templados la inclusión del ganado luego de las primeras intervenciones extractivas afecta notablemente la regeneración natural al punto de impedirla por completo en muchas poblaciones.

### b) Pastizales

Los pastizales del Uruguay han sido convertidos a cultivos y a pasturas cultivadas como en Argentina. El

estado de conservación actual es vulnerable. A nivel local, las Areniscas de Tacuarembó, Areniscas de Guichón y el Litoral oeste se encuentran en riesgo debido a la expansión de la forestación y la consecuente pérdida de hábitats. La forestación en monocultivo es la tendencia para el uso de estas tierras. En la zona de basalto superficial y profundo, el uso actual es ganadería extensiva con creciente cultivo de arroz en basalto profundo. El uso potencial es ganadería extensiva incluyendo cría y engorde. En la zona de cristalino de sierras y lomadas, el uso actual es la ganadería extensiva. La región noreste posee un uso actual de ganadería extensiva, con creciente monocultivo de *Eucalyptus* y agricultura. Las zonas de suelos sobre grandes cuencas hídricas poseen como uso actual el arroz en monocultivo, a veces en rotación con pasturas sembradas.

El reemplazo de pastizales, primero por cultivos y pasturas y, en menor grado, por forestaciones, constituye la principal amenaza para los pastos nativos. A pesar de que no hay información al respecto cabe suponer que la ganadería extensiva, a través del pastoreo selectivo ha producido impactos negativos en la variación genética de las especies más preferidas.

## FAUNA SILVESTRE

Los países pertenecientes al Cono Sur de Sudamérica (Argentina, Bolivia, sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay) constituyen, desde el punto de vista biogeográfico, un conjunto interrelacionado de ecosistemas y formaciones vegetales que presenta, entre otras características, una muy particular biodiversidad faúnica con un alto porcentaje de endemismo y la existencia de numerosas especies nativas de gran valor para la ciencia. Por otra parte, en estos países existe una estrecha relación entre la explotación de la fauna silvestre y el bienestar de las comunidades rurales, siendo la fauna utilizada con fines de subsistencia e incluso comerciales para el mercado interno y externo.

Numerosas especies de fauna que poseen áreas de distribución geográfica que abarcan distintos países, dependiendo de la época del año o de cambios en las condiciones climáticas. La zona de Humedales compartida por Argentina, Bolivia, Brasil y Uruguay, el Gran Chaco compartido por Paraguay, Bolivia y Argentina y el Bosque Andino-Patagónico compartido por Argentina y Chile contribuyen asimismo a esta distribución de la fauna.

En el Cuadro 1 se presenta un esquema de diversidad de especies de fauna por país.

**Cuadro 1.** Número de especies conocidas, endémicas y amenazadas de la fauna silvestre de cada país de la región.

País	Grupo	Especies		
		conocidas	endémica	amenazadas
ARGENTINA	Mamíferos	320	47	23
	Aves	960	21	53
	Reptiles	220	63	4
	Anfibios	145	37	1
	<b>Total</b>	<b>1.645</b>	<b>168</b>	<b>81</b>
BOLIVIA	Mamíferos	280	7	21
	Aves	1.257	15	34
	Reptiles	250	11	4
	Anfibios	110	14	0
	<b>Total</b>	<b>1.897</b>	<b>47</b>	<b>59</b>
BRASIL	Mamíferos	394	68	40
	Aves	1.573	191	123
	Reptiles	468	172	11
	Anfibios	502	294	0
	<b>Total</b>	<b>2.937</b>	<b>725</b>	<b>174</b>
CHILE	Mamíferos	141	11	15
	Aves	436	15	18
	Reptiles	83	33	1
	Anfibios	39	25	6
	<b>Total</b>	<b>699</b>	<b>84</b>	<b>40</b>
PARAGUAY	Mamíferos	180	3	14
	Aves	753	0	34
	Reptiles	120	4	4
	Anfibios	85	4	0
	<b>Total</b>	<b>1.138</b>	<b>11</b>	<b>52</b>
URUGUAY	Mamíferos	93	0	5
	Aves	393	0	11
	Reptiles	61	1	2
	Anfibios	38	2	0
	<b>Total</b>	<b>585</b>	<b>3</b>	<b>18</b>

Fuente: World Conservation Monitoring Centre (1992).

Argentina es el mayor exportador de fauna silvestre de Sudamérica. Bolivia es considerado un centro de origen biótico de gran importancia económica medicinal y alimentaria con alta riqueza genética propia. En sus ecosistemas se encuentra el 31 por ciento del total de especies de la avifauna neotropical. Brasil es el país con mayor superficie en Sudamérica y sus ecosistemas cuentan con una extraordinaria diversidad ecológica que, sin dudas, lo catalogan como el país con mayor diversidad específica de la región y uno de los mayores del mundo. En cambio, la fauna nativa de Chile es menos diversa que la del resto de los países de la región, pero se caracteriza por un alto grado de endemismo y la adaptación a climas extremos. La legislación de Chile sobre protección de especies de fauna nativa es la más antigua de Sudamérica (1929), constituyendo un importante instrumento de protección de especies amenazadas. La fauna silvestre de Paraguay es una de las menos conocidas. El Uruguay presenta la menor diversidad de la región.

La gran diversidad de especies nativas en la región se encuentra en proceso de deterioro. En promedio, el cinco por ciento de las especies se encuentra en vías de desaparecer, con valores que van desde el tres por ciento para Bolivia y Uruguay hasta el seis por ciento para Brasil y Chile.

Las principales causas de dicho deterioro son:

- Pérdida del hábitat o modificación, a menudo asociada a fragmentación debido a el avance de la frontera agrícola - ganadera, la deforestación, los incendios y la contaminación de suelo, aire y cuerpos de agua.
- Sobreexplotación de especies por razones de subsistencia o comerciales (caza deportiva y comercio de carne, pieles, plumas, etc. y de ejemplares vivos).
- Introducción accidental o deliberada de especies exóticas, las cuales compiten, depredan o realizan hibridación con especies nativas.
- Distribución geográfica limitada, la cual puede ser el efecto de los factores anteriores.
- Carencia de normativas de conservación de la biodiversidad y de uso sustentable de la fauna.

Se estima que el principal factor de amenaza es la pérdida o modificación del hábitat ya que afecta al 75

por ciento de las especies de fauna silvestre de la región. Las causas de dicha pérdida o modificación varían según el país y el ambiente de que se trate.

Otro factor importante es la sobreexplotación de fauna silvestre que afecta, en promedio, al 50 por ciento de las especies en la región. Las razones de dicha sobreexplotación (comercial, deportiva, subsistencia) varían de acuerdo a la especie animal y el país de que se trate. De acuerdo a la información disponible existen al menos diez especies o grupos de especies compartidas por dos o más países de la región y que actualmente son aprovechadas o que potencialmente pueden ser aprovechadas. Ellas son: yacarés (principalmente cuero), nutria o coipo (piel), iguanas del género *Tupinambis* (cuero), camélidos silvestres como el guanaco y la vicuña (pelo y carne), felinos (cuero), psitácidos (loros mascotas), carpincho o capibara (cuero y carne), ñandúes (pluma, cuero y carne) y zorros del género *Pseudalopex* (piel). El estrato social que hace uso de dicha fauna es variable y abarca desde grupos aborígenes y campesinos hasta cazadores deportivos y empresas comerciales.

## ESPECIES AMENAZADAS Y CON POSIBILIDADES DE USO EN CADA PAÍS

### Argentina

Entre los mamíferos amenazados se mencionan el jaguar (*Panthera onca*), los huemules (*Hippocamelus bisulcus* y *H. antisensis*), los ciervos de las pampas y de los pantanos (*Ozotoceros bezoarticus* y *Blastocerus dichotomus*, respectivamente) y la chinchilla (*Chinchilla brevicaudata*). Entre las especies de aves en peligro se mencionan el loro cabecirrojo (*Amazona petrei*), el cauquén colorado (*Chloephaga rubidiceps*), el pato serrucho (*Mergus octosetaceus*) y el pecho colorado (*Stumella defilippi*).

Las posibilidades para la cría o manejo sustentable incluyen al guanaco (*Lama guanicoe*), el coipo (*Myocastor coipus*), el carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*), los ñandúes (*Rhea americana* y *Pterocnemia pennata*), las iguanas (*Tupinambis* spp.) y los yacarés (*Caiman* spp.).

### Bolivia

Se encuentran amenazadas especies de mamíferos tales como el gato andino (*Felis jacobita*), el ciervo

de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*) y el huemul andino del norte (*Hippocamelus antisensis*). Entre las aves en peligro se mencionan el ñandú petiso del norte» o ñandú de Darwin» (*Pterocnemia pennata*) que es una subespecie distinta de la presente en la región Patagónica.

Las especies priorizadas para su manejo con fines económicos son la vicuña (*Vicugna vicugna*), el pecarí (*Tayassu* spp.), el loro hablador (*Amazona aestiva*) y algunas especies de caimanes.

### Brasil

Algunas especies de aves con riesgo de extinción son el guacamayo azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) y el guacamayo de Spix (*Cyanopsitta spixii*). Entre los mamíferos en peligro se encuentran el jaguar (*Panthera onca*), el ciervo de las pampas (*Ozotoceros bezoarticus*), el ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*), el aguará-guazú (*Chrysocyon brachyurus*) y el tapir (*Tapirus terrestris*). Distintas especies de caimanes y cocodrilos también se encuentran en peligro (*Caimanspp.* y *Crocodylus*spp.).

Existen oportunidades para la cría del capibara (*Hydrochaeris hydrochaeris*) y de reptiles como los caimanes y cocodrilos (*Caiman* spp. y *Crocodylus* spp.). Entre las aves con potencial de aprovechamiento comercial se encuentran los psitácidos (loros) y anátidos (patos silvestres). El yacaré y el ciervo de los pantanos se encuentran en abundancia en el Pantanal y pueden ser manejados con criterios de sustentabilidad.

### Chile

Entre las especies amenazadas de mamíferos se encuentran el huemul (*Hippocamelus bisulcus*), las chinchillas (*Chinchilla* spp.) y el huillín o nutria de río (*Lontra provocax*). Estas especies también se encuentran amenazadas en Argentina. Las especies de aves en peligro incluyen al «picaflor de Juan Fernández» (*Sephanoides fernandensis*) y distintas especies de fardelas (*Pterodroma* spp.).

Las oportunidades de aprovechamiento comercial, ya sea derivadas de la caza o de la cría bajo cautiverio, incluyen especies tales como el coipo (*Myocastor coipus*), los zorros (*Pseudolapex* spp.), el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*). El pelo de estos camélidos se encuentra

entre las fibras de mayor valor comercial en el mercado internacional. Existen asimismo posibilidades de cría del choique o ñandú petiso (*Pterocnemia pennata*).

### Paraguay

Entre las especies de mamíferos en peligro se encuentran, al igual que en Argentina, el ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*), el ciervo de las pampas (*Ozotoceros bezoarticus*), el jaguar (*Panthera onca*), el taguá (*Catagonus wagneri*) y distintas especies de gatos silvestres (*Felis* spp.). Como aves amenazadas se pueden mencionar el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), el macuco (*Tinamus solitarius*), el águila arpía o taguató ruvichá (*Harpia harpyja*) y algunas especies de psitácidos o loros (*Ara maracana* y *Amazona* spp.). Asimismo merecen mencionarse alguna especie de reptiles como el yacaré overo (*Caiman latirostris*) y la boa (*Boa constrictor*).

Entre las especies con posibilidades de aprovechamiento comercial se encuentran el ñandú (*Rhea americana*), el carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*), el yacaré (*Caiman latirostris*) y el pecarí (*Tayassu* spp.).

### Uruguay

Como especies amenazadas se destacan algunos mamíferos como el venado de campo (*Ozotoceros bezoarticus*), el aguará-guazú (*Chrysocyon brachyurus*) y el gato del pajonal (*Felis colocolo*) y aves como el cardenal amarillo (*Gubernatrix cristata*) y el pecho colorado (*Sturnella defilippi*).

Hay posibilidades para la cría de la nutria (*Myocastor coipus*) y del carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*), lo cual disminuiría la presión de la caza comercial sobre las poblaciones de estas especies. También es posible realizar la cría del ñandú (*Rhea americana*) y de la martineta (*Rhynchotus rufescens*). El primero ofrece especiales oportunidades comerciales en mercados internacionales.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cada país presenta particularidades en cuanto a la degradación de los bosques nativos. Así en Argentina, la región más afectada es la Chaqueña. Sin embargo en Paraguay esta formación es la que presenta un estado mejor. En Bolivia, el área más afectada

tada corresponde a la región andina, mientras que en Chile la región mediterránea ha sido la que se ha sometido a deforestación más intensa. En Uruguay, el impacto parece distribuirse de manera aproximadamente uniforme en todas las formaciones nativas.

Los procesos de extracción selectiva como forma predominante de explotación de bosques han tenido su equivalencia en los pastizales a través del pastoreo selectivo. La extracción o pastoreo de los mejores ejemplares han producido una considerable degradación, más visible pero no más importante en los bosques y probablemente la pérdida genética haya resultado considerable en ambos tipos de vegetación.

Por razones no del todo explicables, produce mayor preocupación en la opinión pública y a veces en el ambiente académico, la pérdida de cobertura forestal o la disminución de poblaciones de fauna que el reemplazo de pastizales nativos. La necesidad de planificar el uso de la tierra reservando áreas para protección y perfeccionando tecnologías orientadas al logro de la sustentabilidad debe colocar a los pastizales al mismo nivel de prioridad que los demás ecosistemas.

Si se considera el Cono Sur en su totalidad, la Selva Paranaense, formación boscosa compartida por Brasil, Paraguay y Argentina es la más afectada y en la cual se requieren inmediatas medidas de políticas que tiendan al menos a frenar las tendencias actuales.

En todos las formaciones existen especies de alto valor comercial cuyo potencial económico está amenazado. Seguramente es difícil asegurar que el quebracho en Paraguay y Argentina, esté amenazado de extinción. Sin embargo, es verificable que los ejemplares que se siguen extrayendo son cada vez de menor calidad. Lo mismo ocurre con el cedro en la Selva Tucumano - Boliviana o en la Paranaense.

La biodiversidad ofrece oportunidades de desarrollo. Algunas especies nativas constituyen actualmente cultivos de importancia económica y de consumo masivo, como la yerba mate. Otras, como las araucarias, se han utilizado con criterio minero a pesar de poseer cualidades que le confieren un gran potencial económico y de que la tecnología para su plantación es conocida. Existen posibilidades de domesticación o manejo en estado natural de muchas especies correspondientes a la flora o fauna nativa de la región. Sin embargo, se utiliza una porción ínfima de ellas. En

Paraguay existen al menos 15 especies de frutales nativos cuyo aprovechamiento es mínimo. Lo mismo sucede en los demás países con forrajeras, hongos, especies maderables y medicinales.

La debilidad institucional parece constituir una de los principales obstáculos para la conservación y uso adecuado de la biodiversidad. Tanto las instituciones de investigación y transferencia tecnológica como las encargadas de hacer cumplir las normas se encuentran debilitadas y en esta situación no podrán tener las respuestas que la realidad demanda en tiempo y forma.

Para asegurar un manejo sustentable de la biodiversidad de la región se consideran pertinentes las siguientes recomendaciones:

#### **a) Investigaciones**

1. La información disponible, permite identificar especies de flora y fauna nativas de gran potencial económico tanto si se domestican como si se manejan en el medio natural. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones que permitan superar los vacíos de conocimiento que limitan la concreción de estas potencialidades.

2. Los conocimientos a ser generados, mencionados en el punto anterior, requieren de programas y proyectos a largo plazo. Los estados nacionales son los responsables de apoyar estas iniciativas debido a que el sector privado generalmente prefiere invertir en objetivos de rentabilidad a plazos más cortos. En consecuencia, son los sistemas nacionales de investigación agropecuaria, así como las universidades quienes deben llevar a cabo las investigaciones y estudios relacionadas con el conocimiento y uso de la biodiversidad.

3. Es necesario incluir investigaciones que generen el conocimiento acerca del valor económico total, incluido el de los servicios que no se cotizan en el mercado, que producen los ecosistemas naturales.

4. La conversión de ecosistemas nativos a ecosistemas cultivados se debe a opciones relacionadas con la rentabilidad. Si se desea conservar los ecosistemas naturales, además de las áreas destinadas a protección, es necesario desarrollar tecnologías que permitan obtener ganancias al productor. En consecuencia, las investigaciones deberán orientar-

se al logro de la sustentabilidad de los ecosistemas naturales en un marco de manejo productivo rentable.

### **b) Capacitación**

1. La implementación de programas de capacitación a todos los niveles que tiendan a incrementar la conciencia acerca de la importancia de la producción de bienes y servicios de los ecosistemas nativos se considera prioritaria. Sin conocimientos y sin capacitación la propuesta de manejo adaptativo será letra muerta y sólo servirá para sumar otro desengaño más para todos aquellos que creen que el uso de la biodiversidad y conservación son aspectos compatibles y deseables.

### **c) Políticas**

1. Establecer mecanismos que permitan planificar el uso de la biodiversidad. La reciente irrupción de las economías de mercado han generado una sensación de rechazo hacia todo lo relacionado con la planificación. Sin embargo, la ordenación del territorio y la preservación de opciones futuras dependen en gran medida de la planificación del uso de la tierra, considerando, además de los potenciales productivos, criterios para la conservación de la biodiversidad a los niveles jerárquicos mencionados en párrafos anteriores. La biodiversidad generalmente no tiene cotización en el mercado y en muchos casos no existe información suficiente para asignarle valores comerciales. Por ello, es imposible concebir actualmente que únicamente las fuerzas de mercado determinen el futuro de la biodiversidad.

2. Las políticas oficiales debieran generar algún tipo de incentivos para el manejo de la biodiversidad. En casi todos los países del Cono Sur existen regímenes de promoción con subsidios para la forestación de especies de rápido crecimiento las cuales, en su gran mayoría, son exóticas. Sin embargo, no existen políticas equivalentes para el manejo sustentable de bosques nativos o para la restauración de los mismos en áreas degradadas.

3. Será necesario desarrollar políticas coordinadas a nivel regional, debido a que los esfuerzos que realizan algunos países en forma individual se ven limitados cuando las especies, en especial de fauna, que poseen una amplia distribución geográfica, trascienden el ámbito de un solo país. Estas políticas

coordinadas deberán incluir los aspectos relacionados con el comercio nacional e internacional.

4. Será necesario coordinar y unificar los criterios de manejo y conservación de fauna silvestre especialmente en aquellos países con similitudes zoogeográficas, especies compartidas e incluso tradiciones culturales de uso de fauna comunes.

5. Las instituciones que controlan la aplicación de las leyes y normas deben ser fortalecidas para que cumplan sus mandatos. La existencia de organizaciones no gubernamentales puede constituir una oportunidad para complementar el accionar de las instituciones pero no pueden reemplazar a las mismas.

6. Se debe hacer obligatoria la implementación de estudios de impacto ambiental para toda iniciativa destinada al manejo de la biodiversidad o que pueda afectarla.

7. Fomentar los procesos de certificación mediante normas como las ISO u otras de reconocimiento internacional. Este mecanismo puede constituir una vía a través de la cual el mercado contribuya al manejo sustentable de la biodiversidad.

8. Se deberá llegar a algún acuerdo acerca de los derechos que tienen las naciones y estados o provincias dentro de ellas por ser el lugar de origen de la biodiversidad. Sería conveniente que las negociaciones que se realicen con laboratorios medicinales u otros acerca de regalías o pagos por derecho de origen sean consensuadas a nivel del Cono Sur.

### **c) Acciones inmediatas**

1. Es evidente que la Selva Paranaense reclama trabajos inmediatos para frenar los procesos actuales de degradación y comenzar acciones que tiendan a revertir los mismos. La región Chaqueña y Patagónica en Argentina, la Andina en Bolivia y los bosques del sur de Chile deben merecer una atención prioritaria por parte de los gobiernos. La restauración de áreas degradadas requiere aumentar la calidad de la información existente con relación a los requerimientos de las especies, el estado del hábitat, los procesos sucesionales, etc. Para ello es necesario incrementar los esfuerzos de investigación. Sin embargo, los conocimientos actuales, aunque en algunos casos son exigüos, pueden orientar acciones inmediatas de impacto positivo.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Ing. Agr. María Bernhaja (INIA-Tacuarembó), los Ings. Agrs. Guillermo Becker, Griselda Bonvisutto, Donaldo Bran, Celso Giraudo, Hugo Méndez Casariego, Guillermo Siffredi y Roberto Somlo (INTA, EEA Bariloche, Argentina).

## LITERATURA CITADA

- BARRERA, A.; GÓMEZ - POMPA, A. y VÁZQUEZ YANES, C., 1977. El manejo de las selvas por los mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas. *Biótica* 2: 47-61.
- BOUCHER, D.H.; VANDERMEER, J. H.; YOH, K. and ZAMORA, N., 1990. Contrasting hurricane damage in tropical rain forest and pine forest. *Ecology* 71:2022 - 2024.
- BRUSSA, C. A., 1996. Ecosistemas forestales nativos en Uruguay. Diagnóstico preparado para el proyecto de «Estrategia sudamericana para la conservación de bosques» de la Unión Mundial por la Naturaleza (UICN).
- BURKART, R.; GARCÍA FERNÁNDEZ, J., y RIEGELHAUPT, E., 1996. Estado actual del uso y la conservación de los bosques nativos en Argentina. Diagnóstico preparado para el proyecto de «Estrategia sudamericana para la conservación de bosques» de la Unión Mundial por la Naturaleza (UICN).
- CHRISTENSEN, N. L.; BARTUSKA, A.M.; CARPENTER, S.; D'ANTONIO, C.; FRANCIS, R.; FRANKLIN, J.; MACMAHON, J.; NOSS, R. F.; PARSONS, D.; PETERSON, C. H.; TURNER, M., and WOODMANSE, R. G., 1996. The Report of the Ecological Society of America Committee on the Scientific Basis For Ecosystem Management. *Ecological Applications*, 6(3):665 - 691.
- Comité Nacional pro Defensa de la Fauna y la Flora (CODEFF), 1996. Diagnóstico de la situación actual del sector forestal y los bosques nativos, Chile. Documento no publicado. Diagnóstico preparado para el proyecto de «Estrategia sudamericana para la conservación de bosques de la Unión Mundial por la Naturaleza» (UICN).
- DINERSTEIN, E.; OLSON, D.M.; GRAHAM, D.J.; WEBSTER, A.L.; PRIMM, S.A.; BOOKBINDER, M.P.; y LEDEC, G., 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América latina y el Caribe. Fondo Mundial para la Naturaleza-Banco Mundial. Washington, DC. 135 p.
- DIXON, J. A. and SHERMAN, P. B., 1990. Economics of Protected Areas. A New Look at the Benefits and Costs. Earthscan, Londres.
- DOS SANTOS A. J. y SEREDIUK MILANO, M., 1996. Estado Actual de Uso y Conservação dos Ecosistemas Florestais do Cone Sur. Diagnóstico da Região do Brasil Diagnóstico preparado para el proyecto de «Estrategia sudamericana para la conservación de bosques de la Unión Mundial por la Naturaleza» (UICN).
- GÓMEZ - POMPA, A., 1987a. Tropical deforestation and Maya silviculture: an ecological paradox. *Tulane studies in Zoology and Botany*. 26:19-37
- , 1987b. «on Maya silviculture». *Mexican Studies* 3(1)1-17. Regents of the University of California. Riverside, Ca.
- GRUSS, J.X. 1992. La paradoja del comercio de fauna. *Revista de la Fundación Vida Silvestre Argentina*, 29:24-25.
- HEISSNEBUTTEL, A. E., 1996. Ecosystem management-Principles for practical application. *Ecological applications* 6(3):730 -732.
- HOLLING, C. S., 1973. Resiliency and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 1-23.
- HUSTON, M., 1993. Biological diversity, soils and economics. *Science* 162: 1243-1248.
- HUECK, K., 1978. Los bosques de Sudamérica. Ecología, composición e importancia económica. GTZ., Eschborn, Alemania
- INIA, 1996. II Taller Internacional de Rehabilitación de Agroecosistemas Degradados en los Países del Cono Sur. Proyecto « Restauración y Rehabilitación de Agroecosistemas Degradados en el *Secano Interior Mediterraneo de Chile*». Cauquenes, Chile, 1996.
- IRIARTE, A., 1993. Subred de fauna silvestre del Cono Sur. Boletín de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 18:20-24.
- IRIARTE, J. (ed). 1994. Estado de conservación de la fauna silvestre del Cono Sur sudamericano. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Documento Técnico No. 13. 120 p.
- KEYSTONE CENTER, 1991. Biological diversity of federal lands. Report of a keystone policy dialogue. The Keystone Center, Keystone, Co.
- LAIRD, S., 1993. Contracts for Biodiversity Prospecting. In: Biodiversity Prospecting: Using Genetic Resources for Sustainable Development. World Resources Institute. W. Reid, ed.
- LEE, K. N., 1993. Compass and Gyroscope. Integrating Science and Politics for the Environment. Island Press, Washington, EEUU.

- Libro rojo de la flora terrestre de Chile, 1989. Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura, República de Chile. Ivan L. Bensit, ed.
- LUDEPA, INTA- GTZ. 1993. Secuencias de Deterioro en Distintos Ambientes Patagónicos. Su caracterización mediante el modelo de estados y transiciones. Paruelo, J. M., M. Bertiller, T.M. Schlichter, y F R Coronato, eds.
- LUGO, A. E. and BROWN, S.. 1996. Management of land and species richness in the tropics. In: Biodiversity in managed landscapes. Theory and Practice. Szaro, R.C. and Johnston, D.W. eds. Oxford Univ. Press. New York.
- . 1995. Management of tropical biodiversity. Ecological applications 5(4), p. 956-961
- MARES, M. A.. 1992. Neotropical mammals and the myth of Amazonian biodiversity. Science 155:976 - 979.
- MAY, R. M., 1974. Stability and complexity in model ecosystems. Princeton University Press, Princeton. NJ.
- MACARTHUR, R. H., and WILSON, E.O.. 1967. The Theory Of Island Biogeography. Monographs in Population Biology . Princeton Univ. Press. Princeton, EEUU.
- MC NEELY, J. A.. 1996. Responsibility for conserving biodiversity. Global Biodiversity 6:2 Canadian Museum of Nature. Special IUCN issue.
- . 1996. Conservation and the future trends and options toward the year 2025. A discussion paper . Congress Document CGR/1/96/8. World Conservation Congress. Montreal. 1996
- NERIS, N.; LÓPEZ, N.E.; PIN, A. y QUINTANA, M.. 1995. Documento base sobre biodiversidad. Proyecto Estrategia Nacional para la Protección de los Recursos Naturales (ENAPRENA) SSERNMA/MAG-GTZ, Paraguay. 166 p.
- NOSS, R. F., 1991. From endangered species to biodiversity. In: Balancing on the brink of extinction: the endangered species act and lessons for the future. Kohn., K. De. Island Press, Washington
- NOTON-RAMÍREZ, C. (ed). 1995. Conservación y uso sostenible de la diversidad biológica de América Latina. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Documento Técnico No. 18. 146 p.
- PEARCE, D. and MORAN, D.. 1994. The Economic value of Biodiversity. Earthcan Publications, Londres.
- PERRINGS, C.. 1994. Biotic Diversity, Sustainable Development, and Natural Capital. In: Investing in Natural Capital. The Ecological Economics Approach to Sustainability. Jansson, A.M., Hammer, M., Folke, C. and Costanza, R., eds. Island Press, Washington.
- and PEARCE, D. W.. 1992. Threshold Effects and Incentives for the Conservation of Biodiversity. Environmental and resource Economics 4; 13-28.
- PERRY, D.A., 1994. Forest Ecosystems. The John Hopkins Univ. Press.
- PINAZO, J., 1996 . Diagnóstico sobre el estado actual de los ecosistemas forestales del Paraguay. Fundaciones Alter Vida, Moisés Bertoni y Sobrevivencia.. Diagnóstico preparado para el proyecto de «Estrategia sudamericana para la conservación de bosques» de la Unión Mundial por la Naturaleza (UICN).
- PIMM, S. T. ; RUSSELL, G.J.; GITTLEMAN, J. L. and BROOKS, T. M.. 1995. The future of biodiversity. Science, 269: 347 -350.
- PORDOMINGO, A. (ed.). 1995. Aprovechamiento económico de la fauna silvestre. Documento PROCISUR-INTA, INTA EEA Bariloche (RN). 68 p.
- PRINCIPE, P. , 1989. The Economic Significance of Plants and their constituents as Drugs. In: Economic and medicinal plant Research. Wagner, W. , Hikino, H. and Farnsworth, H., eds. Academic Press, Londres.
- REBORATI, C., 1992. Ambiente, Producción y Estructura Agraria en el Umbral al Chaco. Estudios Geográficos, C.S.I.C., Madrid,. España
- ROSENZWEIG, M. L., 1995. Species Diversity in Space and Time. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- SALICK, J and MERRICK, L.. 1990. Use and Maintenance of Genetic Resources: Crops and their Wild Relatives. In: Agroecology. Carroll, A.C., Vandermeer, J.H. and P. Rossel, eds. McGraw - Hill publishing company, N. York.
- SCHLICHTER T; ALLOGIA M and MAZZARINO M.J., 1997. Nitrogen mineralization and Phosphorous release in native *Nothophagus antarctica* forests and deforested areas in Tierra del fuego (en preparación).
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano. Dirección de Recursos Forestales Nativos, 1992. Desarrollo Sustentable o Deforestación. Plan Forestal Argentino. Un legado para generaciones futuras.
- SMITINAND, T. 1994 . Overview of the status of biodiversity in tropical and temperate forests. In: Measuring and Monitoring Biodiversity in Tropical and Temperate Forests. Proceedings of a IUFRO Simposium held at Chiang Mai, Thailand. August 27 to September 2, 1994. Eds: Boyle, T.J.B. y Boontawee, B.. CIFOR - IUFRO.
- SILVER, W. L. ; BROWN, S. and LUGO, A. E.. 1997. Biodiversity and biogeochemistry in tropical forests. In: Orians, G., Dirzo, R. and Cushman, H., eds. Springer Verlag, Berlin.

- SORIANO, A with sections by VOLKHEIMER, W. ; WALTER, H.; BOX, E.O.; MARCOLÍN, A. A.; VALERINI, J. A. ; MOVIA, C. P.; LEÓN, R. J. C.; GALLARDO, J.M.; RUMBOLL, M.; CANEVARI, P. and VASINA, W.G.. 1983. Deserts and semi- deserts in Patagonia. In: Temperate Deserts and Semideserts. E. West, ed., Elsevier, Holanda
- TILMAN, D..1996. Biodiversity: population versus ecosystem stability. *Ecology* 77(2):350 - 363.
- and DOWNING, J. A.. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367:363 -365.
- , MAY, R. M.; LEHMAN, C.L. and NOVAK, M.A.. 1994. Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* 371:65 - 66.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN); WWF; UNEP. 1980. World Conservation Strategy. UICN, Gland, Suiza.
- 1994. Red Data Book. UICN, Gland, Suiza.
- VITOUSEK, P. M. and HOOPER, D.U.. 1993. Biological diversity and terrestrial ecosystem biogeochemistry. In: Schulze, D. and Mooney, H. A., eds. Biodiversity and ecosystem function. Springer Verlag, Berlin.
- World Conservation Monitoring Centre. 1992. Global Biodiversity: Status of the Earth's living resources. Chapman & Hall, Londres.

## CAPÍTULO 8

# MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y PLANTAS DAÑINAS EN AGROECOSISTEMAS

---

ODAIR APARECIDO FERNANDES

# Manejo integrado de plagas, enfermedades y plantas dañinas en agroecosistemas \*

Odair Aparecido Fernandes \*\*

## INTRODUCCIÓN

El concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP) surgió al final de la década del '60 (Stern et al., 1979; Geier y Clark, 1960). Hasta el inicio de la década del '70, el MIP no avanzó mucho. Esto ocurrió, probablemente, debido a la "Revolución Verde" de la década de los '60 y a la falta de bases para el establecimiento de los niveles de daño económico, los cuales fueron determinados por primera vez más de diez años después de la conceptualización del MIP, (Stone y Pedigo, 1972). Diversos trabajos contienen excelentes revisiones acerca de las estrategias y tácticas del MIP, las cuales no serán revisadas aquí. Ese concepto fue inicialmente desarrollado solamente para ser utilizado en artrópodos plaga. Cate y Hinkle (1994) discutieron recientemente el MIP como paradigma y lo definieron como el uso racional e integrado de varias tácticas de control de plagas en el contexto del ambiente en que la plaga se encuentra, de manera de complementar y facilitar la acción de los agentes de control biológico, tomando en consideración aspectos económicos, toxicológicos y ambientales.

A través de un conjunto de medidas (tácticas) el MIP tiende al mantenimiento de las poblaciones de plagas (aquí el término plaga incluye insectos, ácaros, enfermedades y plantas dañinas) por debajo de los niveles de daño económico. De ese modo, el MIP transforma en relativo el concepto de plaga. La población de un organismo es considerada plaga a partir del momento que tiene potencial para causar un daño económico, o sea, que justifique la adopción de medidas de control. Además de eso, el MIP prioriza

direccionar las tácticas de control hacia las plagas consideradas como principales o primarias de los cultivos en cuestión. Actualmente, se observa que los programas del MIP, orientados al control de insectos o ácaros tienen un avance mayor que los programas de manejo de plantas dañinas o enfermedades.

En los países del Cono Sur, se perciben en la mayoría de los casos, acciones aisladas para la elaboración de programas del MIP. Estos programas, de manera general, se limitan al establecimiento de niveles de acción para el uso de pesticidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas, etc.), o sea que hay solamente una racionalización en el uso de productos. Eso proviene del uso sistemático de pesticidas (pulverizaciones preventivas). Con la adopción del MIP, los productores pasan a realizar muestras y sólo aplican productos cuando el nivel de infestación justifica tal decisión del punto de vista económico. El MIP no puede ser un programa que tenga como objetivo exclusivamente el muestreo y el control químico de las plagas. Esto se constituye apenas en una fase inicial del programa. Todavía, son muchos los problemas comunes de plagas, enfermedades y plantas dañinas del Cono Sur, que podrían ser discutidos conjuntamente y solucionados, permitiendo la optimización de los escasos recursos disponibles para tal fin.

Se pretende así en esta revisión, responder las siguientes interrogantes: a) ¿cuáles fueron los motivos que evitaron la amplia utilización de la estrategia del MIP en la América del Sur, a pesar de éste haber sido conceptualizado hace más de 30 años?; b) ¿cuáles son los problemas y soluciones que pueden ocurrir con relación a las plagas agrícolas como consecuencia de la integración a través del mercado común (MERCOSUR); c) ¿cuáles son las propuestas para el establecimiento de un sistema sustentable de producción agrícola, en especial aquéllas para los problemas con plagas, enfermedades y plantas dañinas?

\* Traducido del portugués por el Dr. Juan A. Dogliotti.

\*\* Ingeniero Agrónomo, PhD., Depto. de Entomología y Nematología FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil.

## **LOS PROBLEMAS ACTUALES Y DESAFÍOS DEL MIP EN EL CONTEXTO DE LA AGRICULTURA SUSTENTABLE.**

Independientemente del nivel de desarrollo de cualquier país, los problemas del impacto ambiental asociados a la conciencia ecológica sobre la preservación de los recursos naturales son temas actuales y han despertado gran interés del público. La degradación ambiental, observada en todo el mundo, es una consecuencia del modelo de desarrollo económico impuesto a las sociedades en los últimos siglos, pues se enfatiza el crecimiento económico como medida de performance de una sociedad privilegiando el consumo actual sobre el futuro y subvaluando los recursos naturales frente a la sobrevivencia de la sociedad (Trigo, 1994). Así, la erosión del suelo, la escasez de agua potable y la polución son apenas algunos de los muchos problemas provenientes del mal uso de los recursos naturales. Esta presión ejercida por un sistema de producción que inducía al productor a utilizar gran cantidad de insumos agrícolas, llevó una gran parte de las áreas de producción a grandes impactos ambientales.

Durante las tres últimas décadas y en lo que respecta a los problemas fitosanitarios, se percibe una demanda muy grande en la utilización de productos químicos para el control de plagas, enfermedades y plantas dañinas. Esto ocurrió, principalmente, después de la década del '60 como consecuencia de la Revolución Verde. Mientras tanto, en países como la Argentina y Brasil ha habido una tendencia de reducción en la utilización de insecticidas y fungicidas, mientras que por el contrario, ha habido una tendencia al aumento en el uso de herbicidas (Campanhola et al., 1995). Esto se debe probablemente al aumento del área de siembra directa. Es innegable que ese modelo permitió el aumento en la producción agrícola. Como contraparte, algunas áreas llegaron a niveles catastróficos, donde las plagas alcanzaron poblaciones altas y los productos utilizados para el control ya no eran más eficaces.

La elaboración de programas alternativos, tal como el MIP y el Control Biológico, no ha sido posible o satisfactoria debido a diversos problemas relativos a la legislación, institución, conservación y política de los diversos países del Cono Sur, que no han permitido la integración de los investigadores, extensionistas o productores (Viglizzo et al. 1995).

Los investigadores han estado muy aislados dentro de sus propios laboratorios y, de esa forma, se reduce el intercambio de información con otros investigadores del área, de modo de facilitar y acelerar el proceso de desarrollo de programas del MIP. Es imprescindible que se mejore rápidamente la comunicación entre los investigadores de los países del Cono Sur entre sí y con los investigadores de otros países, de manera de posibilitar el intercambio de informaciones sobre nuevas tecnologías y metodologías. No es suficiente contar con la "voluntad" política para la implantación del MIP. Es necesario también la apertura de líneas de crédito para investigación y extensión de los resultados.

La unión de los países del Cono Sur en un mercado común, deberá indudablemente aumentar el comercio de productos entre los países miembros. De ese modo, un mayor tránsito de productos agrícolas deberá favorecer la distribución de plagas, enfermedades y, también, plantas dañinas. Los sistemas de barreras fitosanitarias de los diversos países no son infalibles y, de esa forma, es posible que las plagas pasen los límites geográficos que separan los países del Cono Sur. Por lo tanto, la utilización generalizada del MIP como estrategia de regulación de plagas, será viabilizada a partir de que sean ajustados diversos puntos.

Conforme ya se ha mencionado, la mayoría de los programas del MIP desarrollados hasta el momento, en más de tres décadas desde la conceptualización inicial de esta estrategia de control, se basan fundamentalmente en la utilización de pesticidas para la reducción de las poblaciones de plagas, cuando éstas alcanzan niveles próximos a los que causan daño económico. De ese modo, invariablemente el desarrollo de programas del MIP lleva a la reducción inmediata del uso excesivo de pesticidas. Por tanto, los agricultores adeptos a esa estrategia aún continúan limitados casi solamente al uso de los pesticidas como "herramienta" exclusiva para el control de los problemas fitosanitarios. Obviamente que esa estrategia, aún teniendo en la utilización de pesticidas la táctica clave de control, permite el uso racional de tales productos. Consecuentemente, los productores dejan de realizar aplicaciones sistemáticas de pesticidas, sin el real conocimiento de la situación de infestación de los cultivos.

El desarrollo de programas del MIP debe considerar la adopción de tácticas que pueden ser utilizadas

de manera integrada. Entretanto, la acción del control biológico debe ser siempre mantenida (control biológico natural), o, preferiblemente, optimizada. Además, la utilización exclusiva del control biológico puede ser una estrategia del MIP.

Un buen ejemplo de esto es el control biológico clásico del taladro de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis* con la utilización de parasitoides (ej.: *Cotesia flavipes*). Por otro lado, las posibles razones responsables de las fallas y/o insucesos de los programas de control biológico o también falta de programas de control biológico están ligados a falta de financiamiento adecuado a las necesidades, entrenamiento del personal, abuso en el uso de los pesticidas, aceptación por parte de los productores, etc. (Baker, 1992).

Es importante, el establecimiento de reglas para utilización del control biológico, en particular cuando se trata de la importación de agentes de control biológico. Recientemente, el Código de Conducta para la Importación y Liberación de Agentes Exóticos de Control Biológico fue preparado por la Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (FAO). En el Brasil, el CNPMA de EMBRAPA, también preparó un protocolo sobre la conducta para importación de enemigos naturales.

Baker (1992) relató, además, otros aspectos que pueden afectar el desarrollo e implementación de programas de control biológico. Ellos son: a) aspectos políticos: los gobiernos ya no tienen el poder centralizado en sus manos. La iniciativa privada tiene mayor énfasis en la prestación de servicios en la agricultura. Así, queda la interrogante: ¿cuál es el interés de la iniciativa privada en el control biológico?; b) aspectos ambientales: es muy importante asociar valores monetarios a los recursos naturales, de manera de mitigar (idealmente eliminar) los efectos deletéreos sobre el ambiente. Así, biodiversidad, agua potable, protección de manantiales y cardúmenes, etc., precisan ser valorados; c) aspectos comerciales: debido a una mayor comercialización de productos entre países, deberán crecer las exigencias en cuanto a la presencia de residuos en los productos. Esto, permite la utilización del control biológico; d) ayuda internacional: debido a problemas graves de enfermedades (cólera y SIDA) y desempleo, entre otros, la ayuda internacional para la agricultura y, particularmente, para control biológico ha sido muy restringida;

e) problemas de comunicación: las cartas pueden demorar meses para llegar a su destino.

Además de eso, Zapater (1992) relata que los investigadores latinoamericanos son muy individualistas y que la cooperación entre los investigadores, institutos y países no es nada común. De acuerdo con el autor, la falta de comunicación debido a la distancia entre laboratorios, pésimos y caros servicios de correo y teléfono, presupuesto precario para mantenimiento de bibliotecas actualizadas y falta de tradición en proyectos conjuntos son los responsables por el aislamiento de los científicos. Sumado a ello, la situación económica que viene afligiendo a América Latina en las últimas décadas, no ha favorecido el establecimiento y organización de eventos científicos. El idioma, en algunos casos, puede ser también un problema de comunicación entre los investigadores de diferentes países.

## REFLEXIONES.

### *Bases conceptuales y la Agenda 21*

Conforme fue establecido en la Agenda 21, hay algunos puntos que son de fundamental importancia y que deben ser destacados para dar orientación acerca de como los programas del MIP deberán ser desarrollados en los países del Cono Sur. De acuerdo con algunas estadísticas, el 83 por ciento de la población mundial estará viviendo en países en desarrollo en el año 2025. La producción agrícola en estos países deberá ser aumentada. Entretanto, el aumento deberá ser de productividad y no en superficie de área plantada, pues las áreas a ser explotadas son consideradas marginales para la agricultura y/o deben ser conservadas (ej.: montañas y selvas). Por tanto, el mismo aumento de la producción por área debe ser sustentable.

Los mayores objetivos de la Agricultura Sustentable y Desarrollo Rural se refieren a orientación (iniciativas educativas), incentivos económicos, desarrollo apropiado y nuevas tecnologías, permitiendo la obtención de alimento de alto valor nutritivo, acceso de grupos vulnerables a ese alimento y producción de mercados. Así, la prioridad consiste en el mantenimiento y aumento de la capacidad de producción de alimentos en tierras que ya se están cultivando. Eso, por tanto, no descarta el objetivo de recuperar los

recursos naturales de tierras consideradas pobres para cultivo.

Las estimativas de pérdidas causadas por plagas y enfermedades durante el cultivo sumadas a pérdidas poscosecha están entre 25 y 50%. Las pérdidas causadas a la pecuaria tampoco son pequeñas. Esto ha llevado a los productores a utilizar grandes cantidades de pesticidas. La utilización exagerada de estos productos provoca diversos efectos colaterales indeseables, tales como resistencia de plagas, enfermedades y plantas dañinas a los productos utilizados, contaminación ambiental, intoxicación humana y animal, etc.

Así, el MIP es la herramienta más adecuada para regularizar el uso de pesticida, de modo de tornarse un arma más racional para el combate de las plagas. Para ello, los objetivos a corto y mediano plazo son los siguientes: a) implementación de los servicios de protección de plantas y salud animal, incluyendo mecanismos de control de distribución y uso de pesticidas; b) implementación de los programas de extensión para asegurar la difusión de las tácticas junto a los productores; c) establecimiento de una red entre productores, extensionistas e investigadores para promover el MIP; d) implementación de los programas del MIP existentes y elaboración de nuevos programas.

Mientras tanto, aunque los programas del MIP estén basados en la utilización de pesticidas, es imprescindible que tales productos deberán ser menos agresivos al hombre y al ambiente. Por lo tanto, el programa debe prever el establecimiento de mecanismos de distribución y utilización de pesticidas, la difusión de los programas del MIP para los productores (extensión) y establecimiento de una cadena entre productores, extensionistas e investigadores para promover y desarrollar el MIP.

Según comenta Nascimento (1994), altos niveles de sustentabilidad solamente pueden ser alcanzados si son adoptadas diversas acciones: promoción y soporte de políticas nacionales tendiendo hacia el zoneamiento ecológico económico de uso y conservación de los recursos ambientales y reaprovechamiento (reutilización) de áreas taladas y/o degradadas. Además debe haber el establecimiento de proyectos integrados (inter-institucionales) teniendo como objetivo la sustentabilidad.

### ***Ejemplos en los países del Cono Sur.***

Es interesante notar que, a diferencia de los más de 30 años desde la conceptualización del control integrado, posteriormente denominado manejo integrado de plagas, los programas del MIP aún no son completos. Tales programas, en general, se restringen al establecimiento de los niveles de acción (o control) y aplicación de pesticidas para el caso de plagas y plantas dañinas, o determinación del potencial de inóculo o perspectiva de infección para el caso de enfermedades de las plantas. Por tanto, a diferencia de la propuesta conceptual, el MIP se refiere al control de plagas con la utilización racional de pesticidas.

En los países del Cono Sur, los pocos programas del MIP están también basados en el establecimiento de niveles de acción y utilización de pesticidas de manera racional. Informaciones enviadas por diversos investigadores de países que componen el Cono Sur, a pesar de no expresar integralmente la realidad de los países, pero sí, la de las regiones en que ellos trabajan, demuestran que a pesar de algunos esfuerzos para implementación de control biológico, los programas del MIP tienen como "herramienta básica" la utilización de insecticidas, fungicidas o herbicidas para la regulación de las poblaciones de plagas. (Campanhola et al. , 1995; Centro de Investigación Agrícola Tropical, 1994; 1996a; 1996b; Videla, 1996).

Así, una vez más, los programas denominados MIP no son nada más que estrategias de uso racional de pesticidas. Obviamente que el desarrollo de tácticas para implementación del MIP permitió la reducción (en la mayoría de los casos) del número de pulverizaciones realizadas durante la zafra agrícola.

Además, debido al desarrollo de nuevas moléculas, ha habido también una reducción de la cantidad de principio activo utilizado por área. Así, el desarrollo de tácticas, tales como, niveles de acción y conocimiento selectivo de los pesticidas o agentes de control biológico, ha permitido la reducción del impacto ambiental causado por los pesticidas, sin embargo, los productores aún dependen de insumos externos para conseguir producir alimento.

Diversos proyectos de control biológico fueron realizados con éxito en América Latina, incluyendo

los países del Cono Sur (Vaughan, 1992). Además, a pesar de la situación económica no haber sido tan favorable para los países de América Latina, los productores parecen haberse concientizado sobre la real necesidad de reducir la dependencia de pesticidas para el control de plagas, enfermedades y plantas dañinas, o sea, tornarse menos dependientes de insumos externos. Así, se debe verificar un aumento en la utilización de recursos disponibles en la región, entre los cuales, los agentes de control biológico. También, es muy posible que el control biológico será la herramienta más importante (vital) en los programas del MIP futuros, debido a las restricciones impuestas por los países importadores, acerca de los niveles de tolerancia a los residuos de pesticidas.

El inicio de programas de control biológico es una cuestión de decisión gubernamental (en particular las inclusiones de programas de control biológico de plantas dañinas), según Cordo (1992). Algunos ejemplos ya demostraron el éxito del control biológico de plantas dañinas con la utilización de enemigos naturales nativos o exóticos, para el control de plantas dañinas nativas y/o exóticas. Además de estos agentes, Rossman (1992) comenta sobre la utilización de hongos en el control de plagas. Hay muchos hongos que aún no son conocidos y que, potencialmente pueden ser excelentes agentes de control biológico. De esta manera, el mantenimiento de la biodiversidad debe favorecer el estudio y la utilización de nuevos hongos.

Dentro de los ejemplos de programas de control biológico que están en funcionamiento en el Cono Sur se pueden citar los siguientes: control biológico del taladro de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis*) a través del parasitoide *Cotesia flavipes* (Parra, 1996); creación y liberación de parasitoides *Trichogramma* spp. para control de los huevos de lepidópteros (García, 1996); control biológico de "aguapé" (*Eichhornia crassipes*) (Cordo, 1996); liberación de crisopídeos (*Chrysopidae*), para control de plagas de algodón (Videla, 1996); utilización de *Baculovirus anticarsia* en el manejo de la lagarta de la soja (*Anticarsia gemmatalis*) (Nasca y Lazaro, 1991); etc.

### **Otras posibilidades**

Los programas de mejoramiento de plantas que tienen como objetivo la resistencia o aún métodos

alternativos de control (o regulación de plagas) son escasos. Esto es debido a varios factores. La falta de comunicación entre los investigadores, conforme ya fue discutido, debido a ineficiencia o al costo de los sistemas de correo y telefonía/fax es un factor importante. Aún, mismo con la existencia de Internet y posibilidades de comunicación casi instantánea con el mundo, son pocos los investigadores de los países del Cono Sur que están interligados a la red. Esto mantiene a todos aún en el aislamiento. Una mayor integración de los investigadores permite una mayor interacción de las informaciones y la optimización de los recursos para la solución de problemas comunes o correlacionados.

El desarrollo de programas de control biológico como estrategia alternativa al uso exclusivo de pesticidas es importante. Entretanto, se observa que hay poca oferta de biopesticidas debido a la escasez de laboratorios dedicados a la producción de tales productos u organismos. Las industrias más importantes del mercado han trabajado casi exclusivamente con productos químicos.

Recientemente, algunas empresas pasaron a desarrollar plantas transgénicas, las cuales incorporan porción del ADN de la bacteria *B. thuringiensis* para la producción de toxina que causa la muerte de lagartas defoliadoras. En el mercado norteamericano ya están disponibles maíz y algodón transgénico, además de ya existir entre otros cultivos, papas, tomate y tabaco, en proceso de mejoramiento. Eso, sin embargo, no libra a los productores de las grandes empresas, puesto que ellas son las grandes inversoras en ese mercado de plantas transgénicas.

Además de los problemas de comunicación, la falta de recursos humanos y financieros han determinado la ausencia de elaboración de nuevos programas del MIP o implementación de programas existentes. La situación económica de los países del Cono Sur (y América Latina) ha sido mucho peor en los últimos años, lo que no ha permitido inversiones en investigación en esta área. Esto entonces, explica los pocos resultados positivos. En Brasil, los mejores resultados se refieren a los cultivos de exportación, tales como: citrus, algodón y soja.

No obstante, el MIP es una estrategia multidisciplinaria, conforme destacan Funderburk y Higley (1994). El especialista en Manejo Integrado de

Artrópodos Plaga debe tener formación en ecología, fisiología y nutrición de plantas, además de poseer nociones sobre manejo de enfermedades, plantas dañinas y nematodos. De esa manera, se puede percibir que el especialista en MIP no puede ser especialista en un área limitada. De este modo, la formación de recursos humanos a través de la inclusión del MIP como disciplina, tanto en los cursos relacionados con la agropecuaria como en la formación de técnicos a través de cursos de especialización o de posgraduación en el área del MIP, permitirá un avance rápido en la elaboración de nuevos programas.

### **El MERCOSUR y el MIP**

El mayor tránsito de productos agropecuarios entre los países puede favorecer el tránsito y la transferencia de las plagas exóticas. Por ejemplo, el "pulgón ruso del trigo", el cual fue introducido en Chile estaba restringido a la región oeste de aquel país. Mientras tanto, el pulgón ya fue encontrado al este de la Cordillera de los Andes y podrá invariablemente alcanzar las regiones trigueras de Argentina, Uruguay y Brasil. Ejemplo de esa situación ocurrió en 1983, con la introducción del picudo del algodón (*Anthonomus grandis*) en Brasil. Actualmente, esta plaga se encuentra en Paraguay, comprometiendo la algodonicultura en estos países.

Por otro lado, el mayor tránsito de mercaderías podrá imponer restricciones a los productos con residuos de productos químicos, forzando a la adopción de medidas para la reducción y dependencia de tales productos. Aún, los países importadores podrán exigir productos de áreas libres de plagas no existentes en aquellos países. La Argentina y Chile, por ejemplo, están aceptando melones solamente producidos en áreas libres de mosca de las frutas, localizada al nordeste de Brasil. Así, aliado a la estrategia del MIP, los países del Cono Sur deberán iniciar estudios para determinación de áreas libres de plagas y enfermedades cuarentenarias.

### **OPORTUNIDADES E IMPACTOS DE LOS PROGRAMAS DEL MIP**

La acción integrada de diversos investigadores, extensionistas y, asimismo productores que repre-

sentan los diversos sectores de la agropecuaria permitirá que programas del MIP sean desarrollados más rápidamente. Los programas del MIP, indiscutiblemente, llevan a una reducción drástica de la utilización de pesticidas, pues, de modo general, la utilización de tales productos se da de modo preventivo sin ninguna estimativa de la población de la plaga. En el nordeste brasilero, la implantación de programas del MIP en el cultivo del melón permitió la reducción de hasta un 75 por ciento en la utilización de insecticidas para el control de plagas (Fernandes, 1996). Mientras tanto, conforme fue discutido, los programas del MIP no pueden o deben estar basados exclusivamente en la utilización de insecticidas. Indiscutiblemente se trata de la "herramienta" más fácil de ser adoptada por el productor. Sin embargo, su utilización no es sustentable.

Los programas de mejoramiento de plantas que apuntan a la resistencia a enfermedades y plagas son importantísimos. De modo general, los productores no precisan tener ningún conocimiento tecnológico o entrenamiento para la utilización de nuevos cultivares. Cultivares más tolerantes al ataque de plagas permiten que los productores soporten mayor número de plagas. Con eso, ocurre un aumento en el nivel del daño económico, y consecuentemente, mayor reducción en la utilización de medidas de control.

La utilización de agentes de control biológico o enemigos naturales es de importancia fundamental. Los agentes de control biológico pueden estar ocurriendo naturalmente. Mientras tanto, debido a la utilización indiscriminada de pesticidas, la acción de los mismos es limitada o nula. Además es posible la importación de enemigos naturales exóticos. Deben ser adoptadas todas las medidas cuarentenarias buscando la importación exclusiva de los enemigos naturales. Algunos países del Cono Sur (ej.: Chile) han demostrado gran interés en esa técnica. En Brasil, el Laboratorio Cuarentenario "Costa Lima", de EMBRAPA/CNPMA, recientemente inaugurado, está equipado para viabilizar la introducción de agentes de control biológico tanto para Brasil como también para los países del Cono Sur.

Además es primordial que las barreras fitosanitarias sean bien equipadas y dotadas de equipos entrenados para detectar problemas e impedir la proliferación de problemas fitosanitarios. En estas barreras, los equipos deben tener excelente entrenamiento para

reconocer los diversos agentes cuarentenarios y/o productos que puedan vehicularlos.

Una lista de los principales problemas de plagas en cultivos del Cono Sur es presentada por Viglizzo et al. (1995). De ese modo se busca impedir la aparición de los problemas, una vez que, dentro de los programas del MIP, existe la convivencia con la plaga en la mayoría de los casos. La erradicación, a pesar de ser posible, es utilizada muy raramente debido a las proporciones de los gastos involucrados.

Otro aspecto importante está relacionado con la dimensión de los programas del MIP. En general, los programas del MIP son establecidos como solución de problemas fitosanitarios en el ámbito local de la propiedad agrícola. Para algunas plagas o enfermedades, y eventualmente, plantas dañinas, se entiende que la estrategia del MIP debe comprender una comunidad de agricultores o productores pecuarios, o región en la cual tales propietarios agrícolas están involucrados. Esto depende, pues algunas plagas tienen alta movilidad y, de ese modo, para ser reguladas, precisan de la adopción de una estrategia global y no local. Esta estrategia aún ha sido poco utilizada debido, probablemente, a dificultades de integración de la comunidad.

Además de esto, es posible la introducción del costo ambiental como una forma viable de reducir el impacto ambiental. En ese sentido, Higley y Wintersteen (1992) proponen la incorporación del nivel ambiental (o ecológico) de daño económico. Los productores pasarían a incorporar los costos del posible impacto ambiental (debido a la posible aplicación de pesticida) al nivel de daño económico (NDE). Con esto, habrá aumento en el NDE y, consecuentemente, en el número de plagas aceptables. Esto, invariablemente, llevará a la reducción en el uso de pesticidas.

Por último, es importante el establecimiento de programas de evaluación del MIP. Indudablemente, los casos históricos de éxito en la reducción de uso de pesticidas y/o acción de agentes de control biológico permiten anticipar el éxito de programas del MIP, si los mismos fueran bien planificados. Entretanto, en muchos casos, los programas precisan ser readecuados o modificados debido a nuevos problemas que surgen o situaciones locales no previstas. Así, evaluaciones constantes del nivel de aceptación

y uso de tácticas del MIP son imprescindibles para el éxito del programa.

## COMENTARIO FINAL

Es importante destacar que el MIP no es por sí solo la estrategia que solucionará todos los problemas de plagas del Cono Sur o del mundo. El MIP consiste en una estrategia con bases ecológicas, toxicológicas, económicas y sociales. De ese modo, se trata de una estrategia sustentable, pues permite la racionalización del uso de insumos, y, consecuentemente, la reducción del impacto ambiental. Mientras tanto, en el Cono Sur, los problemas económicos y políticos parecen ser los que más impidieron el desarrollo de programas del MIP. También, la determinación de líneas de crédito para desarrollo de investigación, entrenamiento de difusores de tecnología e integración de productos permitirán la adopción del MIP en el Cono Sur. Además de esto, es fundamental que haya mayor intercambio de informaciones sobre programas del MIP a través de la integración de los especialistas. A pesar de la gran dimensión geográfica del Cono Sur, algunos problemas son comunes o similares y podrán ser solucionados conjuntamente.

## AGRADECIMIENTOS

El autor gustaría expresar su gratitud al PROCISUR por el soporte obtenido para la elaboración de esta revisión, también como a los investigadores que prestamente atendieron la solicitud y enviaron informaciones relevantes sobre aspectos del MIP en los países del Cono Sur.

## LITERATURA CITADA.

- BAKER, P.S. 1992. Opportunities for biocontrol of insects and mites in Latin America. In: Couson, J.R., Zapater, M.C. (Ed.) Opportunities for implementation of Biocontrol in Latin America. Buenos Aires: IOBC, p. 47-53.
- CAMPANHOLA, C., MORAES, G.J. SÁ, L.A.N. 1995. Review of IPM in South America. In: Mengech, A.N., Saxena, K.N., Gopalan, H.N.B. (Ed.) Integrated pest management in the tropics: current status and future prospects. Chichester: John Wiley & Sons, p. 121-152.
- CATE, J.R., HINKLE, M.K. 1994. Integrated pest management: the path of a paradigm. National Audubon Society. 40 p.

- CENTRO DE INVESTIGACION AGRÍCOLA TROPICAL. 1994. Recomendaciones técnicas para el cultivo de soja. Santa Cruz: ANAPO, 66 p.
- 1996a. Arroz: recomendaciones técnicas. Santa Cruz. 81 p.
- 1996b. Trigo: recomendaciones técnicas. Santa Cruz: El País, 56 p.
- CORDO, A. 1992. Opportunities for biocontrol of weeds in Latin America. In: Coulson, J.R., Zapater, M.C. (Ed.) Opportunities for implementation of Biocontrol in Latin America. Buenos Aires, IOBC, p. 39-45.
- CORDO, H. A. 1996. Control biológico de malezas en la República Argentina In: Zapater, M.C. (Ed.) El control biológico en América latina. Buenos Aires: NTRS/IOBC, p. 9-15.
- FERNANDES, O.A. 1996. Pragas do melão - Cucumis melo L. In: Braga Sobrinho, R. & Freire, F.C.O. (ed.) Pragas e doenças de culturas tropicais de importância agroindustrial. Fortaleza: CNPAT/EMBRAPA, (no prelo).
- FUNDERBURK, J.E., HIGLEY, L.G. 1994. Management of arthropods pests. In: Hatfield, J.L. & Karlen, D.L. (Ed.) Sustainable agriculture systems. Boca Raton: Lewis, p. 199-228.
- GARCIA, P.W., CLARK, L.R. 1960. An ecological approach to pest control. In: Zapater, M.C. (Ed.) El control biológico en América Latina. Buenos Aires: NTRS/IOBC, p. 31-33.
- GEIER, P.W., CLARK, L.R. 1960. An ecological approach to pest control. In: IUCN Symposium, 7, Warszawa. p. 225-233.
- HIGLEY, L.G., WINTERSTEEN, W.K. 1992. A novel approach to environmental risk assessment of pesticides as a basis for incorporating environmental costs into economic injury levels. *Am. Entomol. v. 38, n. 1, p. 34-39.*
- NASCA, A.J., LAZARO, H.O. 1991. Manejo integrado de plagas de soja en el noroeste argentino. *CIRPON: Rev. Invest. v. 9, n. 1-4, p. 77-90.*
- NASCIMENTO, J.C. 1994. Sustentabilidade agrícola na perspectiva dos institutos nacionais de pesquisa: o caso da EMBRAPA In: Puignau, J.P., Buschinelli, C.C. (Ed.) Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola: Diálogo XLII. Montevideo: PROCISUR/IICA, p. 5-6.
- PARRA, J.R.P. 1996. Produção massal, uso e testes de qualidade de artrópodos entomófagos nos países da América Latina. In: Zapater, M.C. (Ed.) El control biológico en América Latina. Buenos Aires: NTRS/IOBC, p.99-105.
- ROSSMAN, A.Y. 1992. Opportunities for biocontrol of fungal pathogens in Latin America. In: Coulson, J.R. & Zapater, M.C. (Ed.) Opportunities for implementation of Biocontrol in Latin America. Buenos Aires: IOBC, p. 55-71.
- STERN, V.M., SMITH, R.F., van den BOSCH, R., HAGEN, K.S. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: the integrated control concept. *Hilgardia. v. 29, n. 81-101.*
- STONE, J.D., PEDIGO, L.P. 1972. Development and economic-injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa. *J. Econ. Entomol. v. 65, p. 197-201.*
- TRIGO, E.J. 1994. Investigación agropecuaria, innovación institucional y desarrollo sostenible: El papel de las instituciones nacionales de investigación agrícola. In: Puignau, J.P. & Buschinelli, C.C.A. (Ed.) Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola: Diálogo XLII. Montevideo: PROCISUR/IICA, p. 17-30.
- VAUGHAM, M.A. 1992. International biocontrol cooperation within Latin America. In: Coulson, J.R. & Zapater, M.C. (Ed.) Opportunities for implementation of Biocontrol in Latin America. Buenos Aires: IOBC, p. 7-38.
- VIDELA, G.W. 1996. Evaluación de tácticas de manejo integrado de insectos del algodón. Sáenz Peña: INTA. 115 p. (Informe final de proyecto).
- VIGLIZZO, E., MORAES, G., DANTAS, M., PUIGNAU, J.P. (Ed.). 1995. Subprograma recursos naturales y sostenibilidad agrícola. Montevideo: PROCISUR/IICA, 119 p. (Documento Marco).
- ZAPATER, M.C. 1992. IOBC's Neotropical Regional Section (NTRS). In: Coulson, J.R. & Zapater, M.C. (Ed.) Opportunities for implementation of Biocontrol in Latin America. Buenos Aires: IOBC, p. 1-6.

## CAPÍTULO 9

# CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR PESTICIDAS EN EL CONO SUR. UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

---

GERALDO STACHETTI RODRIGUES

# Contaminación ambiental por pesticidas en el Cono Sur. Una revisión de la literatura\*

Geraldo Stachetti Rodrigues \*\*

## INTRODUCCIÓN

La comprensión del tema de la contaminación ambiental en una región tan vasta y diferenciada desde el punto de vista espacial como lo es el Cono Sur, sea en términos de las características del ambiente físico, tanto como en relación con la diversidad de actividades económicas entre regiones; y el acelerado proceso de modernización que aquí viene sucediendo, permite y al mismo tiempo exige, que enfoquemos este asunto por partes, de manera de poder comprender y profundizar los conocimientos acerca de las varias facetas del problema y, agregando esas informaciones, componer un cuadro actual del estado de nuestro ambiente.

La Agricultura representa un aspecto de sumo interés, dado su extraordinario crecimiento en toda la región, considerando tanto la incorporación de enormes áreas a la actividad productiva, como el desarrollo tecnológico que se observa en las últimas décadas.

Tal vez el aspecto más importante desde el punto de vista del gran público, de la prensa, y la comunidad internacional en relación con la problemática de la polución y la agricultura sea el tema de los pesticidas. Ese interés probablemente se debe primero exactamente a la actualidad del tema, ya que fue solamente a partir de los años setenta que el proceso de modernización invocó el empleo masivo de pesticidas en gran escala (León D'Amato e Iturrregui, 1987; Thomas, 1988), y con el uso los problemas; y segundo porque la consecuente concientización ecológica trajo una justificada preocupación con esas sustancias (Breslin, 1988; Ruegg et al., 1986), que a pesar de saberse

peligrosas, alcanzan nuestras mesas en todas nuestras comidas.

Con el objetivo de compilar y analizar las informaciones disponibles en la literatura científica sobre contaminación ambiental por pesticidas en el Cono Sur, decidimos consultar cuidadosamente las principales bases de datos bibliográficos (especialmente AGRIS, CAB ABSTRACTS, AGRICOLA, TOXLINE, E-CD), seleccionando de ellas los artículos relacionados al tema.

Posteriormente, las referencias citadas en estos artículos fueron también recuperadas, y conjuntamente componen la base de informaciones consideradas en el presente análisis. Tal método, de concentrar la atención solamente en la literatura indexada, se debe a la tentativa de evitar sesgos que puede causar la mayor accesibilidad a los estudios de circulación restringida producidos en nuestro medio (Brasil) y así procurar equilibrar, en la medida de lo posible, las informaciones para las diversas regiones del Cono Sur. Aún así, una mayoría significativa de los artículos utilizados se refiere a estudios efectuados en Brasil, ya que el volumen de publicaciones respectivas a este país es sensiblemente mayor (Miguel, 1991).

La revisión de la literatura así obtenida, reveló la existencia de una cantidad considerable de datos sobre pesticidas y contaminación del aire, aguas y suelos, de alimentos y matrices biológicas, así como de exposición de trabajadores y de la población y sobre efectos en la salud pública. Además de eso, hay estudios sobre la evolución de la producción y del uso de estas sustancias y problemas ambientales asociados, de legislación y aspectos de política relacionada con el tema, tanto con relación a la toma de decisiones por parte de grupos de interés, como a la evolución de la conciencia popular y el incremento de las exigencias de padrones rígidos de seguridad. Es en ese orden de creciente complejidad que analizaremos la contaminación ambiental por pesticidas en el Cono Sur.

---

\* Traducido del portugués por el Dr. Juan A. Dogliotti.

\*\* Ingeniero Agrónomo, PhD., CNPMA/EMBRAPA, Jaguariúna, SP, Brasil

## CONTAMINACIÓN DEL AMBIENTE

Residuos de pesticidas, específicamente organoclorados, están presentes en todos los compartimentos ambientales del globo, desde las áreas más remotas. Trazas de DDT, BHC, aldrin, heptacloro, entre otros, pueden ser detectados en la atmósfera sobre el Atlántico Sur y Océano Antártico (Weber y Montone, 1990), en muestras de suelo, agua, hielo y nieve en la Antártida (Tanabe et al., 1983), y en elevadas altitudes en los Andes Chilenos (Ciudad y Moyano, 1988).

La contaminación alcanza las aguas subterráneas extraídas para el consumo humano (Lara y Barreto, 1972), y es mantenida incluso en aguas tratadas y ofrecidas para consumo en las ciudades (Cáceres et al., 1981), aunque en niveles considerados seguros. Ese problema que afecta la calidad de un recurso tan valioso como aguas subterráneas necesita redoblada atención (Egboca et al., 1989), incluso porque las informaciones son actualmente muy escasas o ausentes para la mayoría de las regiones (Requena, 1990), a pesar de que los estudios relativos al riesgo de pesticidas lixiviados de suelos agrícolas hayan sido iniciados hace cuarenta años (Gargantini et al., 1957).

Hoy hay un esfuerzo de investigación que se está direccionando para la caracterización y evaluación del riesgo de contaminación en las áreas de recarga del mega-acuífero Guarany, que se extiende por todo el sur de Brasil y extensas áreas del Paraguay y Argentina. Además de la definición de los atributos geofísicos (Valentim Zuguette et al., 1993), los estudios comprenden la determinación de contaminación por pesticidas, que fue constatada como baja (Sinelli et al., 1988); y el comportamiento de la vinaza, residuo de la destilación del alcohol, aplicado en grandes cantidades en las extensas áreas de caña de azúcar que cubren las áreas de recarga en el Estado de San Pablo (Brasil) (Gloeden et al., 1991). En un estudio más amplio, empleando métodos de evaluación de riesgo de contaminación de aguas subterráneas propuestos en un manual de la Organización Panamericana de la Salud (Foster y Hirata, 1991; Foster et al., 1987), un mapa presentando la vulnerabilidad de los acuíferos fue desarrollado para todo el Estado de San Pablo (Hirata et al., 1991).

En general, los acuíferos presentaban moderados riesgos de contaminación, pero las cargas contaminantes variaban ampliamente, dependiendo de condi-

ciones locales específicas. En un estudio complementario se evaluó la carga contaminante no puntual resultante de las actividades agropecuarias. Los mayores riesgos estarían asociados al uso intensivo de herbicidas, principalmente en las áreas de cultivo de caña de azúcar (Hirata et al., 1995), especialmente aquellas localizadas en áreas de mayor vulnerabilidad. En este estudio, se definieron las áreas prioritarias para evaluación del nivel de contaminación de aguas en la zona vadosa, de manera de permitir la prevención del compromiso de ese importante recurso natural de la región.

Estudios pioneros sobre la contaminación de aguas superficiales fueron realizados en el Lago Paranoá, formado en la construcción de la ciudad de Brasilia al inicio de los años sesenta. Residuos de aldrin y dieldrin aparecían en niveles detectables en las aguas, mientras su acumulación en la cadena trófica resultaba en niveles de hasta 462 ppb en grasa de peces obtenidos en el lago (Dianese et al., 1976). Probablemente uno de los cuerpos de agua mejor estudiados en nuestro medio en términos de contaminación por pesticidas es la represa de Lobo, en el Estado de San Pablo. Determinaciones de residuos de pesticidas clorados en sedimentos (Celeste y Cáceres, 1988) en la columna de agua del reservorio y sus tributarios (Cáceres et al., 1980; Celeste y Cáceres, 1987) resultaron en niveles bastantes bajos de contaminación (máximo 5,3 ppb de BHC), si bien aparentemente estaría ocurriendo un acúmulo en la represa, ya que los niveles de residuos allí eran mayores que aquellos presentes en los tributarios. La contaminación por residuos de pesticidas clorados en 38 represas de siete cuencas hidrográficas del Estado de San Pablo alcanzó un máximo de 1,4 ppb (DDT), aunque los niveles promedios eran normalmente menores que aquellos relatados para aguas interiores de regiones templadas del hemisferio norte. Cuencas hidrográficas con intensa actividad agrícola tendían a presentar los niveles más elevados (Cáceres et al., 1980).

Otros estudios en áreas agrícolas, en la región productora de cacao del Estado de Bahía, resultaron en niveles de residuos por debajo de los límites de tolerancia para agua potable (0,9 ppb de BHC en lagos) (Berbert y Cruz, 1984), mientras en el Estado de Paraná los niveles detectados en fuentes y pozos se presentaban encima de los límites aceptables (Souza et al., 1988). Se ha dedicado también atención a la definición de los métodos analíticos más adecua-

dos para evaluar compuestos orgánicos y residuos de pesticidas en aguas (Jardim y Campos, 1988; Vidal et al., 1994).

Por medio de una serie de estudios no relacionados es posible averiguar el estado de contaminación de una de las cuencas hidrográficas más importantes del Cono Sur, la del Paraná/Plata. Comenzando por el río Pardo, en la región cañera del Estado de San Pablo, bioensayos con un indicador bivalvo sugerían que los moluscos habían sido expuestos a varios organoclorados (Lopes et al., 1962). Solamente trazos de residuos fueron detectados en la columna de agua del río Baía, afluente del río Paraná en una región de intensa agricultura en el Estado de Paraná (Brasil), pero los sedimentos presentaban hasta 0,5 ppm de BHC (Tanamati et al., 1991). Ya en territorio argentino, a 600 km de la desembocadura, el río Paraná presentaba niveles muy bajos de BHC (9 ppt), en tanto fue posible detectar la presencia del organofosforado paratión (22 ppt) (Lenardon et al., 1994). Monitoreos realizados en el río Uruguay parecen confirmar esos números, con isómeros de HCH alcanzando 10 ppt, una figura que indica un descenso con relación a estudios anteriores (Janiet et al., 1994).

Finalmente, determinaciones de residuos de pesticidas clorados en las aguas, sedimentos y organismos del río de la Plata demostraron que los niveles de residuos decrecen de las áreas industrializadas para estaciones de colecta más distantes de la costa. El lindano alcanzaba un máximo de 61 ppt en agua, 12,2 ppb en sedimentos, y 1,5 ppm en la grasa de organismos; mientras que DDT<sup>Total</sup> alcanzaba 7,7 ppt, 91,4 ppb, y 25 ppm en agua, sedimentos y organismos respectivamente (Colombo et al., 1990).

Otras regiones estudiadas con relación a contaminación por residuos de pesticidas son la cuenca del río Santa Lucía en Uruguay (Burger y Alonso, 1989) y Bahía Blanca en Argentina, cuyos niveles máximos de lindano (54,2 ppt), aldrin, (61,8 ppt), DDT (67 ppt), entre otros, indican una polución comparable con aquella observada en la bahía de Nápoles (Italia) o en el estuario del río Saint Lawrence en los Estados Unidos (Sericano y Pucci, 1984).

Ya en el sistema del estuario de Santos (San Pablo), considerado uno de los más pesadamente poluidos de Brasil, el nivel máximo de BHC detectado en aguas fue de 1,02 ppb, mientras en sedimentos esa contaminación alcanzaba 103 ppb, o sea, superior a

la observada anteriormente (Tommasi, 1985). Mientras tanto, residuos de otros pesticidas estaban virtualmente ausentes, a excepción del endosulfán, que también aparecía en concentraciones elevadas. Vale destacar, con todo, que esa área es un importante polo industrial y metalúrgico.

Un estudio en el litoral de Río de Janeiro demostró que los niveles de residuos de pesticidas clorados eran comparables a aquellos observados en las costas del Mar del Norte, Europa (considerado bastante poluido), permaneciendo por debajo de 20 ppb para DDT, a excepción de la bahía de Sepetiba, donde alcanza 80 ppb. Poluentes típicamente industriales (PCBs y PAHs) aparecían en niveles inferiores en Río de Janeiro en relación con el mar del Norte (Japenga et al., 1988).

La contaminación del ambiente por compuestos organoclorados tiene como consecuencia inmediata la acumulación de residuos en los organismos, ya que esos compuestos son lipofílicos y presentan la tendencia a acumularse en el material biológico. Por ejemplo, si bien la contaminación de las aguas de la represa de Lobo no es importante, como vimos anteriormente, los residuos en la grasa de los peces capturados en la represa alcanzan 20 ppb (clorados totales), aunque menores que los valores citados para otras regiones, y aceptables conforme los límites tolerables en la legislación, indican un efecto acumulativo (Celeste y Cáceres, 1988). Esos niveles de residuos en organismos pueden ser mayores, dependiendo del grado de contaminación del ambiente. Por ejemplo, residuos de DDT alcanzaron 0,37 ppm en peces capturados en el poluido río Tietê que corre a lo largo de la ciudad de San Pablo, Brasil (Yokomizo et al., 1980) y 41 ppb en el litoral de Santos, donde la contaminación por BHC era más alarmante, alcanzando 940 ppb (Lara et al., 1980). Ya en el litoral de Cananeia, San Pablo, una región poco poluida, la gran mayoría de las muestras presentaba residuos por debajo de los límites de detección, con todo los niveles considerablemente altos fueron detectados en ostras, que tienen una gran capacidad acumulativa (Ferreira et al., 1980). En una ocasión que ocurrió una pronunciada mortandad de peces en el río Jaguarí (interior de San Pablo), los parámetros de calidad de agua fueron analizados demostrando que estaban presentes solamente trazos de organoclorados. La investigación se orientó para parásitos como agentes causales de mortandad (Silva et al., 1984).

De una manera general, la contaminación de los ambientes acuáticos en el Cono Sur puede ser considerada como moderada, salvo excepciones en áreas altamente poluidas, y es comparativamente menor que la presente en países del hemisferio norte. Mientras tanto, tal polución es ubicua, y se debe principalmente a la lixiviación y arrastre para los cuerpos de agua, de los pesticidas y sus residuos aplicados a los suelos.

Consecuente con esto, se dedica mucha atención para la comprensión del comportamiento de los pesticidas en los suelos, buscando formas de evitar, a partir de ahí, la contaminación del ambiente como un todo. Tales estudios se iniciaron hace cuarenta años, cuando se procuraba entender, por ejemplo, la dinámica del BHC aplicado en cultivos de café, o proceso de lixiviación, y la persistencia de la actividad tóxica por medio de bioensayos (Pigatti y Gianotti, 1956).

La persistencia comparativa de pesticidas clorados o fosforados fue la siguiente etapa de investigación, que procuraba entender los efectos de largo plazo de los primeros (Lord et al., 1978), y posteriormente los mecanismos involucrados en el movimiento de los compuestos a través del suelo en áreas tropicales, donde el comportamiento puede ser diferente de aquél observado en climas templados (Lord et al., 1978; 1979).

Más tarde se emplearon refinadas técnicas radiométricas para dilucidar la influencia de diferentes propiedades físicoquímicas de los suelos en la dinámica de los pesticidas (Helene et al., 1981; Luchini et al., 1984; Luchini et al., 1981; Musumeci, 1991; Musumeci et al., 1989). En una amplia evaluación de la persistencia de clorados y fosforados en suelos sobre los más importantes cultivos en el Estado de San Pablo, Brasil, se detectaron residuos en el 98 por ciento de las 486 muestras, alcanzando el DDT en suelos cultivados con caña de azúcar el nivel más alto (0,43 ppm), mientras que los fosforados no fueron detectados (Ferreira et al., 1988).

El interés por la determinación de la persistencia de compuestos biológicamente activos en el suelo, tanto para la efectividad en el control de las plagas, cuanto para la seguridad y calidad ambiental, determinó la realización de numerosos estudios empleando bioensayos. A través de esos estudios se demostró que ciertos herbicidas (ej. tebutiurón, diurón, y

simazina) podrían permanecer activos en el suelo por hasta más de 10 meses (Blanco y Oliveira, 1987), mientras otros eran desactivados en menos de la mitad de ese período (Blanco et al., 1988). Bioensayos realizados en pomares de naranja confirmaron esos resultados, demostrando que ciertos herbicidas permanecen activos por largos períodos (Machado Neto y Victoria Filho, 1995), lo que podría explicar la detección de residuos y efectos tóxicos en algunos cultivos (Campanhola et al., 1982).

La persistencia de los residuos en los suelos es determinada en primer lugar por las características de las moléculas y su interacción con las partículas y materia orgánica presente, y por la actividad degradadora de los microorganismos (Mendonça-Hagler et al., 1991), que es bastante variable y dependiente de condiciones específicas. Así, el número de colonias de microorganismos fue poco influenciado por la aplicación de pesticidas en un suelo subtropical (Mendonça-Hagler et al., 1991), mientras que la degradación de endosulfán fue pequeña en suelos del Estado de San Pablo, pero la formación de residuos ligados fue mucho mayor cuando los microorganismos estaban presentes en relación con suelos esterilizados (Monteiro et al., 1989).

Los microorganismos parecen ejercer importante papel en la liberación de residuos ligados en ciertos suelos, permitiendo que las moléculas estén disponibles para degradación (Musumeci y Ostiz, 1994). Ese efecto, a pesar de todo, depende del período que los residuos permanecen ligados a las partículas del suelo (Andrea et al., 1995; Nakagawa et al., 1996), así como del tipo de formulación del producto (Peck et al., 1995).

Como se desprende del presente análisis, la gran mayoría de las informaciones disponibles sobre contaminación por pesticidas se refieren a los clorados y sus residuos. Una de las razones para que esto sea así, es la larga persistencia de estos compuestos en el ambiente, pues a pesar de su prohibición para uso agrícola en la mayoría de los países a mediados de los años '70, aún los residuos se encontraban presentes en la época en que muchos de los trabajos que aquí se referencian fueron realizados, lo que también es verdadero hoy.

Será posible percibir a lo largo del texto que hubo una tendencia acentuada a la disminución en la ocu-

rrencia de residuos de clorados a partir del inicio de los años '80, inmediatamente después del establecimiento de restricciones a su uso. La prevalencia de informaciones sobre residuos de clorados permanece válida, sin embargo, de manera menos incisiva en los estudios relativos a géneros alimenticios, habida cuenta que muchos de los ejemplos se remontan a los tiempos en que los clorados eran aún legalmente empleados. Más adelante en este trabajo revisaremos los avances en la legislación que culminaron con la prohibición de los pesticidas organoclorados.

## CONTAMINACIÓN DE GÉNEROS ALIMENTICIOS

Los pesticidas aplicados a los cultivos tienen en el suelo su destino casi inmediato, permaneciendo ahí ligados, y siendo paulatinamente liberados para lixiviación y contaminación de las aguas, volatilización y contaminación de la atmósfera, o absorción y acúmulo en las plantas y sus consumidores. La contaminación de carne bovina por el consumo de pasturas tratadas con organoclorados y las acciones sanitarias con el ganado ya eran estudiadas desde 1971, cuando el BHC alcanzaba hasta 1,69 ppm (media 0,39 ppm) en Brasil (Lara et al., 1971). Monitoreos extensivos efectuados en aquel tiempo señalaban un preocupante cuadro de presencia de residuos (Nishikawa et al., 1982; Yokomizo, 1979), dado que en un estudio el 17 por ciento de las muestras de grasa bovina se encontraban encima de límites aceptables (establecidos a 0,30 ppm de BHC en ese estudio de Carvalho et al., 1980, en comparación con 1,0 ppm entonces propuesta para el Brasil según Lara y Barreto, 1972). La distribución espacial de la contaminación implicaba que regiones más desarrolladas económicamente, donde normalmente se empleaban más pesticidas, presentaban una tendencia a contener niveles más altos de residuos (Maia y Brant, 1980). Ya la distribución indicaba que, a partir del inicio de la década del '80, los niveles de residuos decrecían, extrapolando los límites en apenas 3,2 por ciento de 2.959 muestras en 1984 (Carvalho et al., 1984), y ninguna muestra encima de los límites, tanto para DDT, como para BHC, en el período 1986-1987 (Rauber y Hennigen, 1992).

Tal tendencia fue confirmada en monitoreos realizados en carne de pollo en el período 1988 - 1991, cuando, aún con residuos presentes en una gran proporción de las muestras, los límites de tolerancia

no fueron violados (Barreto et al., 1992). En otro levantamiento (Delazari et al., 1991) los niveles más altos de residuos en grasa de pollos se encontraban entre 10 y 100 veces por debajo de los límites, y las camas (biruta, etc.) resultantes de la cría tampoco presentaban problemas de contaminación (Willrich y Flor, 1991).

La ausencia o pequeña presencia de residuos en carne de pollo se refleja también en la contaminación en huevos, como se evidenció en un estudio realizado para la región metropolitana de Santiago. El principal residuo presente era lindano (8,3 ppb), que ocurría en concentraciones inferiores al límite aceptable (Marcus et al., 1989). Análisis de residuos de pesticidas clorados realizados en alimentos de varios orígenes en San Pablo indicaron que la ingestión diaria correspondía a 0,4 g/kg peso/día, y que la mayor parte de esa carga se originaba de productos alimenticios de origen animal (Lara y Barreto, 1972). Los resultados de ese estudio indicaban que el padrón de contaminación en Brasil difería de aquél observado en los países del hemisferio norte, donde el DDT era el residuo más importante, en lugar del BHC. Ese padrón era también observado en Chile (Marcus et al., 1989) y Argentina (Cuerpo y Pizzi, 1983).

La reglamentación del uso de pesticidas en la Argentina se inició con las restricciones a la importación de carne por parte de los Estados Unidos ya en los años '60, debido a la presencia de residuos de organoclorados (Cuerpo y Pizzi, 1983). Confirmando la tendencia descrita para el Brasil, el monitoreo reciente del nivel de residuos en productos cárnicos producidos en la Argentina demostró que apenas 0,7 por ciento de las muestras analizadas presentaban residuos por encima del 50 por ciento del nivel máximo permitido por la legislación norteamericana (Cuerpo, 1990). Esa perspectiva de atención a las exigencias de los socios comerciales indujo al desarrollo de estudios que buscaron garantizar la calidad de los productos. Exposiciones experimentales del ganado a suplementos tratados con pesticidas procuraron definir niveles seguros y períodos de restricción (Pizzi et al., 1981).

Similarmente, herbicidas empleados en el control de hierbas invasoras de pasturas fueron evaluados en relación con la capacidad de introducir residuos en la carne o la leche. En ningún caso hubo problema de contaminación según la tecnología empleada (Cuer-

po et al., 1992). En realidad, esa preocupación con el mantenimiento de la calidad ocurre en todos los países, pues hay ejemplos de evaluación de calidad del alimento ofrecido a los animales también en Chile (Montes et al., 1988; Pinto et al., 1990), así como evaluaciones en Brasil del efecto de tratamientos sanitarios a vacas, en la calidad de la leche (de Santos et al., 1988). Esos estudios indican que a pesar de que se deba dar una gran atención al manejo de los animales a fin de garantizar la calidad de los productos, la contaminación por clorados se debe esencialmente a su presencia en los pastos.

Esa contaminación acaba por determinar la presencia de residuos también en los derivados lácteos. Ya en 1971 se midieron los niveles de residuos de clorados en leche y derivados en la ciudad de San Pablo. Todas las muestras de leche contenían residuos de BHC alcanzando hasta 55 ppb, mientras que muestras de queso alcanzaban 1.300 ppb, niveles muy superiores a los máximos establecidos por la OMS (4 ppb para leche y 100 para derivados según Almeida y Barreto, 1971). En un nuevo monitoreo realizado en 1979 aún era posible detectar residuos en todas las muestras. A pesar de que los niveles de contaminación se redujeron en relación con el estudio anterior, 88,6 por ciento de las muestras aún excedieron los límites aceptables (Lara et al., 1980). Esa tendencia decreciente se continuó observando en levantamientos subsecuentes (Lara et al., 1985). Así en un estudio realizado en tres ciudades del Estado de San Pablo en 1984, ninguna muestra excedía los límites aceptables (Yokomizo et al., 1984), siendo que el valor mediano máximo era de 0,02 ppm en grasa de la leche.

Un padrón semejante de evolución en la presencia de residuos en productos lácteos parece haber ocurrido en la Argentina, donde los estudios disponibles son más recientes. Muestras de leche (Maitre et al., 1994) y de manteca (Lenardon et al., 1994) fueron analizadas para detección de organoclorados, y a pesar de estar los residuos presentes en la mayoría de las muestras, con prevalencia de HCH y Heptacloro, los límites tolerables según la FAO/OMS fueron violados apenas de manera esporádica. El valor medio máximo observado en grasa de manteca alcanzaba a 0,64 ppm.

En Chile, los residuos de clorados fueron detectados en leche cruda, leche pasteurizada, y forraje

ofrecido a los animales. Los residuos aparecieron en niveles considerablemente altos, con la media alcanzada hasta 0,44 ppm de BHC en leche pasteurizada, y 78 ppm en forrajes (Pinto et al., 1991)

La contaminación de las pasturas y del ambiente en general por residuos de pesticidas clorados provoca aún la presencia de estos en la miel de las abejas (Malaspina, 1983; Silveira, 1987). Un muestreo realizado sobre varias regiones de Brasil marcó la presencia de residuos de HCH en el 22 por ciento de las muestras analizadas, en niveles de hasta 0,044 ppm. (Peixoto y Franklin, 1986).

Más allá de la presencia problemática de residuos de pesticidas en alimentos de origen animal, procesados o no, está además el tema de la contaminación de frutas y hortalizas, que en muchos casos son consumidas en estado natural y casi de inmediato a su cosecha, aumentando los riesgos al consumidor.

En el caso de los productos hortifrutícolas, la presencia de clorados es un problema serio, pues esos residuos no son autorizados y sin embargo aparecen en las muestras analizadas. Por ejemplo, de 120 muestras colectadas en la central de distribución de San Pablo (CEAGESP) en 1980, ocho presentaban residuos no autorizados (siendo una encima de los límites tolerados), mientras en 99 no fueron detectados residuos (Úngaro et al., 1985). Resultados muy semejantes fueron descriptos para 1983 (Úngaro et al., 1983; Úngaro et al., 1985). En esa época había programas de monitoreo sobre la presencia de residuos en frutas, hortalizas y granos en varias regiones del Brasil (Oliveiras y Schneider Neto, 1983; Soares, 1985). Tanto la tendencia a una caída acentuada en la detección de residuos de productos no autorizados, como los niveles generales de contaminación, fueron relativamente bien documentados. (Anónimo, 1984).

Cabe señalar que, eran comunes los trabajos experimentales sobre la introducción de residuos en los productos conforme el manejo empleado en el control de plagas. Varios trabajos midieron, en general, los niveles de residuos de aldicarb en papas tratados con el compuesto en sus más diversas formas. En ningún caso se verificaron residuos por encima del límite de 1,0 ppm establecido en la legislación (Batista et al., 1988; Batista et al., 1981; Ribas et al., 1975). El mismo tipo de medición fue realizado extensamente para naranjas, un producto importante de las exportaciones de Brasil.

Cuando los pomares fueron tratados con fosforados (eti6n y fenitroti6n) no fueron detectados residuos en la pulpa de las frutas (Rigitano et al., 1982), lo mismo que ocurre con una variedad de insecticidas sist6micos (Vasconcellos et al., 1983). Ya el carbamato aldicarb result6 con una presencia de residuos del nivel de 0,12 ppm, debajo de la tolerancia de 0,2 ppm (Batista, 1987). Esos resultados fueron confirmados en an6lisis realizados en el estado norteamericano de Connecticut, donde ninguno de los 15 jugos de naranja listados como procedentes de Brasil arrojaron residuos no permitidos por la legislaci6n local, ni niveles encima de los considerados aceptables (Hankin y Pylypiw, 1991).

En Chile hay tambi6n inter6s en la evaluaci6n de residuos en frutas, que componen un 6tem importante del comercio internacional. Estudios realizados con la fruta kiwi midieron la eficiencia de varios compuestos en el control de plagas, y la persistencia de los residuos, que permanecieron por per6odos largos en la c6scara de las frutas (Gonz6lez y Curkovic, 1994).

El cuadro de contaminaci6n de hortalizas por residuos de fungicidas, representa un problema m6s serio (Ferreira, 1993). Estudios con fungicidas del grupo de los ditiocarbamatos frecuentemente se6alan la presencia de residuos en los productos cosechados (Pereira, 1988; Soarez, 1986). En un estudio detallado analizando frutas y legumbres prontas para comercializaci6n en R6o de Janeiro, de 466 muestras hab6a residuos en el 63 por ciento, siendo que el 24 por ciento presentaban residuos hasta 50 por ciento por encima de la tolerancia. Esos resultados son preocupantes una vez que esos compuestos (mancozeb, maneb, propineb, tiran y zineb) presentan como principal residuo la etilenotiourea, un compuesto cancer6geno muy estable. (Toledo y Oliveira, 1988)

Ese cuadro aparente para fungicidas observado en Brasil parece darse tambi6n en la Argentina, donde la contaminaci6n aument6 en el per6odo de 1984 a 1989, siendo que el 2,8 por ciento de las muestras presentaban residuos encima de los l6mites, y el 4,5 por ciento residuos no autorizados. El principal problema detectado, no obstante, tiene que ver con la contaminaci6n biol6gica (18% con coliformes, de los cuales 0,4% salmonella). En t6rminos de tendencias, la proporci6n de muestras con residuos encima de los l6mites aumento de 1% en 1984 para 5,4% en 1989, siendo interesante resaltar que el residuo prevale-

ciente era el pesticida fosforado parati6n (Limongelli et al., 1990).

Productos agr6colas menos perecibles, que son normalmente almacenados con baja humedad por largos per6odos, tal como aquellos empleados para extracci6n de aceites, presentan problemas diversos de contaminaci6n. Muchas veces esos productos demandan aplicaci6n de pesticidas en el almacenamiento, introduciendo una fuente adicional de residuos. Almendras de cacao fueron analizadas con relaci6n a residuos de BHC de acuerdo con las fechas de pulverizaci6n. Los niveles de residuos detectados permanecieron bajos (0,01 ppm), pero fue establecido un per6odo m6nimo de seguridad entre el tratamiento y la cosecha de 60 d6as (Berbert y da Cruz, 1984). La presencia de residuos de aldicarb fue medida en granos de caf6 pasados 15 a 90 d6as de la aplicaci6n de este insecticida en el suelo. Incluso con la aplicaci6n de 32 kg/ha los residuos en los granos tostados permanecieron por debajo del l6mite de detecci6n (0,02 ppm) (Rigitano et al., 1989).

De la misma manera, plantas de arroz tratadas con parati6n conten6an menos de dos por ciento del total aplicado al final de las cinco semanas despu6s de la aplicaci6n. La mayor proporci6n de residuos permaneci6 unida al suelo (22%), presentando una vida media de aproximadamente dos semanas (Andrea et al., 1983).

Cuando los pesticidas son aplicados directamente sobre el grano para almacenamiento la situaci6n puede ser variada (Lara y Barreto, 1977). Un estudio sobre la distribuci6n de metil-pirimif6s empleado luego de la cosecha en granos de trigo dio como resultado la recuperaci6n del 94 por ciento del total aplicado en las primeras 24 horas. Esa recuperaci6n disminuy6 para el 37 por ciento despu6s de 180 d6as del almacenamiento, y el cocimiento no tuvo efecto en la cantidad recuperada (Sampaio et al., 1991). La contaminaci6n resultante del tratamiento de granos para almacenamiento puede reflejarse en la presencia de residuos en mayores concentraciones en aceites y grasas vegetales de ellos extra6dos. An6lisis realizados en aceites y margarinas producidas a partir de ma6z, soja, girasol y arroz demostraron que los residuos de clorados, pero no de fosforados, permanecen en los aceites y margarina (Yokomizo et al, 1979), lo que puede tambi6n ocurrir en aceite de oliva (Razmilic, 1982).

Otra clase importante de contaminantes son los metales pesados. Ellos pueden ser introducidos, a través de la contaminación del ambiente por residuos industriales o de minería, o por la contaminación de fertilizantes o acondicionadores del suelo producidos por el tratamiento de la basura urbana, de los lodos del alcantarillado, o de otras fuentes, o aún como componentes de los antiguos pesticidas comunes a base de sales metálicas. Independientemente de las formas de introducción señaladas los metales pesados son contaminantes de alto riesgo ambiental y para la salud.

En el pasado, previo a la prohibición de los fungicidas mercuriales en la década del '70 en Brasil, el uso de esos productos causó serios problemas de contaminación, citándose que el 25 por ciento de los peces analizados en ciertas áreas contenían residuos que variaban de 0,01 a 0,66 ppm, en cuanto que el límite establecido por la OMS era de 0,5 ppm (Almeida, 1975). Hoy se advierte sobre posibles problemas con los pesticidas cúpricos, aunque en ese caso los riesgos sean menores (Alexandre et al., 1995).

Un análisis de calidad de los fertilizantes fosforados producidos a partir de minerales brasileños demostró no tener problemas con metales, específicamente con el cadmio (Langenbach y Sarpa, 1985), pero el empleo de ciertos residuos alcalinos de la metalurgia pueden ofrecer riesgos considerables (Amaral-Sobrinho et al., 1992).

Otro estudio midió el riesgo de exposición de trabajadores rurales a radionucleidos presentes en ciertos fertilizantes fosfatados, demostrando un pequeño pero significativo aumento de la exposición a las partículas  $\alpha$  (Santos et al., 1995). Un estudio epidemiológico del estado general de salud de poblaciones expuestas a ríos poluidos en América del Sur concluyó que la presencia de metales era básicamente normal, si bien los niveles de plomo en niños fueron suficientemente altos como para que se haya recomendado un monitoreo más cuidadoso (Interamerican Group for Research in Environmental Epidemiology, 1990).

En algunos casos, con todo, los ríos se pueden tornar extremadamente poluidos (Pfeiffer et al., 1980), contribuyendo a la contaminación oceánica. La mayoría de las veces esos casos de polución más importantes están relacionados a actividades industriales y los niveles de polución observados en nuestro medio se pueden aproximar a aquellos descritos para áreas históricamente poluidas de los países del hemisferio

norte (Ferreira et al., 1979; Lacerda et al., 1987; Rebelló et al., 1986; Tommasi, 1985; Wallner et al., 1986).

Un problema de polución por mercurio que ha llamado mucho la atención es aquél resultante de la extracción del oro en áreas del Pantanal matogrosense y Amazonia Brasileira (Lacerda et al., 1989). En un estudio extensivo del problema, la concentración de mercurio en la atmósfera fue semejante a la observada en las áreas control, pero la contaminación de los sedimentos, peces e incluso cabellos de los mineros expuestos indican que la misma es importante. (Malm et al., 1990).

Residuos de minería y contaminación por metales pesados son también un problema ambiental de dimensiones importantes en Chile (Castilla y Nealler et al., 1978), así como la contaminación con metales de origen industrial son mencionados para áreas de Argentina (Villa y Pucci, 1987). La verdad es que la contaminación ambiental por metales es de magnitud global, como se prueba a través de la presencia de altos niveles de residuos de metales pesados en mamíferos marinos capturados en las remotas costas argentinas del Atlántico Sur (Marcovecchio et al., 1994).

En términos generales, como fue verificado anteriormente para los pesticidas, y que puede ser extendido para contaminantes industriales persistentes como PCBs y PAHs, hay en general una tendencia a que tengamos en el Cono Sur un ambiente relativamente menos contaminado por metales pesados que los países industriales del norte. Tal afirmación es corroborada por una interesante investigación que analizó la presencia de metales en plumas de aves migratorias ocupantes de la cima de sus cadenas alimentarias, lo que las caracteriza como interesantes indicadores de calidad ambiental. El mercurio estaba significativamente más concentrado en las plumas producidas durante la estadía de las aves en las tierras del nordeste de los Estados Unidos, que en aquellas de sus nidales "de invierno" en la América del Sur (Burger et al., 1992).

## **EXPOSICIÓN DEL TRABAJADOR RURAL Y SALUD PÚBLICA.**

Para que aparezcan como contaminantes del ambiente, o como residuos en alimentos, los pesticidas precisan primero ser aplicados, tarea que en sus más variadas formas siempre resulta en cierta exposición,

tanto del trabajador involucrado en la operación, como de las poblaciones residentes en el entorno de las áreas tratadas. La preocupación con el tema de la exposición del trabajador rural, y los aspectos relacionados con la salud pública es antigua (Anónimo, 1969).

La exposición de la población en general a alimentos contaminados por pesticidas y metales (Almeida, 1974; Almeida, 1974), conjuntamente con la exposición ocupacional de trabajadores rurales (Almeida y Svetlicic, 1972), son los que realmente resultan en graves problemas de morbilidad y mortalidad relacionados a los pesticidas (Almeida y Svetlicic, 1972; Machado Neto, 1992). Principalmente, fallas en los equipamientos de aplicación y de protección, manipulación impropia y descuido, además de tiempos y períodos de exposición muy prolongados, resultan en efectos deletéreos, inclusive con profundas alteraciones fisiológicas en los trabajadores (Carvalho, 1991; Hay, 1991).

Con relación a la intensidad de uso, a pesar de que el empleo total de pesticidas por unidad de área cultivada pueda no ser regionalmente tan alto en el Cono Sur como en otras regiones del mundo, el uso por personal ocupado puede alcanzar valores considerables.

En el Estado de San Pablo, que representa el de empleo de pesticidas más intensivo en Brasil, en cifras relacionadas con personal ocupado, el empleo de pesticidas por cada trabajador rural alcanza 32,2 kg/año (García y Almeida, 1991), cifra que indica un nivel potencial de exposición extremadamente alto para el caso en que el manejo no sea cauteloso (Carvalho et al., 1988; Possas et al., 1988).

En efecto, los niveles de dieldrin en los trabajadores expuestos a aldrin pueden alcanzar valores semejantes a aquellos citados en casos de intoxicación (049 ppm), por Lara et al., 1981.

Adicionalmente, existe todavía la exposición no ocupacional, por presencia de residuos en alimentos y en el ambiente adyacente a las áreas tratadas (Santos Filho et al., 1993; Schwartsman et al., 1974; Wassermann et al., 1972), o como resultado de campañas de salud y control de vectores (media 100 ppb de HCH), que son citados por Lara et al., 1987. En la gran mayoría de los casos en que esas poblaciones fueron analizadas, no obstante, los niveles de ocurrencia de residuos en muestras de sangre, incluso de personal expuesto ocupacionalmente, permanecie-

ron dentro de límites considerados tolerables (media entre 10,5 y 16,5 ppb de DDE) (Lara et al., 1987; Leal et al., 1984).

En la Argentina estos valores de contaminación sanguínea ya fueron aparentemente mucho más elevados, específicamente cuando se consideraban residuos de HCH (Astolfi et al., 1973). Argentinos adultos no expuestos ocupacionalmente presentaban una media de 23 ppb de HCH, mientras que trabajadores rurales podrían alcanzar valores medios de 237,7 ppb. Para DDT y metabolitos los valores eran semejantes o un poco menores que los entonces observados en los Estados Unidos, de alrededor de 15 ppb (Radomski et al., 1971).

En estudios más recientes, son descritos muchos problemas ocasionados por manejo descuidado, indicando que también en la Argentina el mal uso es responsable por la mayoría de los problemas más serios. Por otro lado, los niveles de residuos sanguíneos de DDT aparentemente decrecieron con relación a los años '70, estableciéndose en valores medios de 6 ppm, comparativamente menores que los observados en los Estados Unidos de Norteamérica (11 ppm) e Israel (19 ppm), según Landoni, 1990.

El tema es controvertido en lo relativo a los efectos observables causados por esos niveles de contaminación crónica por pesticidas. En un estudio sobre aberraciones cromosómicas en linfocitos, no hubo diferencias entre trabajadores expuestos a metilparatión y el grupo control no expuesto (Stocco et al., 1982). Un relevamiento de ocurrencia de carcinomas en la población rural de Londrina, en el Estado de Paraná (Brasil), no indicó incrementos sobre la media nacional, sin embargo, un programa de investigación fue propuesto para estudiar posibles asociaciones entre la alta tasa regional de uso de pesticidas y ese aspecto de la salud pública (Marzochi et al., 1976).

Por otro lado, en un estudio con 31 pacientes de anemia aplásica se determinó que en cinco casos los pesticidas estarían comprometidos con la etiología (De Souza et al., 1989). Del mismo modo la participación en operaciones de aplicación de pesticidas fue epidemiológicamente asociado a una mayor incidencia de un tipo de tumor abdominal infantil (enfermedad de Wilm) en Brasil (Sharpe et al., 1995). Pero de forma más concluyente, la toxicidad causada por la presencia de residuos en el torrente circulatorio puede ser la causa inmediata de mortalidad, como quedó demostrado en un estudio que reporta crudamente cuan-

injustificadas pueden ser las consecuencias para la salud, por el uso de pesticidas (Lorand et al, 1984).

Una forma de averiguar la prevalencia de casos de intoxicación por pesticidas es a través de las informaciones depositadas en los Centros de Toxicovigilancia (Nicoletta y Ferreira, 1984). En el cuadro general de casos atendidos en Centros de Información Toxicológicos Universitarios de cuatro macrorregiones de Brasil, de 15.024 casos atendidos en 1994, 11,5 por ciento estaban relacionados a pesticidas. La mayoría de las internaciones, no obstante, fueron debidas a toxinas animales (30%) y medicamentos (30%), con 52 por ciento de cuyas exposiciones fueron accidentales, 24,5 por ciento tentativas de suicidio, y 13 por ciento ocupacionales. Las actividades industriales respondían por el 8,55 por ciento de los casos, el campo por el 6,4 por ciento, y el 67,3 por ciento de las internaciones se daban por accidentes ocurridos en las residencias urbanas (Zambrone, 1995).

Por reflejar la situación de rutina de los Centros de Toxicovigilancia, esos números diluyen la ocurrencia de problemas de mayor escala, como accidentes resultantes del uso inapropiado e indiscriminado de pesticidas, sin las mínimas condiciones de seguridad. Hay ejemplos registrados en focos de intoxicación colectiva debido a pulverización de jardines en el área urbana (Oliveira y Gomes, 1990), uso de pesticidas agrícolas para control de roedores, con muchos casos de envenenamiento diagnosticados (Lima y Reis, 1995), y eliminación de embalajes y residuos de forma inadecuada o criminal (Oliveira et al., 1983). Muchas veces esos ejemplos de uso impropio o criminal están relacionados a sustancias prohibidas o proscritas, como fue demostrado en un reciente relevamiento realizado en Brasil, que denunció la posibilidad de obtención de estos productos (Cámara y Corey, 1994).

Debido a todos estos problemas, han sido propuestas muchas iniciativas de programas para investigación de la epidemiología de intoxicaciones. (Rahde, 1982), y en este sentido Brasil se ha destacado (Levy et al., 1992). Un resultado de esos programas es que mucho se ha avanzado tanto en la concientización del público y del trabajador rural, como en la legislación, en Brasil (Lara, 1972; Trape et al, 1984), en Chile (Lazen, 1992), Uruguay (Garbino, 1982), y Argentina (Bogliani, 1993). No quedan dudas, en efecto, que mucho hay por hacer, especialmente junto a los pequeños productores (Breslin, 1988).

Las iniciativas de programas de concientización, si bien loables, poco contribuyen para suavizar un problema que nos influencia emocionalmente, el lento pero inaceptable proceso de envenenamiento de nuestros niños. Solamente con la rígida aplicación de la legislación y el efectivo abandono del uso de productos organoclorados, y con el pasar del tiempo, es que ese proceso se disminuirá. La vulnerabilidad de los niños se debe no sólo al hecho de que sus hábitos alimentarios prácticamente imprevisibles serán virtualmente ignorados en el proceso de establecimiento de límites de tolerancia a residuos en alimentos (Lavorenti y Giannotti, 1990), sino por el alto nivel de contaminación presente en la leche materna.

Al final de la década de los '70, residuos de pesticidas organoclorados en muestras de un banco de leche materna en la ciudad de San Pablo llegaron a valores muy altos (1-66 ppb de Lindano; 15-1.752 ppb de una especie de DDE), pero la media total (13 ppb) era comparativamente menor que la observada en países de Europa y Estados Unidos (Lara et al., 1987). Estudios más recientes en el interior del Estado indican niveles medios estables (Sant'Ana et al., 1989), pero demuestran que madres expuestas a compuestos clorados pueden presentar niveles extremos (0,149 ppm), lo que arroja una ingestión diaria de DDT por el lactante hasta tres veces superior a lo aceptable según la recomendación de la FAO/OMS. Todavía en el caso de las madres no expuestas, esa ingestión diaria alcanza el 60 por ciento de lo aceptable (Matuo et al., 1992).

Estudios realizados en otros estados como Paraná (Vannuchi et al., 1992) y Río Grande del Sur (Berreta y Dick, 1994), así como los datos referentes a la Argentina ( $DDT_{total}$  0,14 ppm en 1971; 0,61 ppm en 1981), de acuerdo a Landoni, 1990, y a Chile (DDT - 3 a 190 ppb, Lindano 1 a 29 ppb), según Marcus y Robert, 1991) confirman la presencia ubicua de residuos en leche materna en la región. Siendo la leche materna indispensable para el sano desarrollo de los niños, la sociedad no puede medir los esfuerzos para alcanzar una drástica y rápida reducción de esa contaminación.

## PESTICIDAS Y LA DEGRADACIÓN DEL AMBIENTE

Nuestra exposición directa a los residuos de pesticidas en los alimentos (Kucinski, 1986) no expresa,

por sí sola, todos los problemas asociados al empleo de estas sustancias que ocurren actualmente. La degradación del ambiente agrícola también depende en parte de la propia forma como se realiza el manejo agropecuario teniendo los pesticidas como base tecnológica (Paschoal, 1979). Sin considerar las evidencias de los efectos contraproducentes de los pesticidas en la interacción entre las plantas cultivadas y las plagas, con ejemplos de resistencia en insectos y plantas invasoras, e impactos en la microflora (Berton, 1994; Christoffoleti et al., 1994; Ghini, 1993; Ternes, 1985), y no obstante en la región del Cono Sur para el desarrollo de una agricultura sustentable (Alvarado, 1990; Campanhola et al., 1995; Dulley y Miyasaka, 1994; EMBRAPA, 1995; Faeth, 1994; Flores et al., 1991; Verde y Viglizzo, 1995), la adopción de tecnologías por los agricultores, y la posibilidad de alterar y adecuar el manejo depende de variables complejas (Rodacki et al., 1974).

Es aún muy prevaleciente la "cultura" del uso de pesticidas en la región. Hay en verdad una institucionalización de la presión por el uso inclusive de productos prohibidos y sobre ambientes frágiles, aún cuando parecen estar disponibles otras alternativas (Ruas Neto et al., 1994), como normalmente ocurre especialmente en el combate de los mosquitos, bajo la égida de los programas de salud (Treakle, 1990).

El resultado de esa perspectiva de uso de pesticidas es la ocurrencia de los problemas generales de contaminación observados en toda América Latina (Barra et al., 1995; Barroso y Silva, 1992; Miguel, 1991; Prego, 1988; Rocha et al., 1973; Siqueira et al., 1983; Spadotto et al., 1996). Se debe aún considerar la tendencia actual de aumento en el uso de agroquímicos en la región, debido al crecimiento y a la expansión en la participación de los mercados globales, por fuerza del desarrollo económico y de la integración en el MERCOSUR (Bellotti et al., 1990; Crosson, 1983; González, 1995; Jennings, 1988; Martins, 1996).

## **HISTORIA DEL USO Y LEGISLACIÓN SOBRE PESTICIDAS.**

La intensificación en el uso de pesticidas ocurrió históricamente de acuerdo con los dictámenes de las grandes corporaciones transnacionales, con la connivencia y apoyo de los gobiernos. En la región del

Cono Sur hay particularidades asociadas al tamaño de los mercados y en cuanto a la forma y el ritmo como ellos se desarrollaron.

Brasil está en un destacado primer lugar tanto en términos de variedad de productos como volumen total empleado, que alcanzó 1.879 productos registrados, con un volumen total de 105 millones de kg en 1983 (Anónimo, 1984). Esa posición es resultante no solamente del tamaño del sector agrícola del país, sino de una política explícita de instalación de un parque industrial volcado al suministro de insumos agrícolas. En 1975, a través del Plano Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA) (Futino y Salles Filho, 1991; Futino y Silveira, 1991; Silveira y Futino, 1990; Thomas, 1988). Este plan causó un explosivo aumento en la producción doméstica de pesticidas, haciendo de Brasil, en 1981, un exportador neto (Ferreira et al., 1986).

Hay quienes argumentan sobre las economías generadas por el plan para el país, que aplicó US\$ 37 millones en pesticidas en 1970, y US\$ 281 millones en 1981, cifra que podría alcanzar US\$ 534 millones si la estructura productiva no hubiese sido alterada (Alves, 1986). Tal visión, entretanto, debe ser tenida como sesgada, pues asume que el comportamiento del mercado hubiese sido el mismo, en una estructura de oferta diferente. De cualquier manera se indaga: ¿cuáles son los factores que causaron esa expansión? En verdad el gobierno brasileiro fue un facilitador generoso para las industrias, otorgando crédito vinculado a la compra de pesticidas (Ferrari, 1985) y permitiendo un enorme grado de internacionalización de la producción (en 1982 las compañías transnacionales detentaban el 77 por ciento del mercado brasileiro) según señala Naidin, 1986.

Las industrias fueron, además, llamadas a prestar asistencia técnica al campo, ya que el gobierno armaba los programas oficiales, permitiendo el control del mercado desde la producción hasta el suministro. En el ámbito de la legislación, como veremos a continuación, la liberalidad permitía a las industrias comercializar compuestos proscritos en otros países (lo que es todavía válido aún hoy), prolongando la vida económica de los productos y tornando el mercado brasileiro más atrayente. (Naidin, 1986).

En la Argentina la evolución del mercado fue diferente. En los años '60 preponderaban los organoclorados producidos domésticamente. A partir

de 1970 el mercado creció rápido, alcanzando 30 millones de kilogramos. Los productos importados aumentaron su participación desde el 30 por ciento en esa época, al 80 por ciento en la década siguiente. (León et al., 1987).

Con relación a la legislación, la modernización fue extremadamente tardía (Galvão, 1980; Locatelli y Falco, 1972; Soares, 1977; Yates, 1971), dado que en Brasil las leyes de 1934, (por lo tanto anteriores a la introducción de los organoclorados) prevalecieron hasta 1986 (Zambrone, 1995). Los padrones de calidad de agua y límites de presencia de residuos fueron también establecidos tardíamente (Anónimo, 1977; Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 1986; Stellfeld et al., 1981). En 1986 un artículo revisando la legislación vigente clamaba por un nuevo código (Alves, 1986). El conjunto de leyes que prevalecía había surgido de forma pionera en el estado de Río Grande del Sur en 1977 y sirvió de modelo para Brasil, bajo la protesta sonora de las industrias (Caufield, 1983). La legislación entonces estableció el recetario agronómico, prohibió los organoclorados (salvo para usos especiales, que infelizmente fueron muchos), y pasó a exigir la renovación de los registros. Más importante aún, permitía que entidades civiles solicitasen la cancelación de registros (Menezes, 1986). Una buena ley, no obstante, no garante que problemas tan complejos como los relacionados al uso de pesticidas se resuelvan, sea en términos agrícolas (Anónimo, 1984), como ambientales (Langenbach, 1991).

### **CONCIENTIZACIÓN, APREHENSIÓN Y VOLUNTAD DE CAMBIO.**

Una modificación simple en un pulverizador puede reducir la exposición dérmica de un trabajador aplicando pesticidas en tomate de 1.864,7 ml/h a 166,8 ml/h (Machado Neto et al., 1992). Pero los agricultores agonizan y perecen víctimas de pesticidas con una frecuencia ciertamente mucho mayor que lo admisible (Lorand et al., 1984), tanto por accidentes como por exposición crónica, legalmente no evitable.

Cuarenta por ciento de los agricultores de Nova Friburgo en Río de Janeiro, y 12 por ciento de 1.493 agricultores de 10 municipios del Estado de Santa Catarina fueron diagnosticados como presentando contaminación sanguínea por organofosforados. Esos

números contestan la aseveración de las industrias de que contaminación y muertes son causadas por uso impropio (siendo entonces un problema del usuario) pero esos números son indicación de que lo impropio es el uso (Ferrari, 1985).

Solamente con la inclusión efectiva y participativa de la comunidad informada, así como con el vehemente apoyo de los agentes sociales adecuados - y en lo que se debe hacer especial referencia a los Institutos Nacionales de Investigación Agropecuaria (INIAs) - la sociedad podrá lograr una mejoría sobre las actuales condiciones de impacto ambiental causado por pesticidas en el Cono Sur (Bull y Hathaway, 1986).

La divulgación de informaciones dudosas por agentes no calificados tienden a distorsionar el problema, siendo contraproducente en la educación de la población y en la definición de programas para enfrentar el problema (Diniz y Amaral, 1978). Otro aspecto importante se relaciona a la propia forma de definir seguridad y niveles de tolerancia (Almeida, 1973; Lavorenti y Giannotti, 1990). Para establecer concentraciones aceptables en alimentos consumidos diariamente por millones de personas, se consideran normalmente parámetros toxicológicos determinados en ensayos de laboratorio, y padrones medios de consumo de la población. ¿Cómo aceptar tal procedimiento, cuando muchos pesticidas prohibidos en varios países son legalmente usados en los nuestros? (Santiago, 1986). Esta oposición podría ser abordada a través de una evaluación costo/beneficio, pero queda siempre la posibilidad de que venza el agente mejor organizado determinando un beneficio para la industria y un costo para la comunidad (Zambrone, 1986). Hay quien argumenta que esos costos son muy altos y sería inadmisibles de por sí la presencia de los pesticidas y residuos en los alimentos y en el ambiente (Goellner, 1993; Paschoal, 1983; Pessanha y Menezes, 1985).

En adelante, es necesario desarrollar e incentivar una agricultura sustentable, avanzada en relación con aquella convencional de la revolución verde, dependiente de insumos tóxicos y devoradora de los recursos naturales (Paschoal, 1983). El avance de una alternativa sustentable y agroecológica choca con la política aún vigente, una vez que es denominada como "modernización conservadora" (Ferrari, 1985).

Se enfatiza nada más que en los cultivos de exportación, manejados intensivamente y en extensos

monocultivos mecanizados para atender un mercado ávido sólo por precios competitivos. El trabajador rural y el pequeño agricultor familiar son expulsados del campo, y los que permanecen son aprisionados en un círculo de envenenamiento y pobreza (Ruegg et al., 1986).

Las intoxicaciones son atribuidas a la ignorancia, al analfabetismo, al entrenamiento inadecuado, a la falta de equipo y de observancia de las advertencias sobre toxicidad y el peligro de los pesticidas. Pero está claro que las causas principales de los impactos de los pesticidas se encuentran en una esfera superior, y deben ser atribuidos a la preponderancia de políticas económicas orientadas a la producción, las ventas y el uso de los pesticidas (Ruegg et al., 1987). ¡Estamos tratando un problema que involucra como 375.000 casos de envenenamiento en el mundo, con hasta 10.000 muertes por año (Bull y Hathaway, 1986)!

Prevenir y terminar con las intoxicaciones significa cambiar prácticas e incluir a la sociedad en un amplio movimiento que, simultáneamente: a) promueva una efectiva y rigurosa fiscalización, y demande el uso del recetario agronómico; b) haga conscientes de los peligros y aspectos de morbilidad y mortalidad consecuentes del uso de los pesticidas a la población en general, y a los agricultores en particular, así como también a los actores centrales de los programas de fiscalización; c) instruya personal en seguridad química, incluyendo toxicología y manejo adecuado de pesticidas; d) promueva e incentive programas de manejo integrado de plagas, plantío de variedades resistentes, rotación de cultivos, control biológico y sistemas de alerta para detección de brotes emergentes de plagas; e) desarrolle y practique una agricultura sustentable (Ruegg et al., 1986).

Es importante tomar en consideración que nos hemos atendido en este estudio, tan sólo a los aspectos relativos a contaminación por pesticidas, pero que la problemática de los pesticidas y sus efectos ambientales presenta muchas facetas. Hay quienes argumentan vehementemente a favor de la eliminación del uso de pesticidas, y con la justificativa apoyada en tres hechos principales: a) los pesticidas no son una forma efectiva y definitiva de controlar las plagas, porque inducen resistencia y brotes de plagas secundarias, ocasionando un círculo de dependencia; b) los pesticidas causan desequilibrios en la naturaleza,

deteriorando suelos, extinguiendo especies, y causando toda suerte de degradaciones en el ambiente, y c) los pesticidas envenenan a la población tanto en los campos como en las ciudades. Esos argumentos pueden ser considerados válidos para todo el mundo, y no solamente para los países del Cono Sur, a pesar que en regiones en desarrollo el poderío económico se exacerbe, y la población pase prácticamente al papel de rehén del círculo de dependencia (Amstalden, 1993).

Una solución tal no nos parece viable a corto término, hace a los lados el modelo agrícola establecido y del cual depende nuestro suministro de alimentos. ¿Serían entonces los esfuerzos dedicados a educar a la población y particularmente a los agricultores pasibles de éxito (Rahde, 1982)? ¿Deberíamos educar o prohibir (Pereira, 1980)?

## UNA ALIANZA PARA EL AMBIENTE Y LA SALUD

Aún englobando mercados de interés vital para las grandes corporaciones transnacionales responsables por la producción de pesticidas, los países del Cono Sur aisladamente no han sido capaces de cohibir los abusos y malos usos de esos productos.

Las presiones del mercado internacional por competitividad y calidad, y la búsqueda de espacios en ese mercado, determinan como las naciones definen sus prioridades. Si las técnicas y prácticas de un *competidor* comercial, no obstante evidentemente peores en términos sociales y ambientales, son aceptadas por el mercado y traen ventajas competitivas, es difícil evitarlas. Mientras tanto, si como *socios* comerciales se definen reglas de conducta en favor de técnicas y prácticas ambientales y socialmente adecuadas, con repercusiones futuras positivas en favor de todos, se forma una alianza de poder. Poder para cambiar nuevas conductas de otros socios, incluso transnacionales. Poder para pensar alianzas más avanzadas.

La nueva alianza para el futuro que se celebra hoy entre los pueblos del Cono Sur, brinda la oportunidad para la alteración en el balance de poder, con el subcontinente alcanzando una expresión sólida en el mundo. Si hubiera consenso de voluntad, será posible forzar cambios. De lo que se desprende del ensayo

sobre los impactos de los pesticidas en nuestro ambiente y salud desarrollado anteriormente, queda como evidente que es preciso cambiar, y que hay medios suficientes para ello. Carecemos ahora más que nunca de una actitud para el cambio.

Como sociedad unida debemos primeramente asumir la agenda de la sustentabilidad como válida y lanzarnos en su camino, así podremos ir a lo particular. Cuando aprendemos que el crédito oficial fue el mecanismo de elección para favorecer las industrias, percibimos que podrían ser empleados mecanismos semejantes para incentivar, en lugar de dificultar como hoy ocurre, el salto tecnológico que necesitamos.

Si la asociación para el futuro es la palabra del momento, debemos reunir todos los socios que participen del "agrobusiness" en un ejercicio de corresponsabilidad. Incorporar al ramo de las sustancias tóxicas, más justificadamente que en cualquier otro, el concepto de ciclo de vida del producto. Los envases y productos no usados deben completar el ciclo de producción-venta-uso-retorno ("from cradle to grave"), de forma segura y manipulados por la propia industria, especialista en el producto.

Debemos invitar a las industrias para un ejercicio de equidad en la disponibilidad de productos, de forma que estén disponibles en nuestro medio, sólo aquellos considerados seguros en todas partes del mundo. Deben ocurrir muchos otros cambios como éstos, unos simples, otros más difíciles.

Es primordial que nuestros representantes dialoguen acerca de una política común para el tratamiento del impacto de los pesticidas en nuestro ambiente y nuestra salud. El tema lo amerita, y el momento es favorable.

## LITERATURA CITADA

- ALEXANDRE, G. A. L.; SZIKSZAY, M.; LIGO, M. A. V.; KHARAKA, Y. K.; CHUDAEV, O. V.. 1995 Behavior of copper from agricultural pesticides in the unsaturated and saturated zones in a tropical climate, State of São Paulo, Brazil. 8th International Symposium Water Rock Interaction Anais, Vladivostok, Rússia. p. 851-853.
- ALMEIDA, W. F. Tolerância de resíduos de pesticidas ao nível internacional. *O Biológico*. 1973. v. 39, n. 7, p. 188-189.
- , 1974. Acúmulo de inseticidas no homem e sua significação epidemiológica. *O Biológico*. v. 40, n. 6, p. 171-183.
- , 1974. Praguicidas em veterinária e os problemas de seus resíduos. Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária Anais, v. 14, São Paulo. p. 341-349.
- , 1975. Contaminação ambiental e alimentar por mercúrio e suas consequências. *O Biológico*. v. 41, n. 7, p. 208-220.
- ; MELLO, D. DE; PUGA, F. R.; R., GAETA. 1980. Intoxicações profissionais por praguicidas. In: Mendes, R., (Ed). *Medicina do Trabalho - Doenças Profissionais*. São Paulo: Sarvier. p. 511-569.
- ; SVETLICIC, B. 1972. Aspectos de saúde pública referentes ao uso de pesticidas no Brasil. *O Biológico*. v. 38, n. 4, p. 99-104.
- ALVARADO, L. 1990. El control de plagas en la Argentina: presente y futuro. In: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, (Ed). *Seminario Juicio a Nuestra Agricultura. Hacia el Desarrollo de una Agricultura Sostenible* Anales, Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. p. 241-255.
- ALVES, A. 1986. Usos e abusos. *Ciência Hoje*. v. 4, n. 22, p. 49-52.
- ALVES, H. T. 1986. Legislação sobre defensivos agrícolas no Brasil: passado, presente e futuro. *Horticultura Brasileira*. v. 4, n. 1, p. 4-6.
- AMARAL-SOBRINHO, N. M. B.; COSTA, L. M.; OLIVEIRA, C. DE; VELLOSO, A. C. X. 1992. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 16, n. 2, p. 271-276.
- AMSTALDEN, L. F. F. 1993. Meio ambiente, pesticidas e contaminações: as muitas faces de um problema. *Reforma Agraria*. v. 23, n. 1, p. 87-99.
- ANDREA, M. M.; LORD, K. A.; RUEGG, E. F. 1983. Distribution of <sup>14</sup>C- in soil and rice plants following applications of <sup>14</sup>C-parathion to soil. *Energia Nuclear na Agricultura*. v. 5, n. 1, p. 41-57,
- ; WIENDL, F. M.; DE ANDREA, M. M. 1995. Formation and biorelease of bound residues of pesticides in two Brazilian soils. II. [<sup>14</sup>C]-parathion. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 30, n. 5, p. 695-700.
- ANÔNIMO. 1969. I Seminário sobre Pesticidas. *O Biológico*. v. 35, n. 3, p. 67-73.
- , 1977. Potabilidade da água tem normas e padrão em todo o país. *Engenharia Sanitária*. v. 16, n. 1, p. 26-30.

- , 1984. Quantos defensivos agrícolas ha no Pais? *Defesa Vegetal*. v. 1, n. 2, p. 6.
- , 1984. Vigilância é constante no controle de resíduos em hortigranjeiros. *Defesa Vegetal*. v. 1, n. 2, p. 6.
- , 1990. Five Latin American Countries' Controls Over the Registration and Use of Pesticides. *Govt. Reports Announcements & Index*. v. 19.
- ASTOLFI, E.; GARCIA FERNANDEZ, J. C.; DEJUAREZ, M. B.; PIACENTINO, H. 1973. Chlorinated pesticides found in the fat of children in the Argentine Republic. *Pesticides and the Environment: A Continuing Controversy Anais, Inter Am. Conf. on Toxicol. and Occup. Med.*, p. 233-243.
- BARRA, R.; VIGHI, M.; GUARDO, A. D. 1995. Prediction of surface water input of chloridazon and chlorpyrifos from an agricultural watershed in Chile. *Chemosphere*. v. 30, n. 3, p. 485-500.
- BARRETTO, H. H. C.; INOMATA, O. N. K.; LEMES, V. R. R. 1992. Níveis de pesticidas organoclorados em gordura de frango, 1988-1991. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 52, n. 1/2, p. 97-100.
- BARROSO, D. G.; SILVA, M. L. N. 1992. Poluição e conservação dos recursos naturais - solo e água. *Informe Agropecuário*. v. 16, n. 176, p. 17-24.
- BATISTA, G. C. DE. 1987. Resíduos de aldicarb em citros. *Laranja*. v. 2, n. 8, p. 423-441.
- ; BOSCARIOL, L. R.; ISHIDA, M.; CARDOSO, M. R. de O. 1988. Resíduos de aldicarb em batata aplicado no plantio e/ou em cobertura determinados por cromatografia gasosa. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. v. 17, n. 1, p. 157-164.
- ; HOJO, H.; COELHO, S.; FRANCO, J. F.; ALCANTARA, V. B. de. 1981. Resíduos de aldicarb em batata determinados por cromatografia em fase gasosa. *O Solo*. v. 73, n. 1, p. 13-15.
- BELLOTTI, A. C.; CARDONA, C.; LAPOINTE, S. L. 1990. Trends in pesticide use in Colombia and Brazil. *Journal of Agricultural Entomology*. v. 7, n. 3, p. 191-201.
- BERBERT, P. R. F.; CRUZ, P. F. N. da. 1983. Níveis de BHC em amêndoas de cacau na Bahia, Brasil. VII Encontro Nacional de Analistas de Resíduos de Pesticidas *Anais, Instituto Adolfo Lutz, São Paulo*. p. 36-41.
- ; CRUZ, P. F. N. da. 1984. Níveis residuais de BHC (HCH) nos principais rios e lagos da região cacauzeira sul da Bahia, Brasil. VIII Encontro Nacional de Analistas de Resíduos de Pesticidas *Anais, Instituto Adolfo Lutz, São Paulo*. p. 55-63.
- BERETTA, M.; DICK, T. 1994. Organochlorine compounds in human milk, Porto Alegre, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. v. 53, n. 3, p. 357-360.
- BERTON, O. 1994. Some resistance problems in Brazil. *Resistant Pest Management*. v. 6, n. 1, p. 21-22.
- BLANCO, H. G.; OLIVEIRA, D. A.; MATALLO, M. B. 1988. Persistência e resíduos do herbicida oryzalin em solos cultivados com soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 23, n. 10, p. 1107-1113.
- ; OLIVEIRA, D. DE A. 1987. Persistência de herbicidas em latossolo vermelho-amarelo em cultura de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 22, n. 7, p. 681-687.
- BOGLIANI, M. 1993. P.U.R.A. - Project d'Utilisation Rationnelle des Produits Agrochimiques. *Symposium International sur les Techniques d'Application des Produits Phytosanitaires Anais*, v. 2, Strasbourg, France. p. 445-452.
- BRESLIN, P. 1988. The valley without birds. *Grassroots Development*. v. 12, n. 2, p. 24-31.
- BULL, D.; HATHAWAY, D. 1986. Pragas e Venenos: Agrotóxicos no Brasil e no Terceiro Mundo. *Petrópolis, RJ: Editora Vozes/OXFAM/FASE*, 236 p.
- BURGER, J.; NISBET, I. C.; GOCHFELD, M. 1992. Metal levels in regrown feathers: assessment of contamination on the wintering and breeding grounds in the same individuals. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. v. 37, n. 3, p. 363-374.
- BURGER, M.; ALONSO, M. C. 1989. Estudio de residuos de plaguicidas en la Cuenca del Rio Santa Lucia. *Risk criteria for pesticides in the environment*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la Republica: Ministerio de Transportes y Obras Publicas.
- CÁCERES, O.; CASTELLAN, O. A. M.; MORAES, G.; PEREIRA, M. 1981. Resíduos de pesticidas clorados em água das cidades de São Carlos e Araraquara. *Ciência e Cultura*. v. 33, n. 12, p. 1622-1626.
- ; TUNDISI, J. G.; CASTELLAN, O. A. M. 1980. Resíduos de inseticidas organoclorados na represa do Broa e nos seus rios tributários. *Ciência e Cultura*. v. 32, n. 12, p. 1659-1662.
- ; TUNDISI, J. G.; CASTELLAN, O. A. M. 1987. Residues of organochloric pesticides in reservoirs in São Paulo State. *Ciência e Cultura*. v. 39, n. 3, p. 259-264.

- CAMARA, V. DE M.; COREY, G. 1994. Epidemiologic surveillance for substances banned from use in agriculture. *Bulletin of the Pan American Health Organization*. v. 28, n. 4, p. 355-359.
- CAMPANHOLA, C.; BROMILOW, R. H.; LORD, K. A.; RUEGG, E. F. 1982. Comportamento de metribuzin e trifluralina no solo e sua absorção por soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 17, n. 4, p. 565-571.
- ; DE MORAES, G. J.; DE SÁ, L. A. N. 1995. Review of IPM in South America. In: Mengech, A.N.; Saxena, K.N.; Gopalan, H.N.B., (Ed). *Integrated Pest Management in the Tropics. Current Status and Future Prospects*. Chichester, UK.: John Wiley & Sons, p. 121-152.
- CARVALHO, J. P. DE P.; NISHIKAWA, A. M.; ARANHA, S.; FAY, E. F. 1984. Resíduos de praguicidas organoclorados em gordura bovina. *O Biológico*. v. 50, n. 2, p. 39-48.
- ; NISHIKAWA, A. M.; FAY, E. F. 1980. Níveis de resíduos de praguicidas organoclorados em produtos cárneos sob inspeção federal. *Revista de Saúde Pública*. v. 14, p. 408-419.
- CARVALHO, W. A. 1991. Fatores de risco relacionados com exposição ocupacional e ambiental a inseticidas organoclorados no Estado da Bahia, Brasil, 1985. *Boletim de la Oficina Sanitaria Panamericana*. v. 111, n. 6, p. 512-524.
- ; RODRIGUES, D. S.; RAMOS, C. A.; COSTA, M. B. 1988. Incidência de intoxicações por praguicidas no Estado da Bahia, Brasil - 1983-1987. *Revista da Sociedade Brasileira de Toxicologia*. v. 1, p. 67-70.
- CASTILLA, J. C.; NEALLER, E. 1978. Marine environmental impact due to mining activities of El Salvador copper mine, Chile. *Marine Pollution Bulletin*. v. 9, n. 3, p. 67-70.
- CAUFIELD, C. 1983. Companies defy Brazilian pesticide law. *New Scientist*. v. 11, p. 393.
- CELESTE, M. DE F.; CÁ CERES, O. 1988. Resíduos de praguicidas organoclorados em peixes da represa do Ribeirão do Lobo (Broa) - São Carlos, SP. *Ciência e Cultura*. v. 40, n. 6, p. 586-590.
- ; CÁ CERES, O. 1988. Resíduos de praguicidas organoclorados no sedimento da represa do ribeirão do Lobo (Broa) - São Carlos, SP. *Ciência e Cultura*. v. 40, n. 9, p. 900-905.
- CELESTE, M. F.; CÁ CERES, O. 1987. Resíduos de praguicidas clorados na represa do Ribeirão do Lobo (Broa) e nos seus rios tributários. *Ciência e Cultura*. v. 39, n. 1, p. 66-70.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C. B. da. 1994. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. *Planta Daninha*. v. 12, n. 1, p. 13-20.
- CIUDAD, B. C.; MOYANO, A. S. 1988. Resíduos de pesticidas persistentes en recursos naturales del Valle Aconcagua. *Agricultura Tecnica*. v. 48, n. 2, p. 142-146.
- COLOMBO, J. C.; KHALIL, M. F.; ARNAC, M.; HORTH, A. C.; CATOGGIO, J. A. 1990. Distribution of chlorinated pesticides and individual polychlorinated biphenyls in biotic and abiotic compartments of the Rio de La Plata, Argentina. *Environmental Science and Technology*. v. 24, n. 4, p. 498-505,
- CROSSON, P. 1983. A schematic view of resources, technology and environment in agricultural development. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. v. 9, n. 4, p. 339-357.
- CUERPO, L. 1990. Impacto sobre la calidad de alimentos de origen animal. In: Instituto-Nacional-de-Tecnologia-Agropecuaria, (Ed). *Seminario Juicio a Nuestra Agricultura. Hacia el Desarrollo de una Agricultura Sostenible* Anales, Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. p. 209-229.
- ; PIZZI, A. 1983. Presencia de residuos de plaguicidas en carnes. *Agropecuaria*. v. 48, p. 73-77.
- ; PIZZI, A.; BRUNO, O.; ROMERO, A.; DAMEN, D. A.; LATIMORI, N. J. 1992. Evaluation of bipyridylum herbicide residues in meat. *38th International Congress of Meat Science and Technology* Anais, v. 5, Clermont Ferrand, France. p. 1039-1042.
- DE ALMEIDA, M. E. W.; BARRETTO, H. H. C. 1971. Resíduos de pesticidas clorados em leite consumido em São Paulo. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 31, p. 13-20.
- DELAZARI, I.; COSTA, M. A.; GIOLITTI, G. 1991. Residui di antiparassitari organoclorurati nei polli allevati in Brasile. *Ingegneria Alimentare, Le Conserve Animali*. v. 7, n. 6, p. 19-30.
- DIANESE, J. C.; PIGATI, P.; KITAYAMA, K. 1976. Resíduos de inseticidas clorados no lago Paranoá de Brasília. *O Biológico*. v. 42, n. 7-8, p. 151-155.
- DINIZ, J. M. DE A. R.; AMARAL, J. F. Do. 1978. Problemas técnicos e sociais decorrentes da divulgação de assuntos envolvendo defensivos agrícolas. *Ciência e Cultura*. v. 30, n. 3, p. 271-274.
- DOS SANTOS, E. C.; RODRIGUES, R.; VILELA, M. A. P. 1988. Parâmetros ambientais de importância na presença de pesticidas clorados no leite. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. v. 40, n. 4, p. 287-293.

- DULLEY, R. D.; MIYASAKA, S. 1994. Agricultura sustentável e prioridade aos insumos agrícolas internos. *Informações Econômicas Instituto de Economia Agrícola*. v. 24, n. 11, p. 29-33.
- EGBOKA, B. C. E.; NWANKWOR, G. I.; ORAJAKA, I. P.; EJIOFOR, A. O. 1989. Principles and problems of environmental pollution of groundwater resources with case examples from Developing Countries. *Environmental Health Perspectives*. v. 83, p. 39-68.
- EMBRAPA. 1995. Programa Qualidade Ambiental. Documento Orientador. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental - CNPMA. 11/28/1995.
- FAETH, P. 1994. Building the case for sustainable agriculture: policy lessons from India, Chile, and the Philippines. *Environment*. v. 36, n. 1, p. 16-39,45.
- FERRARI, A. 1985. Agrotóxicos, a Praga da Dominação. Porto Alegre, RS.: Editora Mercado Aberto Ltda., 87 p.
- FERREIRA, C. T.; CARVALHO, F. C. DE; CARMO, A. J. B. 1986. Evolução do setor de defensivos agrícolas no Brasil, 1964-83. *Agricultura em São Paulo*. v. 33, n. I-II, p. 1-53.
- FERREIRA, J. R.; BERGAMIN FILHO, H.; KRUG, J. F.; MENEZES, N. A.; HANSEN, P. E.; JORGENSEN, S. S. 1979. Mercury in water and fish from the São Vicente estuary near Santos, Brazil. *Ambio*. v. 8, n. 5, p. 210-213.
- ; PRADO FILHO, L. G. DO; CASTRO, L. A. B. de. 1980. Alguns dados sobre a poluição por pesticidas clorados na região lagunar estuarina de Cananéia. *Boletim do Instituto de Pesca*. v. 7, n. único, p. 103-109.
- FERREIRA, M. S. 1993. Resíduos de fungicidas em alimentos. *Summa Phytopathologica*. v. 19, n. 1, p. 64-65.
- ; GUINDANI, C. M. A.; ÚNGARO, M. T. S.; BAGDONAS, M. 1988. Resíduos de inseticidas organoclorados e organofosforados em solos do estado do São Paulo. *O Biológico*. v. 54, n. 1-6, p. 21-25.
- FLORES, M. X.; QUIRINO, T. R.; NASCIMENTO, J. C.; RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. 1991. Pesquisa para Agricultura Auto-sustentável - perspectivas de política e organização na EMBRAPA. Brasília: EMBRAPA-SEA, v. 5, p. 28.
- FOSTER, S.; HIRATA, R. 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas - una metodología basada en datos existentes. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú. agosto. 81 p.
- ; VENTURA, M.; HIRATA, R. 1987. Contaminación de las aguas subterráneas - un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y el Caribe en relación con el suministro de agua potable. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú. 42 p.
- FUTINO, A. M.; SALLES FILHO, S. 1991. A biotecnologia na agricultura brasileira: a indústria de defensivos agrícolas e o controle biológico. *Agricultura em São Paulo*. v. 38, n. Tomo Especial, p. 45-88.
- ; SILVEIRA, J. M. J. F. da. 1991. A indústria de defensivos agrícolas no Brasil. *Agricultura em São Paulo*. v. 38, n. Tomo Especial, p. 1-43.
- GALVÃO, D. M. 1980. Normas para o registro de defensivos agrícolas. Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Secretaria de Defesa Sanitaria Vegetal, Divisão de Produtos Fitossanitários. Brasília. Julho. 77 p.
- GARBINO, J. P. de. 1982. Safe use of pesticides in Uruguay. *Studies in Environmental Sciences*. v. 18, p. 69-76.
- GARCIA, E. G.; ALMEIDA, W. F. de. 1991. Exposição de trabalhadores rurais aos agrotóxicos no Brasil. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*. v. 19, n. 72, p. 7-11.
- GARGANTINI, H.; GIANNOTTI, O.; TELLA, R. 1957. Lixiviação do BHC (isômero gama) em solo tipo arenito Bauru. *Bragantia*. v. 16, n. 6, p. 73-79.
- GHINI, R. 1993. Efeito de fungicidas sobre microrganismos não alvo. *Summa Phytopathologica*. v. 19, n. 1, p. 62-63.
- GLOEDEN, E.; CUNHA, R. C. A.; FRACCAROLI, M. J. B.; CLEARY, R. W. 1991. The behaviour of vinasse constituents in the unsaturated and saturated zones in the Botucatu Aquifer recharge area. *Water Science and Technology*. v. 24, n. 11, p. 147-157.
- GOELLNER, C. I. 1993. Utilização dos Defensivos Agrícolas no Brasil: Análise do seu Impacto Sobre o Ambiente e a Saúde Humana. São Paulo: Ed. Artgraph, 102 p.
- GONZALEZ, R. H. 1995. Incremento de uso de pesticidas en huertos frutales de exportación. *Revista Frutícola*. v. 16, n. 2, p. 73-77.
- ; CURKOVIC, S. T. 1994. Manejo de plagas y degradación de residuos de pesticidas en kiwi. *Revista Frutícola*. v. 15, n. 1, p. 5-20.

- HANKIN, L.; PYLYPIW, H. M. JR. 1991. Pesticides in orange juice sold in Connecticut. *Journal of Food Protection*. v. 54, n. 4, p. 310-311.
- HAY, A. 1991. A recent assessment of cocoa and pesticides in Brazil: an unhealthy blend for plantation workers. *Science of the Total Environment*. v. 106, n. 1-2, p. 97-109.
- HELENE, C. G.; LORD, K. A.; RUEGG, E. F. 1981. The persistence, leaching and volatilization of <sup>14</sup>C-aldrin in two Brazilian soils. *Ciência e Cultura*. v. 33, n. 1, p. 101-105.
- HIRATA, R. C. A.; BASTOS, C. R. A.; ROCHA, G. A.; GOMES, D. C.; IRITANI, M. A. 1991. Groundwater pollution risk and vulnerability map of the State of São Paulo, Brazil. *Water Science and Technology*. v. 24, n. 11, p. 159-169.
- ; RODRIGUES, G. S.; PARAÍBA, L. C.; BUSCHINELLI, C. C. 1995. Groundwater contamination risk from agricultural activity in São Paulo State (Brazil). In: Chilton, P.J.; Jegat, H.J.; Stuart, M.E., (Eds). *Groundwater and Agriculture: the Interrelationship Anais, British Geological Survey*, v. 95/26, Merida, Venezuela. p. 93-101.
- INTERAMERICAN GROUP FOR RESEARCH IN ENVIRONMENTAL EPIDEMIOLOGY. 1990. The health of Latin Americans exposed to polluted rivers: a triple-blind observational study. *International Journal of Epidemiology*. v. 19, n. 4, p. 1091-1099.
- JANIOT, L. J.; SERICANO, J. E.; ROSES, O. E. 1994. Chlorinated pesticide occurrence in the Uruguay River (Argentina-Uruguay). *Water, Air and Soil Pollution*. v. 76, n. 3-4, p. 323-331.
- JAPENGA, J.; WAGENAAR, W. J.; SALOMONS, W.; LACERDA, L. D.; PATCHINEELAM, S. R.; LEITAO FILHO, C. M. 1988. Organic micropollutants in the Rio de Janeiro coastal region, Brazil. *Science of the Total Environment*. v. 75, p. 249-259.
- JARDIM, W. F.; CAMPOS, M. L. A. M. 1988. Photodegradation of some naturally occurring organic compounds and their metal complexes. *Science of the Total Environment*. v. 75, p. 243-248.
- JENNINGS, G. 1988. Brazil - the sleeping giant is awakening? *Chemistry and Industry*. v. 6, p. 175-179.
- KUCINSKI, B. 1986. O veneno nosso de cada dia. *Ciência Hoje*. v. 4, n. 22, p. 58-62.
- LACERDA, L. D. DE; PFEIFFER, W. C.; FISZMAN, M. 1987. Heavy metal distribution, availability and fate in Sepetiba Bay, S.E. Brazil. *Science of the Total Environment*. v. 65, p. 163-173.
- ; PFEIFFER, W. C.; OTT, A. T.; SILVEIRA, E. G. da. 1989. Mercury contamination in the Madeira River, Amazon-Hg inputs to the environment. *Biotropica*. v. 21, n. 1, p. 91-93.
- LAMMEL, J. S. 1980. Defensivos: indispensável para o controle das pragas. *Agricultura Hoje*. v. 6, n. 61, p. 16-17.
- LANDONI, J. N. de. 1990. Contaminación: impacto sobre la salud humana. In: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, (Ed). *Seminario Juicio a Nuestra Agricultura. Hacia el Desarrollo de una Agricultura Sostenible Anales, Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina*. p. 163-179.
- LANGENBACH, T. 1991. Science in the ecotoxicology of pesticides in Brazil. *Ciência e Cultura*. v. 43, n. 3, p. 198.
- ; SARPA, M. 1985. Teor de cádmio nos fertilizantes fosfatados brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 9, n. 2, p. 179-181.
- LARA, W. 1986. A tolerância tem limites. *Ciência Hoje*. v. 4, n. 22, p. 63-64.
- LARA, W.H.; BARRETO, H. H. C. 1972. Resíduos de pesticidas clorados em águas. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 32, p. 69-74.
- ; BARRETO, H. H. C. 1972. Resíduos de pesticidas clorados em alimentos. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 32, p. 89-94.
- ; BARRETO, H. H. C. 1977. Influência do processamento sobre os resíduos de aldrin em arroz tratado para o plantio. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 37, p. 57-60.
- ; BARRETO, H. H. C.; INOMATA, O. N. K. 1980. Níveis de BHC e DDT em peixes, camarões e ostras do litoral de Santos, Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 40, n. 1, p. 29-33.
- ; BARRETO, H. H. C.; INOMATA, O. N. K. 1985. Variação dos níveis de resíduos de pesticidas organoclorados em leite pasteurizado tipo B, distribuído na cidade de São Paulo, de 1980 a 1981. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 45, n. 1, p. 43-52.
- ; BARRETO, H. H. C.; TAKAHASHI, M. Y. 1971. Resíduos de pesticidas clorados em conservas de carne bovina. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 31, p. 63-70.
- ; BARRETO, H. H. C.; VARELLA-GARCIA, M. 1981. Níveis de dieldrin em sangue de aplicadores de

- aldrin na região de São José do Rio Preto, São Paulo. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 41, n. 1, p. 9-14.
- ; BARRETTO, H. H. C.; INOMATA, O. N. K. 1980. Variação dos níveis de resíduos de pesticidas organoclorados em leite consumido na cidade de São Paulo em 1979. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 40, n. 1, p. 65-73.
- ; BARRETTO, H. H. C.; INOMATA, O. N. K. 1982. Resíduos de pesticidas organoclorados em leite humano, São Paulo, Brasil, 1979-1981. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 42, n. 1/2, p. 45-52.
- ; BARRETTO, H. H. C.; INOMATA, O. N. K. 1987. Níveis de pesticidas organoclorados em soro sanguíneo de pessoas expostas a doença de Chagas no Brasil. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 47, n. 1/2, p. 19-24.
- LAVORENTI, A.; GIANNOTTI, O. 1990. Resíduos de pesticidas em alimentos e segurança dos consumidores. *Revista de Agricultura*. v. 65, n. 1, p. 15-35.
- LAZEN, R. S. 1992. Situación actual y futura de los plaguicidas agrícolas. *Simiente*. v. 62, n. 2, p. 114-115.
- LEAL, W. S.; MACHADO, J. D.; LIMA, M. de A. e. 1984. Resíduos de pesticidas organoclorados em sangue de trabalhadores da agricultura de Pernambuco (Brasil). VIII Encontro Nacional de Analistas de Resíduos de Pesticidas Anais, Instituto Adolfo Lutz, v. 8, São Paulo. p. 67-80.
- LENARDON, A.; HEVIA, M. I. M. de; CARBONE, S. E. de. 1994. Organochlorine pesticides in Argentinian butter. *Science of the Total Environment*. v. 144, p. 273-277.
- LENARDON, A. M.; HEVIA, M. I. M. DE; FUSE, J. A.; NOCHETTO, C. B. DE; DEPETRIS, P. J. 1984. Organochlorine and organophosphorous pesticides in the Paraná River (Argentina). *Science of the Total Environment*. v. 34, n. 3, p. 289-297.
- LEÓN, C.; D'AMATO, L.; ITURREGUI, M. E. 1987. El mercado de plaguicidas en la Argentina. *Desarrollo Económico*. v. 27, n. 105, p. 129-144.
- LEVY, B. S.; KJELLSTROM, T.; FORGET, G.; JONES, M. R. D.; POLLIER, L. 1992. Ongoing research in occupational health and environmental epidemiology in developing countries. *Archives of Environmental Health*. v. 47, n. 3, p. 231-245.
- LIMA, J. S.; REIS, C. A. G. 1995. Poisoning due to illegal use of carbamates as a rodenticide in Rio de Janeiro. *Journal of Toxicology*. v. 33, n. 6, p. 687-690.
- LIMONGELLI, J. C.; RONDINONE, M. C.; LOZANO, J. F. 1990. Impacto de la contaminación en la calidad de los productos vegetales. In: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, (Ed). Seminario Juicio a Nuestra Agricultura. Hacia el Desarrollo de una Agricultura Sostenible Anais, Editorial Hemisferio Sur, 1990, Buenos Aires, Argentina. p. 183-206.
- LOCATELLI, M.; FALCO, G. de. 1972 The regulation of pesticides in Argentina. *Residue Reviews*. v. 44, p. 39-64.
- LOPES, L. C.; CASANOVA, I. C.; GARCIA DE FIGUEIREIDO, M. C.; NATHER, F. C.; AVELAR, W. E. P. 1992. *Anodontites trapesialis*: a biological monitor of organochlorine pesticides. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. v. 23, n. 3, p. 351-354.
- LORAND, I. C. H.; SOUZA, C. A.; COSTA, F. F. 1984 Haematological toxicity associated with agricultural chemicals in Brazil. *Lancet*. v. 1, n. 8373, p. 404.
- LORD, K. A.; ANDREA, M. M. DE; HELENE, C. G.; RUEGG, E. F. 1978. Laboratory tests of the persistence of pesticides in two Brazilian soils. *Arquivos do Instituto Biológico*. v. 45, n. 3, p. 197-199.
- ; HELENE, C. G.; ANDREA, M. M. DE; RUEGG, E. F. 1978. Sorption and movement of pesticides on thin layer plates of Brazilian soils. *Arquivos do Instituto Biológico*. v. 45, n. 1, p. 47-52.
- ; HELENE, C. G.; ANDREA, M. M. DE; RUEGG, E. F. 1979. Sorção e movimento de pesticidas em camadas delgadas de solos brasileiros. *Ciência e Cultura*. v. 31, n. 2, p. 174-178.
- LUCHINI, L. C.; HIRATA, R.; RUEGG, E. F. 1984. Sorção e mobilidade de pesticidas associados a propriedades físico químicas de solos de cerrados do estado de São Paulo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 19, n. 2, p. 157-162.
- ; LORD, K. A.; RUEGG, E. F. 1981. Sorption and desorption of pesticides on Brazilian soils. *Ciência e Cultura*. v. 33, n. 1, p. 97-101.
- MACHADO NETO, J. G. 1992. Riscos de contaminação ocupacional com agrotóxicos. *Summa Phytopathologica*. v. 18, n. 1, p. 63-71.
- ; MATUO, T.; MATUO, Y. K. 1992. Dermal exposure of pesticide applicators in staked tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) crops: efficiency of a safety measure in the application equipment. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. v. 48, n. 4, p. 529-534.
- ; VICTORIA FILHO, R. 1995. Dissipation of herbicide residues in the soil of a citrus orchard (*Citrus sinensis* L. Osbeck) after the ninth consecutive annual application. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. v. 55, n. 2, p. 303-308.
- MAIA, R.; BRANT, P. C. 1980. Estudo comparativo da contaminação da carne bovina por resíduos de

- pesticidas clorados nas regiões do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 40, n. 1, p. 15-21.
- MAITRE, M. I.; SIERRA, P. DE LA; LENARDON, A.; ENRIQUE, S.; MARINO, F.; DE-LA-SIERRA, P. 1994. Pesticide residue levels in Argentinian pasteurized milk. *Science of the Total Environment*. v. 155, n. 2, p. 105-108.
- MALASPINA, O. 1983. Os pesticidas na apicultura. *Informe Agropecuario*. v. 9, n. 106, p. 68-71.
- MALM, Q.; PFEIFFER, C.; SOUZA, M. M.; REUTHER, R. 1990. Mercury pollution due to gold mining in the Madeira river basin, Brazil. *Ambio*. v. 19, n. 1, p. 11-15.
- MARCOVECCHIO, J. E.; GERPE, M. S.; BASTIDA, R. O.; RODRIGUEZ, D. H.; MORON, S. G. 1994. Environmental contamination and marine mammals in coastal waters from Argentina: an overview. *Science of the Total Environment*. v. 154, n. 2-3, p. 141-151.
- MARCUS, D.; ROBERT, P. 1991. Incidencia de pesticidas organoclorados en leche materna de diferentes estratos socioeconómicos de la Región Metropolitana - Chile. *Revista Chilena de Nutrición*. v. 19, n. 2, p. 124-129.
- MARCUS, W. D.; CIUDAD, B. C.; BERGQVIST, A. E. 1989. Residuos de pesticidas organoclorados en huevos de la Región Metropolitana. *Alimentos*. v. 14, n. 3, p. 31-35.
- MARIN-MORENO, C. 1979. Cómo y dónde conseguir agroquímicos y productos veterinarios. *Revista de la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola*. v. 14, n. 76, p. 45-47.
- MARTINS, J. P. 1996. *Farsa no Mercosul*. Campinas, SP, Brazil: Edições Independentes. 54 p.
- MARZOCHI, M. C. DE A.; COELHO, R. DE B.; SOARES, D. A.; ZEITUNE, J. M. R.; MUARREK, F. J.; CECCHINI, R.; PASSOS, E. M. dos. 1976. Carcinogênese hepática no norte do Paraná e uso indiscriminado de defensivos agrícolas. I - Introdução a um programa de pesquisa. *Ciência e Cultura*. v. 28, n. 8, p. 893-901.
- MATUO, Y. K.; LOPES, J. N.; CASANOVA, I. C.; MATUO, T.; LOPES, J. L. C. 1992. Organochlorine pesticide residues in human milk in the Ribeirão Preto region, state of São Paulo, Brazil. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. v. 22, n. 2, p. 167-75.
- MENDONÇA-HAGLER, L. C.; CARVALHO, P. H.; CRUZ, I. V.; RONZANI, G. F.; LANGENBACH, T.; HAGLER, A. N. 1991. Influence of pesticides on counts of *Bacillus*, heterotrophic bacteria, and fungi in subtropical Brazilian soil microcosms. *Ciência e Cultura*. v. 43, n. 3, p. 199-201.
- MENEZES, F. A. da F. 1986. Antes tarde do que nunca. *Ciência Hoje*. v. 4, n. 22, p. 57.
- MIGUEL, A. H. 1991. Environmental pollution research in South America. *Environmental Science and Technology*. v. 25, n. 4, p. 590-594.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. 1986. Resolução nº 20, de 18 de Junho. *Diário Oficial da União, Brasil*. Brasília. 30 de Julho, p. 11356.
- MONTEIRO, R. T. R.; HIRATA, R.; ANDREA, M. N. DE; WALDER, J. M. M.; WIENDL, F. M. 1989. Degradação do inseticida (14C) endosulfan em três solos do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 13, n. 2, p. 163-168.
- MONTES, L.; TAMAYO, R.; PINTO, M.; CRISTI, R. 1988. Residuos de pesticidas clorados en reses de abasto de la IX y X Regiones, clasificadas según categorías. *Archivos de Medicina Veterinaria, Chile*. v. 20, n. 2, p. 126-134.
- MUSUMECI, M. R. 1991. Ecology of pesticides in Brazilian soils investigated by radiometric techniques. *Ciência e Cultura*. v. 43, n. 3, p. 202-204.
- ; OSTIZ, S. B.; BONANHO, T.; SILVA, M. C. D.; RUEGG, E. F. 1989. Radiotracer studies of maneb and ethylenothiurea in tomato fruit and in soils. *IAEA Technical Document*. v. 554, p. 7-16.
- MUSUMECI, M. R.; OSTIZ, S. de B. 1994. Binding of cypermethrin residue in Brazilian soils and its release by microbial activity. *Revista de Microbiologia*. v. 25, n. 4, p. 216-219.
- NAIDIN, L. C. 1986. Um mercado sob reserva. *Ciência Hoje*. v. 4, n. 22, p. 53-56.
- NAKAGAWA, L. E.; LUCHINI, L. C.; MUSUMECI, M. R.; MATALLO, M. 1996. Behavior of atrazine in soils of tropical zone. Degradation, mobility and uptake of atrazine residues from soils in a crop rotation system (maize/beans). *Journal of Environmental Science and Health. Part B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*. v. 31, n. 2, p. 203-224.
- NICOLELLA, A. D. R.; FERREIRA, E. M. 1984. Sistema regional de toxicovigilância; volume de atendimentos durante 1980 a 1983. *Boletim de Saúde*. v. 11, p. 12-22.
- NISHIKAWA, A. M.; FAY, E. F.; CARVALHO, J. P. DE P.; ARANHA, S. 1982. Níveis de resíduos de praguicidas organoclorados em conservas de carne bovina. *O Biológico*. v. 48, n. 8, p. 189-193.

- OLIVEIRA, R. M.; BRILHANTE, O. M.; MOREIRA, J. C.; MIRANDA, A. C. 1995. Contaminação por hexaclorociclohexanos em área urbana da região sudeste do Brasil. *Revista de Saúde Pública*. v. 29, n. 3, p. 228-233.
- OLIVEIRA, S. M. de; GOMES, T. C. C. 1990. Contaminação por agrotóxico em população de área urbana - Petrópolis, RJ. *Cadernos de Saúde Pública*. v. 6, n. 1, p. 18-26.
- OLIVEIRAS, L. Y.; SCHNEIDER NETO, F. 1983. Pesquisa de resíduos de defensivos agrícolas em frutas, hortaliças, arroz, soja e grãos importados. *O Biológico*. v. 49, n. 11/12, p. 21-22.
- PASCHOAL, A. D. 1979. Pragas, praguicidas e a crise ambiental: problemas e soluções. Rio de Janeiro: FGV. 102 p.
- , 1983. Biocidas - morte a curto e a longo prazo. *Revista Brasileira de Tecnologia*. v. 14, n. 1, p. 28-40.
- , 1983. O ônus do modelo da agricultura industrial. *Revista Brasileira de Tecnologia*. v. 14, n. 1, p. 17-27.
- PECK, M.; COTTERILL, J. V.; BLANCO, F. J.; WILKINS, R. M.; SILVA, F. T. DA; COTRIM, A.; FERRAZ, A.; DA SILVA, F. T. 1995. A field experiment to compare the movement of diuron from wettable powder and controlled release formulations in a Brazilian soil. In: Walker, A.; Allen, R.; Bailey, S.W.; Blair, A.M.; Brown, C.D.; Gunther, P.; Leake, C.R.; Nicholls, P.H., (Eds). *Pesticide Movement to Water Symposium Anais, Coventry, UK*. p. 327-332.
- PEIXOTO, T. M. A. G.; FRANKLIN, H. M. DE O. H. 1986. Níveis de inseticidas organoclorados em mel de abelha. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 20, n. 3/4, p. 195-200.
- PEREIRA, C. 1980. Educar ou proibir? Atualidade Agropecuária. v. 6, n. 52, p. 15-16.
- PEREIRA, E. C. 1988. Resíduos de fungicidas orgânicos do grupo de ditiocarbamatos em frutas e outros produtos de origem vegetal. *Revista da Sociedade Brasileira de Toxicologia*. v. 1/2, p. 41-43.
- PESSANHA, B. M. R.; MENEZES, F. A. DA F. 1985. A questão dos agrotóxicos. *Agroanalysis*. v. 9, n. 9, p. 2-22.
- PFEIFFER, W. C.; FISZMAN, M.; CARBONELL, N. 1980. Fate of chromium in a tributary of the Irajá River, Rio de Janeiro. *Environmental Pollution (Series B)*. v. 1, p. 117-126.
- PIGATTI, A.; GIANNOTTI, O. 1956. Determinação biológica do BHC (isômero gama) em solos de lavouras de café, tratadas com esse inseticida e sua confirmação por cromatografia em papel. *Arquivos do Instituto Biológico*. v. 23, p. 101-107.
- PINTO, C. M.; ANRIQUE, G. R.; CARRILLO, L. R.; MONTES, S. C. L.; DE LA BARRA, S. M.; CRISTI, V. R. 1990. Resíduos de plaguicidas organoclorados em alimentos para uso animal. *Agro Sur*. v. 18, n. 2, p. 67-77.
- ; MONTES, L.; ANRIQUE, G. R.; CARRILLO, L. L. R.; TAMAYO, C. R.; CRISTI, V. R. 1990. Resíduos de plaguicidas organoclorados en leche de vaca y su relación con alimentos para uso animal como fuentes de contaminación. *Archivos de Medicina Veterinaria, Chile*. v. 22, n. 2, p. 143-153.
- PIZZI, A.; CUERPO, L.; DORSI, J.; MARANGUMICH, L. 1981. Resíduos de DDT en grasas de vacunos suplementados con concentrados. *Producción Animal*. v. 7, p. 556-561.
- POSSAS, C. A.; BORTOLETTO, M. E.; ALBUQUERQUE, D. T. C.; MARQUES, M. B. 1988. Intoxicações e envenenamentos acidentais no Brasil - uma questão de saúde pública. *Revista da Sociedade Brasileira de Toxicologia*. v. 1, p. 48-53.
- PREGO, A. J., (Ed). 1988. *El Deterioro del Ambiente en la Argentina*. Buenos Aires: Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 497 p.
- RADOMSKI, J. L.; ASTOLFI, E.; DEICHMANN, W. B.; REY, A. A. 1971. Blood levels of organochlorine pesticides in Argentina: occupationally and nonoccupationally exposed adults, children and newborn infants. *Toxicology and Applied Pharmacology*. v. 20, n. 2, p. 186-193.
- RAHDE, A. F. 1982. Education of pesticide applicators in the state of Rio Grande Do Sul, Brazil. *Studies of Environmental Sciences*. v. 18, p. 77-87.
- , 1992. The epidemiology of poisoning: a monitoring program for developing countries. *Veterinary and Human Toxicology*. v. 34, n. 3, p. 261-263.
- RAUBER, B. N.; HENNIGEN, M. R. 1988. Monitoramento de resíduos de pesticidas organoclorados em carne bovina procedente do Rio Grande do Sul e Paraná. XII Encontro Nacional de Analistas de Resíduos de Pesticidas Anais, Instituto Adolfo Lutz, São Paulo. p. 94-103.
- RAZMILIC, B. 1982. Presencia de pesticidas organoclorados en aceitunas y aceites de oliva. *Valle de Azapa, Chile. Idesia, Arica, Chile*. v. 6, p. 3-11.
- REBELLO, A. DE L.; HAEKEL, W.; MOREIRA, I.; SANTELLI, R.; SCHROEDER, F. 1986. The fate of

- heavy metals in an estuarine tropical system. *Marine Chemistry*. v. 18, p. 215-225.
- REIS, M. R. C. S.; CALDAS, L. Q. A. 1991. Dithiocarbamate residues found on vegetables and fruit marketed in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Ciência e Cultura*. v. 43, n. 3, p. 216-218.
- REQUENA, A. M. 1990. Algunos aspectos sobre la contaminación del agua subterránea con plaguicidas. In: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, (Ed). Seminario Juicio a Nuestra Agricultura. Hacia el Desarrollo de una Agricultura Sostenible Anales, Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. p. 233-237.
- RIBAS, C.; PIGATTI, P.; FERREIRA, M. S.; MELLO, R. H. 1975. Resíduos de aldicarb em cultura de batata. XXVII Reunião Anual da SBPC Anais, Empresa Gráfica da Revista dos Tribunais, São Paulo, Brazil. p. 614.
- RIGITANO, R. L. O.; SOUZA, J. C. DE; MORAES, M. L. 1989. Resíduos de aldicarb e seus metabólitos tóxicos em café após a aplicação de aldicarb 15G no solo em diferentes intervalos antes da colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 24, n. 8, p. 955-959.
- ; BATISTA, G. C. DE; SOBRINHO, J. T. 1982. Ethion and fenitrothion residues in 'Hamlin' orange peels and pulp determined by gas chromatography. *Anais da Sociedade Entomologica Brasileira*. v. 11, n. 1, p. 123-128.
- ROCHA, A. A.; FUKUDA, F.; COSTA, J. R. 1973. Poluição por pesticidas no sudoeste de Goiás. VII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitaria Anais, Salvador, Brasil. p. 1-21.
- RODACKI, U. E.; GUERRERO, S. J.; BARBOSA, T.; VITOR, V. DE P. 1974. Algumas variáveis associadas ao nível de tecnologia de duas regiões de diferentes estágios de desenvolvimento do Estado do Paraná. *Experientiae*. v. 17, n. 11, p. 265-291.
- RUAS NETO, A. L.; SILVEIRA, S. M.; COLARES, E. R. DA C. 1994. Mosquito control based on larvicides in the State of Rio Grande do Sul, Brazil: choice of the control agent. *Cadernos de Saúde Pública*. v. 10, n. 2, p. 222-230.
- RUEGG, E. F.; PUGA, F. R.; SOUZA, M. C. M. DE; ÔNGARO, M. T. S.; FERREIRA, M. DA S.; YOKOMIZO, Y.; ALMEIDA, W. F. 1986. Impacto dos Agrotóxicos sobre o Ambiente, a Saúde e a Sociedade. São Paulo: Icone Editora LTDA.. 94 p.
- ; PUGA, F. R.; SOUZA, M. C. M. DE; ÔNGARO, M. T. S.; FERREIRA, M. DA S.; YOKOMIZO, Y.; ALMEIDA, W. F. 1987. Impactos dos agrotóxicos sobre o ambiente e a saúde. In: Martine, G.; Garcia, R.C., (Eds). Os Impactos sociais da modernização agrícola. São Paulo, Brazil: Caetés, p. 171-207.
- SAMPAIO, M. R. F. P.; RUEGG, E. F.; MELLO, M. H. S. H.; TOMITA, R. Y. 1991. Insecticide residues in stored grains studied by radiometric techniques. *Ciência e Cultura*. v. 43, n. 3, p. 205-207.
- SANTANA, L. S.; VASSILIEFF, I.; JOKL, L. 1989. Levels of organochlorine insecticides in milk of mothers from urban and rural areas of Botucatu, SP, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. v. 42, n. 6, p. 911-918.
- SANTIAGO, J. P. C. 1986. Proibidos, mas não tanto. *Ciência Hoje*. v. 4, n. 22, p. 48.
- SANTOS FILHO, E.; SILVA, R. DE; BARETO, H. H. C.; INOMATA, O. N. K.; LEMES, V. R. R.; SAKUMA, A. M.; SCORSAFAVA, M. A. 1993. Concentrações sanguíneas de metais pesados e praguicidas organoclorados em crianças de 1 a 10 anos. *Revista de Saúde Pública*. v. 27, n. 1, p. 59-67.
- SANTOS, P. L.; GOUVEA, R. C.; DUTRA, I. R. 1995. Human occupational radioactive contamination from the use of phosphated fertilizers. *Science of the Total Environment*. v. 162, n. 1, p. 19-22.
- SCHVARTSMAN, S.; ALMEIDA, W. F.; VAZ, F. A.; COSTA, A.; CORRADINI, H. B.; PIGATI, P.; GAETA, R.; UNGARO, M. T. 1974. Blood levels of DDT in nonoccupationally exposed mothers and newborn infants in a city of Brazil. *Environmental Quality and Safety*. v. 3, p. 154-156.
- SERICANO, J. L.; PUCCI, A. E. 1984. Chlorinated hydrocarbons in the seawater and surface sediments of Blanca Bay, Argentina. *Estuarine and Coastal Shelf Science*. v. 19, n. 1, p. 27-51.
- SHARPE, C. R.; FRANCO, E. L.; DE-CAMARGO, B.; LOPES, L. F.; BARRETO, J. H.; JOHNSON, R. R.; MAUAD, M. A. 1995. Parental exposures to pesticides and risk of Wilms' tumor in Brazil. *American Journal of Epidemiology*. v. 141, n. 3, p. 210-217.
- SILVA, C. C. DO A. E.; TOMMASI, L. R.; KRISHNAN, S. A.; PEREIRA, D. N.; BOLDRINI, C. V. 1984. Mortandade de peixes no Rio Jaguari (Estado de São Paulo, Brasil). *Ciência e Cultura*. v. 36, n. 4, p. 564-576.
- SILVEIRA, F. A. DA. 1987. Praguicidas: mortalidade de abelhas, contaminação dos produtos apícolas e proteção do apiário. *Informe Agropecuário*. v. 13, n. 149, p. 44-50.
- SILVEIRA, J. M. F. J. DA; FUTINO, A. M. 1990. O Plano Nacional de defensivos agrícolas e a criação da indústria brasileira de defensivos. *Agricultura em São Paulo*. v. 37, n. 3, p. 129-146.

- SINELLI, O.; AVELAR, W. E. P.; LOPES, J. L. C.; ROZELLI, M. 1988. Impacto ambiental nas águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Pardo (SP) - lixões e pesticidas. 5º Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas Anais, Associação Brasileira de águas Subterrâneas, São Paulo, Brasil. p. 247-253.
- SIQUEIRA, M. L.; JACOB, A.; CANHETE, R. L. 1983. Diagnóstico dos problemas ecotoxicológicos causados pelo uso de defensivos agrícolas no estado do Paraná. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. v. 11, n. 44, p. 7-17.
- SOARES, A. L. A. 1977. O uso de defensivos no Brasil. Lavoura de Arroz. v. 30, n. 303, p. 12-14.
- SOARES, I. A. A. 1985. Resultados de análises de inseticidas clorados e fosforados em frutas e hortaliças comercializadas no CEASA/MG e analisadas no Centro Integrado de Apoio a Produção - CIAP - 1983 a 1984. 9o Encontro de Analistas de Resíduos de Pesticidas Anais, Instituto Adolfo Lutz, São Paulo.
- 1986. Resíduos de fungicidas orgânicos do grupo dos ditiocarbamatos em frutas e hortaliças. Encontro Nacional de Analistas de Resíduos de Pesticidas Anais, Instituto Adolfo Lutz, v. 10, São Paulo. p. 99-110.
- SOUZA, M. H. DE; PIRES, A. R.; DIAMOND, H. R. 1989. Study of lymphocyte populations and natural killer activity in severe aplastic anaemia. Journal of Clinical and Laboratorial Immunology. v. 30, n. 3, p. 111-116.
- SOUZA, N. E. DE; RUBIRA, A. F.; MATSUSHITA, M.; TANAMATI, A. 1988. Resíduos de pesticidas organoclorados em amostras ambientais (águas e solos) no município de Maringá, Paraná. Arquivos de Biologia e Tecnologia. v. 31, n. 4, p. 587-594.
- SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; RODRIGUES, G. S. 1996. Uso de agrotóxicos nas diferentes regiões brasileiras: subsídio para a geomedicina. 2º Simpósio de Interações Geomédicas Anais, Areia, PB. p. 68-79 - 2 disquetes.
- STELLFELD, A. M. DE C.; GONÇALVES, A. L.; ROSS, J. R. DA; ALMEIDA, M. E. W. DE; LARA, W. H. 1981. Resíduos de pesticidas em alimentos no Brasil. Doc. Tecn. 32. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Campinas, SP. Janeiro. 239 p.
- STOCCO, R. DE C.; BECAK, W.; GAETA, R.; RABELLO-GAY, M. N. 1982. Cytogenetic study of workers exposed to methyl-parathion. Mutation Research. v. 103, p. 71-76.
- TANABE, S.; HIDAKA, H.; TATSUKAWA, R. 1983. PCBs and chlorinated hydrocarbon pesticides in Antarctic atmosphere and hydrosphere. Chemosphere. v. 12, n. 2, p. 277-288.
- TANAMATI, A.; RUBIRA, A. F.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E. DE. 1991. Resíduos de pesticidas organoclorados do rio Baía, afluente do rio Paraná, região de Porto Rico, PR. Arquivos de Biologia e Tecnologia. v. 34, n. 2, p. 303-315.
- TERNES, M. 1985. Resistência de insetos e plantas daninhas a praguicidas. Itajaí, SC.: EMPASC, 25 p.
- THOMAS, M. S. 1988. The pesticide market in Brazil. Chemistry and Industry. n. 6, p. 179-184.
- TOLEDO, H. H. B.; OLIVEIRA, M. C. C. DE. 1988. Pesquisa de etilenotiourea em formulações comerciais de etilenobisditiocarbamatos. Encontro Nacional de Analistas de Resíduos de Pesticidas Anais, Instituto Adolfo Lutz, v. 13, São Paulo. p. 133-136.
- TOMMASI, L. R. 1985. Poluição por mercúrio na água e sedimento de fundo da baía e estuário de Santos e São Vicente (SP). Ciência e Cultura. v. 37, n. 6, p. 996-1001.
- 1985. Resíduos de praguicidas em águas e sedimentos de fundo do sistema estuarino de Santos (SP). Ciência e Cultura. v. 37, n. 6, p. 1001-1012.
- TONHASCA JR., A. 1985. Defensivos: o mal necessário. Casa da Agricultura. v. 7, n. 1, p. 18-21.
- TRAPE, A. Z.; GARCIA, E.; BORGES, L. A.; PRADO, M. T. DE A.; FAVERO, M.; ALMEIDA, W. F. 1984. Projeto de vigilância epidemiológica em ecotoxicologia de pesticidas (abordagem preliminar). Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. v. 12, n. 47, p. 12-20.
- TREKLE, K. 1990. The World Bank, DDT purveyor to the Amazon. Garden New York. v. 14, n. 4, p. 2-4.
- ÚNGARO, M. T.S.; PIGATI, P.; GUINDANI, C. M. A.; FERREIRA, M. S.; GEBARA, A. B.; ISHIZAKI, T. 1983. Resíduos de inseticidas clorados e fosforados em frutas e hortaliças (II). O Biológico. v. 49, n. 1, p. 1-8.
- ; GUINDANI, C. M. A.; FERREIRA, M. S.; BAGDONAS, M. 1985. Resultados de análises de resíduos de inseticidas clorados e fosforados em frutas e hortaliças no período de 1978 a 1983. O Biológico. v. 51, n. 9, p. 239-241.
- ; GUINDANI, C. M. A.; FERREIRA, M. S.; PIGATI, P.; TAKEMATSU, A. P.; KASTRUP, L. F. C.; ISHAZAKI, T. 1980. Resíduos de inseticidas clorados e fosforados em frutas e hortaliças. O Biológico. v. 46, n. 7, p. 129-134.
- VALENTIM ZUGUETTE, L.; PEJON, O. J.; GANDOLFI, N.; GALLARDO LANCHO, J. F. 1993. Map of risk of groundwater pollution and of land capability, Ribeirão

- Preto, SP, Brazil. Congresso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo Anais, v. 12, Salamanca, Sevilla, Espanha. p. 1464-1471.
- VANNUCHI, M. T. O.; ANTUNES, L. A. F.; PINOTTI, M. H. P. 1992. Resíduos de pesticidas organoclorados em leite materno no município de Londrina. Semina Londrina. v. 13, n. 2, p. 52-57.
- VASCONCELLOS, H. DE O.; FERREIRA, M. S.; CRUZ, C. DE A. DA; OLIVEIRA, A. M. DE; ÔNGARO, M. T. S.; GUINDAN, C. M. A. 1983. Níveis residuais de inseticidas sistêmicos granulados de solo em frutos de laranja Natal (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Anais da Sociedade Entomologica Brasileira. v. 12, n. 1, p. 11-16.
- VERDE, L.; VIGLIZZO, E., (Eds). 1995. Desarrollo Agropecuario Sustentable - Estrategias para el Uso Agropecuario del Territorio. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria & Instituto Nacional de Estadística y Censos. 87 p.
- VIDAL, L.; TREVELIN, W. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. 1994. Determination of organochlorine pesticides dissolved in water: a comparison between solid phase and solvent extraction. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. v. 56, n. 1, p. 23-31.
- VILLA, N.; PUCCI, A. E. 1987. Seasonal and spatial distributions of copper, cadmium, and zinc in the seawater of Blanca Bay. Estuarine, Coastal and Shelf Science. v. 25, p. 67-80.
- WALLNER, M.; SEELIGER, U.; SILVA, R. L. DA. 1986. Monitoramento de metais pesados Cu, Zn, Cd e Pb no canal de Santa Cruz, utilizando a macroalga *Enteromorpha* sp. Ciência e Cultura. v. 38, n. 11, p. 1884-1889.
- WASSERMANN, M.; NOGUEIRA, D. P.; TOMATIS, L.; ATHIE, E.; WASSERMANN, D.; DJARVAHERIAN, M.; GUTTEL, C. 1972. Storage of organochlorine insecticides in people of São Paulo, Brazil. Ind. Med. v. 41, p. 22-25.
- WEBER, R. R.; MONTONE, R. C. 1990. Distribution of organochlorines in the atmosphere of the South Atlantic and Antarctic Oceans. In: Kurtz, D.A., (Ed). Long range transport of pesticides. Chelsea, MI.: Lewis Publishers, p. 185-197.
- WILLRICH, F. C.; FLOR, G. L. 1991. Determinação de resíduos de aldrin em maravalha na avicultura do Rio Grande do Sul, 1989-1991. Encontro Nacional de Analistas de Resíduos de Pesticidas Anais, v. 15, São Paulo. p. 78-83.
- YATES, J. 1971. Herbicides and the regulation of pesticide usage in Brazil. Pesticide Articles News Summaries. v. 17, n. 2, p. 166-174.
- YOKOMIZO, Y. 1979. Levantamento da contaminação de alimentos processados por resíduos de pesticidas. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos. v. 16, n. 1, p. 41-51.
- ; MANTOVANI, D. M. B.; ANGELUCCI, E.; PASQUINELLI, S. R.; DESTRO, M. T. 1984. Avaliação da contaminação de óleos e gorduras vegetais por resíduos metálicos e de pesticidas. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos. v. 21, n. 2, p. 203-238.
- ; MANTOVANI, D. M. B.; ANGELUCCI, E.; PASQUINELLI, S. R.; OLIVER, G. M. C. 1984. Avaliação da contaminação de produtos de laticínios por resíduos de pesticidas e contaminantes metálicos. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos. v. 21, n. 4, p. 469-488, 1984.
- ; TEIXEIRA FILHO, R. A.; LEITAO, F. F. M.; FUJIARA, P. H. 1980. Resíduos de pesticidas organoclorados em peixes de água doce no Estado de São Paulo. Boletim do ITAL. v. 17, n. 3, p. 327-338.
- ZAMBRONE, F. A. D. 1986. Defensivos agrícolas ou agrotóxicos? Perigosa família. Ciência Hoje. v. 4, n. 22, p. 44-47.
- , 1995. Perfil das intoxicações agudas em Centros de Informações Toxicológicas Universitárias. IX Congresso Brasileiro de Toxicologia Anais, Revista Brasileira de Toxicologia, v. 8, Ribeirão Preto, Brasil. p. 47.

## CAPÍTULO 10

DOCE RECOMENDACIONES A LOS PAÍSES PARA  
INSTRUMENTAR UNA POLÍTICA AGROAMBIENTAL EN  
LA REGION

---

## Doce recomendaciones a los países para instrumentar una política agroambiental en la región

El Libro Verde procura ser un instrumento conceptual que sirva como soporte técnico a las políticas agroambientales en el Cono Sur. Es el producto de un trabajo interdisciplinario e internacional en el cual colaboraron reconocidos especialistas de los países del Cono Sur integrados al PROCISUR. El Libro Verde, como idea, intenta anticipar problemas y proponer soluciones en un marco de intensificación de las actividades económicas que es propio de un bloque comercial emergente como el MERCOSUR.

No asignamos a nuestro Libro Verde ningún atributo especial. Es un instrumento más que, de manera desinteresada, procura contribuir a solucionar problemas inevitables en la creciente relación agricultura-ambiente. De ninguna manera intenta excluir otras visiones alternativas. Su meta es enriquecer el ambiente de decisión de aquellos que tendrán a su cargo la pesada responsabilidad de diseñar políticas -nacionales o regionales- que nos afectarán a todos.

En forma deliberada, se ha omitido tomar partido a favor de una visión doctrinaria particular, sea ésta centralizada con fuerte intervención del estado, o descentralizada donde es el mercado quien ordena y regula. Tampoco se hace referencia a los instrumentos de política ambiental que de ellas surgen. Sin ignorar su importancia creciente, tampoco se incorporan temas todavía conflictivos como son la economía y contabilidad de los recursos naturales. Este desafío queda a la espera de acumular mayor conocimiento y experiencia en la región. Por tanto, los alcances del trabajo quedan acotados al tratamiento de temáticas tecnológicas con antecedentes en la región, y al planteo de algunos aspectos generales de índole institucional.

Preservar el ambiente productivo de los países y de los grandes ecosistemas transregionales es un fin loable y deseable en sí mismo. Pero esto no cierra el problema. La mala gestión ambiental puede tener implicancias comerciales inesperadas si se transfor-

ma en un generador de barreras para-arancelarias que dificultan el ingreso al mercado internacional. Es necesario trabajar sobre una estrategia adaptativa de prevención que aleje la posibilidad de riesgo comercial en el mediano y largo plazo.

Las recomendaciones a los organismos regionales, nacionales y aún provinciales o estatales, involucrados en las políticas agrícola y ambiental, son la parte sustancial de la obra. Surgen de la integración de conceptos que han vertido distintos especialistas de reconocida autoridad profesional, participantes necesarios en la redacción de los capítulos. Estos se ordenan de mayor a menor, es decir, desde lo institucional a lo puramente técnico. Depuradas las recomendaciones de estos aspectos que hemos mencionado, pueden ser resumidas de la siguiente manera:

1. Es imprescindible fortalecer el rol científico y técnico de los INIAs, las universidades y los institutos públicos y privados de investigación para la prevención del riesgo, la conservación y la restauración ambiental en los sectores rural y agroindustrial. No debe el sector público competir con el privado en tecnologías y productos que tienen valor comercial, pero sí debe asumir una complementariedad en la búsqueda de soluciones a problemas que éste no está en condiciones de abordar, o dispuesto a hacerlo. Esta diferenciación de los roles separando la injerencia ambiental de la competencia comercial, facilitará una articulación fructífera y sinérgica entre ambos sectores.
2. En la creciente relación agricultura-ambiente, es muy necesario privilegiar la integración interdisciplinaria e interinstitucional, dentro y entre países, favoreciendo la articulación de los equipos técnicos más experimentados, idóneos y capacitados. Es necesario proyectar las acciones exitosas en proyectos de mediano y largo plazo

a través de un financiamiento sin altibajos, con actividades de coordinación que garanticen continuidad y uniformidad de criterio para la acción integradora. La asignación de recursos debe hacerse en respuesta a estrictos criterios de priorización que dependerán, en cada caso, del valor estratégico que se asigne a la acción demandada.

3. Es necesario preservar la diversidad en la producción agropecuaria. La creación de un espacio económico común en el área del MERCOSUR -el que se ampliará seguramente a otros países del Cono Sur- no será neutro en materia ambiental. Las exigencias de una competitividad creciente genera modelos de producción intensivos y altamente especializados, tendientes a la monocultura y concentradores de riesgo. Es recomendable, desde lo institucional, preservar los aspectos positivos de la diversidad y la diversificación en el negocio agropecuario, sea en los sistemas de producción, en los rubros productivos que se exploten, en la dotación biológica de especies útiles, y en el patrimonio genético de esas especies. La diversificación es un factor que equilibra y complementa el uso de los recursos naturales y la explotación de los nichos ambientales.
4. Es conveniente favorecer un mayor protagonismo regional en la solución de problemas globales que afectan al planeta. La dimensión mundial que adquieren ciertos problemas ambientales (efecto invernadero, debilitamiento de la capa de ozono, cambios climáticos, destrucción de hábitats naturales, pérdida de biodiversidad) exigen formas nuevas de cooperación internacional a través de proyectos y programas específicos. Es necesario priorizar proyectos y programas compartidos entre los países del Cono Sur que le permitan relacionarse ventajosamente con las grandes redes de cooperación internacional que se extienden por el planeta, y cumplir en ellas un rol insustituible como nodos activos para el levantamiento de datos y generación de conocimiento regional.
5. Es necesario fomentar en las instituciones la incorporación de nuevos paradigmas de educación formal y no formal, y capacitación permanente. Es conveniente promover una visión orientada a la «solución de problemas», al manejo de procesos integrados y al trabajo interdisciplinario más que a la «aplicación de recetas», al análisis desagregado, y al trabajo por disciplinas aisladas. Se requiere mayor capacitación técnica en la aplicación de enfoques sistémicos, lo que significa abordar problemas a distintas escalas o niveles de complejidad, prestar atención a todas las interacciones significativas, y administrar nuevos campos de conocimiento que surgen de la articulación transdisciplinaria. Estos enfoques sistémicos orientados a la «solución de problemas» exigen un contacto temprano con la realidad productiva y económica, una mayor flexibilidad curricular, y una visión estratégica de largo plazo que elimine oportunismos coyunturales.
6. Es necesario incorporar una visión más amplia e integradora sobre los roles que deberá jugar el sector rural en las comunidades del futuro. La globalización como fenómeno que desplaza y sustituye paradigmas sociales, económicos, y culturales, exige reanalizar el rol futuro del agro en un contexto más amplio e interactivo. En las sociedades desarrolladas existe una tendencia creciente a manejar la idea de *ruralidad*, en reemplazo de la idea tradicional de *sector agropecuario* cuya finalidad excluyente es la producción de bienes económicos. Ruralidad no será sólo producción agropecuaria, sino también otros «servicios» que la sociedad le demandará al agro, y que el agro podrá ofrecerle a cambio de una reciprocidad económica. Hoy prospera en muchos países el concepto de *uso múltiple del territorio*, en el cual el sector rural no sólo produce alimentos y fibras, sino también se transforma: a) en custodio del ambiente y del paisaje (preservando suelos, agua, aire y biodiversidad); b) en un factor de equilibrio social y demográfico (creando empleo localmente y evitando el desequilibrio urbano); y c) en un factor de armonización territorial (favoreciendo el uso de las tierras de acuerdo a las opciones y posibilidades más favorables en términos económicos, productivos, ambientales, sociales y culturales). Dentro de esta visión integrativa de ruralidad, la problemática del sector rural adquiere una complejidad mucho mayor que la que tenía tradicionalmente, y requiere un abordaje con un enfoque sistémico

multivariado y multiescalar. La valorización económica de estos nuevos «servicios» exige desarrollar y ajustar modelos prácticos de monitoreo, evaluación económica y contabilidad de los recursos naturales, y sistemas decisionales de avanzada.

7. La comunidad científica y tecnológica de los países debe ser potenciada en función de paradigmas emergentes, y la articulación internacional de esas comunidades debe ser favorecida para encontrar soluciones a problemas comunes que trascienden las fronteras nacionales. Para abordar macroproblemas agroambientales a nivel de región, es necesario actualizar enfoques, metodologías y técnicas con un criterio común y homogéneo, como así también nivelar diferencias en las capacidades nacionales. Por un lado, la actualización científico-técnica puede lograrse a través de la *cooperación vertical* con centros científicos de avanzada en el mundo; por el otro, la nivelación de las capacidades se alcanza a través de la *cooperación horizontal* entre los países que integran la región. Los principales campos a fortalecer en una cooperación vertical son: a) el monitoreo de ambientes y recursos naturales a través de indicadores homogéneos de sustentabilidad; b) la evaluación *ex-ante* del impacto ambiental de nuevos proyectos; c) el desarrollo de sistemas prácticos de valoración económica, contabilidad y auditoría ambiental para el sector rural; y d) el desarrollo de sistemas de tecnología de la información que incluya el manejo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para integrar bases de datos con información cartográfica e imágenes remotas, y su posterior articulación a Sistemas Soporte de Decisiones (SSD) basados en la aplicación de modelos de simulación, optimización y sistemas-experto. En una cooperación horizontal se debe promover el intercambio de información básica, procedimientos, e insumos para la aplicación de tecnologías de bajo impacto ambiental y uso cotidiano en el sector rural, tales como las labranzas reducidas, el manejo integrado de plagas, la rotación de cultivos, el manejo del agua, y el manejo de los ciclos minerales en los agroecosistemas.

8. Es necesario poner fuerte énfasis en la necesidad de racionalizar el uso de las tierras dentro

de los países, y en los grandes ecosistemas de frontera compartidos por dos o más de ellos. La armonización consensuada de los usos, guiada por un estricto criterio científico y técnico, será un factor de equilibrio interno en los países y un instrumento para prevenir desavenencias entre países vecinos por las externalidades negativas que se generan. Es necesario favorecer el libre acceso a información sobre los usos actuales de las tierras y aguas, y sobre los sistemas y técnicas de producción vigentes, dentro de los países y dentro de las grandes regiones cohabitadas por varios países. Es recomendable: a) acordar prontamente la aplicación de sistemas comunes de monitoreo del ambiente y los recursos naturales para evaluar su condición actual y su tendencia; b) identificar sin ambages las áreas ecológicas más comprometidas o en fase de serlo; c) promover y fortalecer, a nivel de país y de región, la investigación científica y la difusión tecnológica que conduzca a racionalizar el uso del territorio; d) favorecer el vínculo efectivo -y no coyuntural u oportunista- entre la comunidad científico-técnica que aportará los fundamentos de decisión, y los decisores políticos que instrumentarán la acción.

9. Es imprescindible rentabilizar la conservación de los hábitats naturales y la biodiversidad para que el sector rural encuentre en ella un estímulo existencial y un incentivo económico. Además de los instrumentos convencionales de política ambiental tales como subsidios, desgravaciones, impuestos, multas o permisos negociables, se debe incentivar y rentabilizar la idea de *uso múltiple del territorio*. Manteniendo los rubros productivos tradicionales, esto implica estimular actividades adicionales como el agroturismo, el ecoturismo, la cacería controlada, la cacería fotográfica, el *animal-watching* y otras formas de observación a distancia de la fauna, la autocosecha a campo de hortalizas y frutos para habitantes urbanos, etc.

Los países deben acordar una política común para la creación de *áreas naturales* (no intervenidas) y de *áreas protegidas* (con intervención regulada) que las circundan y sirven de amortiguación a la acción destructiva del entorno. La creación de grandes «corredores de biodiversidad» que atraviesen y recorran los

ecosistemas intervenidos debe ser acordada con los productores rurales, y entre los países que administran ecosistemas comunes de frontera. Tales «corredores» deben servir de cobijo a las especies de la flora y la fauna, y por tanto permanecer intocados. Deben servir asimismo de nexo entre las áreas naturales y las áreas protegidas que las circundan.

Se requiere acordar y coordinar entre los países y dentro de los países una legislación común que regule el tráfico de especies nativas y confiera legitimidad jurídica a los lugares que sean centro de origen de biodiversidad. Se debe promover el derecho de esos centros a percibir regalías económicas cuando actúan como proveedores de un patrimonio genético que sirve a fines comerciales. Esas regalías deberían ser afectadas a crear fondos que contribuyan a preservar y enriquecer los bancos locales de diversidad silvestre (biológica y genética).

Es imprescindible que todo nuevo proyecto o emprendimiento que suponga una intervención de envergadura sobre un ecosistema natural o seminatural, sea precedido por un estudio que evalúe anticipadamente el impacto que provocará sobre los hábitats naturales y la biodiversidad del lugar, como también las externalidades negativas que proyectará sobre ecosistemas aledaños.

Para favorecer la preservación de la biodiversidad se debe propender al desarrollo de sistemas integrales de producción-conservación que incluyan: a) las labranzas reducidas; b) la reprogramación de épocas de labranza para que no coincidan con la temporada reproductiva de especies de la fauna en peligro de extinción; c) el uso de plaguicidas específicos de espectro reducido y toxicidad atenuada; d) la fertilización estratégica y no intensiva; e) la intersembría; f) el cultivo múltiple; y g) la rotación de cultivos.

10. El manejo del suelo y el agua es un capítulo esencial en cualquier programa de preservación agroambiental. Se deben definir con una sólida base científica las opciones racionales de uso de la tierra en cada ambiente, reteniendo solo aquellas actividades productivas que no impongan un impacto irreparable o de magnitud

excesiva sobre los suelos y las aguas. Se deben favorecer: a) la rotación equilibrada de cultivos y actividades agropecuarias; b) el uso de prácticas que favorezcan la cobertura y la rugosidad del suelo para prevenir la erosión (siembra directa y otras formas de labranza reducida); c) la difusión de maquinaria conservacionista que se adecúe a distintos ambientes; d) el uso de curvas de nivel y el cultivo en franjas en terrenos quebrados; e) la implantación de pasturas perennes; f) la forestación; y g) la generalización de sistemas mixtos de ganadería y cultivos anuales, y silvopastoriles.

Se requiere extremar acciones para aumentar la eficiencia de «cosecha» de agua de lluvia (mediante barbechos y tajamares) en zonas áridas y semiáridas de secano, y la eficiencia de uso del agua de riego y los sistemas de drenaje en zonas de regadío.

A nivel institucional, es necesario internalizar algunas ideas relevantes: a) el sector público debe ser catalizador de acciones y responsable principal de la investigación y experimentación, pero es el sector privado quien debe implementar las prácticas conservacionistas; b) los sectores público y privado deben cooperar en forma permanente para crear en las comunidades rurales una conciencia conservacionista; c) es necesario homogeneizar, unificar, coordinar y completar la legislación sobre conservación del suelo y el agua dentro de los países y entre los países; d) las campañas de conservación deben ser potenciadas mediante estímulos económicos, financieros y fiscales; e) es recomendable impulsar programas de *voluntariado* para la conservación del suelo y el agua a través de la interacción de organizaciones internacionales, organismos públicos nacionales, provinciales y municipales, el sector comercial privado y las organizaciones no-gubernamentales.

11. Se debe fomentar y generalizar la idea de *Manejo Integrado de Plagas (MIP)* para minimizar el uso de plaguicidas como táctica excluyente para el control de plagas. Las tácticas más importantes del MIP que deben ser favorecidas son: a) el uso restringido y estratégico de los plaguicidas; b) la incorporación de resistencia genética a las plagas (producción de sustan-

cias con poder insecticida, fungicida y alelopático en los cultivos comerciales); c) el control biológico mediante la manipulación de parásitos, predadores y patógenos que permitan mantener la densidad de una plaga por debajo del umbral de daño económico; y d) el uso de prácticas culturales que permiten quebrar el ciclo biológico de la plaga, como la rotación de cultivos, la selección de fechas de siembra y cosecha, las labranzas, la interseembra, la densidad de siembra, y el manejo del pastoreo.

12. Se requiere acordar entre los países la implementación de un sistema de racionalización de uso de los plaguicidas que involucre reglamentaciones, protocolos y pautas comunes de arbitraje. Se debe promover sin demora:
  - a) la fiscalización agronómica del uso de

plaguicidas; b) corresponsabilizar a la industria productora de agroquímicos en el manejo de los residuos no utilizados y envases desechados; c) prohibir sin demora en toda la región el uso de productos prohibidos en los países de origen, o que han probado ser particularmente dañinos en ambientes específicos; d) apoyar investigaciones y técnicas que contribuyan a la producción en gran escala de agentes de control biológico, y a la formulación de plaguicidas biológicos; e) impulsar un programa amplio de concientización acerca de los riesgos de mortalidad y morbilidad debidos al uso de plaguicidas, tanto en la población en general como en el sector rural en particular; y f) desarrollar, poner a punto y unificar procedimientos y técnicas para detectar residuos nocivos de agroquímicos en productos frescos y procesados.

ANEXO 1  
CAPITULOS DE LA AGENDA 21  
DIRECTAMENTE VINCULADOS  
A LA PROBLEMÁTICA AGROAMBIENTAL

## Capítulos de la Agenda 21 directamente vinculados a la problemática agroambiental

En su Preámbulo la Agenda 21 «... trata de preparar al mundo para enfrentar los desafíos del próximo siglo, basada en el consenso mundial, el compromiso político sobre el desarrollo socioeconómico, y la cooperación en la esfera del medio ambiente».

De los 40 capítulos, 13 tienen vinculación con los intereses y prioridades del Subprograma de Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola (RNSA).

### **CAPITULO 10: EL RECURSO TIERRA**

Incluye suelos, agua y biodiversidad. Recomendaciones de interés: (1) mejorar y reforzar leyes y regulaciones que apoyen un uso sustentable de las tierras; (2) usar técnicas que enfoquen unidades ambientales integrales como los ecosistemas, los paisajes, y las cuencas; (3) buscar caminos para incluir la valoración de los recursos naturales asociados a la tierra y al agua, dentro de las cuentas nacionales; (4) impulsar, dentro de las instituciones involucradas con el uso de la tierra, la formulación de programas de ordenamiento territorial que integren componentes ambientales, sociales y económicos.

### **CAPITULO 11: EL RECURSO FORESTAL**

Asocia la pérdida de superficies boscosas a problemas tales como la erosión de suelos, la pérdida de hábitats y biodiversidad, la degradación de ecosistemas y cuencas, la pérdida de productos del bosque, y pérdida de la capacidad para retener CO<sub>2</sub> de la atmósfera (efecto invernadero).

Algunas recomendaciones que interesan al Subprograma son: (1) promover una legislación forestal adecuada; (2) relevar información sobre el estado de los bosques; (3) impulsar políticas de largo plazo de conservación y manejo forestal; (4) impulsar políticas de reforestación; (5) fortalecer programas, centros de investigación y apoyo técnico en asuntos forestales.

### **CAPITULO 12: DESERTIFICACION Y SEQUIA**

Está referido al ordenamiento de ecosistemas frágiles (desiertos, tierras semiáridas, montañas, tierras inundables, islas pequeñas y ciertas zonas costeras). Recomendaciones de interés al Subprograma RNSA: (1) es necesario generar más conocimientos básicos sobre los procesos de desertización y compartir la información disponible; (2) promover sistemas mejorados de ordenamiento territorial; (3) desarrollo de especies y variedades vegetales mejoradas resistentes a la sequía; (4) realizar un monitoreo coordinado de ecosistemas frágiles; (5) mejorar las capacidades nacionales y regionales para enfrentar emergencias agrometeorológicas; (6) crear sistemas coordinados de planificación y ordenamiento territorial

### **CAPITULO 14: AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL**

Aborda la conservación de la aptitud productiva de los suelos agrícolas, y la producción sustentable de alimentos. Recomendaciones: (1) analizar integralmente las políticas de producción y comercialización a nivel regional y nacional; (2) favorecer políticas de ordenamiento territorial; (3) impulsar la diversificación de los sistemas de producción para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos naturales y minimizar los riesgos ambientales y económicos; (4) reforzar los grupos de trabajo técnico internacionales y regionales, crear bases de datos eficaces, y planificar en forma integrada; (5) capacitar a profesionales y generar debates a todos los niveles; (6) impulsar el uso de tecnologías de manejo y recuperación de suelos agrícolas adecuados al lugar; (7) promover el manejo integrado de las plagas agrícolas de manera de producir reduciendo costos ambientales y económicos; (8) promover el empleo de tecnologías sustentables para recuperar, mantener y mejorar la fertilidad y estabilidad de los suelos; (9) promover tecnologías que hagan una combinación sustentable de los insumos energéticos fósiles y renovables..

## **CAPITULO 15: BIODIVERSIDAD**

Está referido a la conservación de la biodiversidad, considerando que ésta se encuentra amenazada por la destrucción de hábitats naturales, el sobrecultivo, la contaminación, y la irrupción de plantas y animales no autóctonos. Recomendaciones: (1) identificar procesos y actividades que afectan negativamente la diversidad biológica de un lugar, ecosistema o región; (2) evaluar los impactos o repercusiones económicas potenciales de la pérdida de biodiversidad; (3) asignar un valor económico a la pérdida de biodiversidad; (4) favorecer políticas de renovación y reparación de ecosistemas dañados, y recuperación de especies amenazadas; (5) mejorar conocimiento e información sobre la biodiversidad en ecosistemas terrestres y acuáticos; (6) favorecer la cooperación técnica y científica a través de redes nacionales e internacionales en proyectos o programas de largo plazo; (7) promover usos sustentables de la biotecnología; (8) integrar las estrategias de conservación de la biodiversidad a las estrategias de desarrollo nacional y regional.

## **CAPITULO 18: AGUA DULCE**

El objetivo es proteger su calidad y suministro. Se reconoce el carácter multisectorial del aprovechamiento de los recursos hídricos. Recomendaciones: (1) evaluar los recursos hídricos y sus fuentes (cantidad, calidad, fiabilidad, actividades humanas que los afectan); es necesario manejar bases regionales de datos, sobre todo de recursos compartidos; (2) integrar planes y programas de ordenamiento y uso de los recursos hídricos, principalmente los compartidos, basados en un principio de sustentabilidad; (3) integrar los planes y programas de ordenamiento y uso de los recursos hídricos a la preservación de los ecosistemas acuáticos; (4) elaborar y aplicar métodos de gestión para el ahorro y uso eficiente de los recursos hídricos para riego, para bebida del ganado, y para el ordenamiento del agua en zonas de secano; (5) evaluar las repercusiones del cambio climático sobre el ciclo hidrológico de áreas de regiones de importancia agrícola; (6) impulsar estudios de impacto ambiental en nuevos proyectos de irrigación.

## **CAPITULO 19: PRODUCTOS QUÍMICOS TOXICOS**

Es necesario mayor información científica sobre los riesgos, y recursos para evaluarlos. Recomen-

daciones: (1) se debe coordinar y cooperar internacionalmente en la evaluación de riesgos sin duplicar actividades; (2) se debe estimular el intercambio de información entre países sobre riesgos; (3) se deben investigar productos sustitutos de menor riesgo; (4) se debe favorecer el control integrado de plagas en que se empleen agentes biológicos en vez de plaguicidas tóxicos; (5) promover y apoyar la búsqueda de soluciones multidisciplinarias a los problemas de uso de productos químicos tóxicos.

## **CAPITULO 31: COMUNIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**

Apunta a resaltar su importancia en la toma de decisiones políticas por poseer los conocimientos necesarios para hacerlo. Recomendaciones: (1) aumentar la interacción entre quienes toman decisiones políticas y la comunidad científico-tecnológica para aplicar estrategias de desarrollo sustentable; (2) mejorar y aumentar las aportaciones científicas y técnicas a procesos intergubernamentales de consulta, cooperación y negociación con miras a concertar acuerdos internacionales y regionales; (3) difundir los resultados de investigaciones realizadas y tecnologías desarrolladas atinentes a un desarrollo sustentable; (4) convertir la investigación en un elemento importante de la estrategia productiva, mejorando la relación entre los sectores oficiales e independientes de investigación y transferencia de tecnología; (5) fomentar la elaboración de códigos de conducta y directrices de ética ambiental en lo relativo a ciencia y tecnología.

## **CAPITULO 32: ROL DE LOS PRODUCTORES**

Se pone un énfasis especial en el papel que deben jugar los productores que viven en ecosistemas marginales y frágiles. Recomendaciones: (1) promover la ejecución de programas sobre gestión de ecosistemas frágiles, aprovechamiento del agua en la agricultura, y gestión integrada de recursos naturales; (2) promover políticas que favorezcan un uso eficiente de los recursos naturales; (3) apoyar la constitución de organizaciones de productores para canalizar información y conocimientos a través de ellas.

## **CAPITULO 34: TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

Apunta a mejorar las capacidades regionales y a favorecer la cooperación y la equidad. Recomen-

ciones: (1) favorecer el uso de tecnologías no contaminantes, que permitan reciclar productos y desechos, que sean baratas, de bajo insumo energético, y que minimicen el uso de capital y el pago de patentes y regalías; (2) las tecnologías que se promuevan deben ser compatibles con las distintas prioridades socioeconómicas, culturales y ambientales de la región; (3) la comunidad científico-tecnológica debe tener una participación amplia en la investigación de

tecnologías ambientalmente racionales; (4) se debe favorecer el desarrollo de las capacidades para evaluar, desarrollar, y administrar nuevas tecnologías compatibles con el ambiente; (5) se deben establecer redes de información vinculadas a los sistemas científicos nacionales, subregionales, regionales e internacionales para difundir conocimientos sobre tecnologías existentes, sus fuentes, el riesgo ambiental que entrañan, y las condiciones para acceder a ellas.



ANEXO 2  
INDICE DE AUTORES

## Indice de autores

### **AGUILERA, Manuel**

*Ingeniero Agrónomo, PhD*  
EEA San Luis/INTA  
5730 Villa Mercedes  
San Luis, Argentina

### **BOCCHETTO, Roberto M.**

*Ingeniero Agrónomo, PhD*  
Secretario Ejecutivo del PROCISUR  
Andes 1365 Piso 8  
Casilla de Correo 1217  
Montevideo, Uruguay  
Teléfono: (598-2) 9020424  
Fax: (598-2) 9021318  
E-mail: iica@adinet.com.uy

### **BONINO, Never**

*Biólogo, MSc.*  
EEA Bariloche/INTA  
Casilla de Correo 277  
8400 Bariloche, Argentina

### **D'ANGELO, Carlos H.**

*Ingeniero Agrónomo*  
Profesor Facultad de Agronomía y Veterinaria,  
Cátedra de Ecología  
Universidad del Litoral  
Rvdo Kreder 2805  
(3080) Esperanza  
Santa Fe, Argentina  
Fax: (54-496) 22733

### **DIAZ, Alvaro**

*Ingeniero Agrónomo*  
Director de PROBIDES, ex-Decano de  
la Facultad de Agronomía  
Rocha, Uruguay  
Telefax: (0472) 5005-4853  
E-mail: probides@adinet.com.uy

### **DIAZ ROSELLO, Roberto**

*Ingeniero Agrónomo, MSc.*  
Coordinador Nacional del  
Subprograma Recursos Naturales y Sostenibilidad  
Agrícola del PROCISUR  
INIA La Estanzuela  
Casilla de Correo 39173  
70006 Colonia, Uruguay.  
Teléfono: (598-522) 4060/4062  
Fax: (598-522) 4061  
E-mail: rdiaz@inia.org.uy

### **EPIPHANIO, José Carlos Neves**

*Ingeniero Agrónomo, PhD*  
Investigador y Coordinador Académico del  
Curso de Posgraduación en  
Sensoriamento Remoto, Ministerio de  
Ciencia y Tecnología  
Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales  
(INPE)  
Caja Postal 515  
12201-010, São José dos Campos, SP, Brasil  
Teléfono: (55-12) 3456505/3456441  
Fax: (55-12) 3456449  
E-mail: epiphani@itid.inpe.br

### **FERNANDES, Odair A.**

*Ingeniero Agrónomo, PhD*  
Profesor Asistente del Departamento de  
Entomología y Nematología  
Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias/  
Universidad Estadual Paulista  
14870-000 Jaboticabal, SP, Brasil  
Teléfono: (55-16) 3232500 ext 264  
Fax: (55-16) 3222978  
E-mail: ofernan@convex.com.br

### **GALLO, Leonardo**

*Ingeniero Forestal, PhD*  
EEA Bariloche/INTA  
Casilla de Correo 277  
8400 Bariloche, Argentina.  
Teléfono: (54-944) 29862/29863  
Fax: (54-944) 24991

**GASTO, Juan***Ingeniero Agrónomo, PhD*

Profesor Titular

Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal,

Pontificia Universidad Católica de Chile

Avda Vicuña Mackenna 4860

Casilla 306

Santiago 22, Chile

Fax: (56-2) 5526005

E-mail: [jgasto@sas.puc.cl](mailto:jgasto@sas.puc.cl)**PANIGATTI, José Luis***Ingeniero Agrónomo, PhD*

Instituto de Suelos del Centro de Investigaciones en

Recursos Naturales del Complejo de Investigación

Castelar/INTA

Castelar, Buenos Aires, Argentina

Teléfono: (54-1) 6212096/6211448

Fax: (54-1) 4811688

**PORZECANSKI, Ignacio***Ingeniero Agrónomo, PhD*

Consultor en Agronomía

ex-Profesor Adjunto de Fitotecnia

Facultad de Agronomía

Montevideo, Uruguay

Fax: (598-2) 7102826

E-mail: [porzes@netgate.com.uy](mailto:porzes@netgate.com.uy)**SCHLICHTER, Tomás***Ingeniero Agrónomo, PhD*

EEA Bariloche/INTA

Casilla de Correo 277

8400 Bariloche, Argentina

Teléfono: (54-944) 29862/29863

Fax: (54-944) 24991

**STACHETTI RODRIGUES, Geraldo***Ingeniero Agrónomo, PhD*

Centro Nacional de Investigación en Monitoreo y

Evaluación del Impacto Ambiental (CNPMA)/

EMBRAPA

Coordinador Nacional del Subprograma Recursos

Naturales y Sostenibilidad Agrícola del PROCISUR

Caja Postal 069

13820 Jaguariúna, SP, Brasil

Teléfono: (55-019) 8675633

Fax: (55-019) 8675225

E-mail: [stacheti@cnpma.embrapa.br](mailto:stacheti@cnpma.embrapa.br)**VELEZ, León D.***Ingeniero Agrónomo*

Profesor de Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Nacional de Colombia

Medellín, Colombia.

Fax: (57-4) 2300420

E-mail: [lvelez@puc.cl](mailto:lvelez@puc.cl)**VIGLIZZO, Ernesto F.***Ingeniero Agrónomo, MSc.*

Coordinador Internacional del Subprograma Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del PROCISUR

Centro Regional La Pampa-San Luis/INTA

Casilla de Correo 152

Avda Spinetto 785

Teléfono: (54-954) 34222

Fax: (54-954) 34222/31976

6300 Santa Rosa, La Pampa, Argentina

E-mail: [evigliz@inta.gov.ar](mailto:evigliz@inta.gov.ar)