

# EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL MEDIO RURAL

Luciano Martínez  
(Compilación y Edición)

**ISBN de la obra completa**  
**ISBN-9978-67-040-8**

**ISBN del segundo tomo**  
**ISBN-9978-67-042-4**

**Nº REGISTRO DERECHO AUTORAL**  
**010867**

# ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	3
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>I. EL ENFOQUE CONCEPTUAL SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL MEDIO RURAL</b> .....	11
1. Agroecología y Desarrollo Rural Sustentable. <i>Andrés Yurjevic</i> .....	13
2. Imaginarios, Cuentas y una Condición Básica del Desarrollo Sostenible. <i>Leonard Field</i> .....	31
3. Hacia una Visión Multidimensional del Desarrollo Sostenible en el Medio Rural. <i>Luciano Martínez</i> .....	41
<b>II. LAS POLÍTICAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL MEDIO RURAL</b> .....	61
1. Desafíos de la Pequeña agricultura Familiar. <i>Manuel Chiriboga</i> .....	63
2. ¿Qué pasó en Taiwan?. Un Relato de la reforma Agraria y de la Industrialización Rural. <i>Liisa North</i> .....	89
<b>III. PRACTICAS Y EXPERIENCIAS EN DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE</b> .....	115
1. Aprendiendo Desde la Experiencia. <i>Guadalupe Tobar</i> .....	117
2. Importancia de las Percepciones y Representaciones Sobre los Recursos Naturales. <i>Amparo Eguiguren</i> .....	135
<b>IV. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO</b> .....	153
1. La Investigación y Desarrollo Tecnológico. Rafael Morales .....	155
2. Iniciativa Tagua. Rodrigo Calero.....	167
3. Papas, Pesticidas y Políticas. <i>Charles Crissman y Patricio Espinosa</i> .....	191

# PAPAS, PESTICIDAS Y POLÍTICAS: Investigación y agricultura sostenible

*Charles C. Crissman  
Patricio Espinosa A.\**

**L**a agricultura del fin del siglo en los andes ecuatorianos es una agricultura de intensificación y tecnificación (Walker et al. 1994). Es una agricultura con crecimientos notables en su potencial y productividad pero a la vez es una agricultura con impactos en el medio ambiente y en la salud humana. En este medio, la Cumbre de Río en 1992 elevó la concentización a un amplio espectro de la sociedad ecuatoriana al tema de una agricultura sostenible. En la misma corriente, surgió una

---

\* Economistas Agrícolas Centro Internacional de la Papa (CIP) Casilla 17-21-1977  
Quito, Ecuador

reorientación de los institutos públicos de investigación agrícola hacia prácticas agrícolas sostenibles. A pesar de la amplia aceptación del propósito de los sistemas agrícolas sostenibles, existe poco acuerdo en cómo sistemáticamente analizar los impactos económicos, ambientales y en salud humana de las tecnologías agrícolas.

En este informe, reportamos sobre un modelo generalizado para analizar cuantitativamente las relaciones de intercambio económico, medio-ambiental, y de salud humana asociado con el uso de tecnologías agrícolas y cómo esas relaciones de intercambio pueden cambiar con la adopción de tecnologías alternativas o con cambios en políticas. Este enfoque confronta varios retos de medición que surgen con el análisis de impactos. Esos retos incluyen lo siguiente: la variabilidad temporal y espacial de los impactos agrícolas; la necesidad de integrar los datos y modelos disciplinarios a un nivel de escala reducida, donde los impactos pueden ser captados con confianza; y la necesidad de analizar los impactos a una escala mayor, como a nivel regional o de una población, para el análisis de riesgos o de políticas. Aplicamos este modelo en un estudio de casos sobre el uso de pesticidas en el sistema papa-leche en la provincia del Carchi, Ecuador.

Hace algunos años el Servicio de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura estuvo trabajando en un proyecto de reforma a la Ley de Pesticidas. Entre otras cosas, el proyecto contemplaba la prohibición de uso de ciertos productos químicos, como el insecticida carbofurán, un carbamato usado para controlar el gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) de la papa. Como parte del debate, grupos ecologistas argumentaban que los agricultores hacen un uso excesivo e irracional de carbofurán y por ende estaban contaminando el medio ambiente. Por otro lado los gremios agrícolas planteaban el argumento de que el uso de carbofurán es indispensable para obtener una producción sin daños y consecuentemente su uso es racional y además no contaminante. En esas líneas de argumentación existe una mezcla de propósitos abarcando a los campos de agronomía, economía y ecología. Esto ilustra los retos: ¿Cómo se puede medir, comparar y presentar tal argumentación?

## Enlaces entre la agricultura, medio ambiente y tecnología

La introducción de políticas o investigaciones con criterio de sostenibilidad forza una expansión del marco del sistema que deben contemplar los políticos o investigadores. Antes de la introducción del paradigma de la investigación en sistemas agropecuarios el enfoque de optimización fué solamente a nivel de cultivo o ganado. La investigación en sistemas agropecuarios forzó una contemplación del entorno de la finca, donde la optimización tiene relaciones de intercambio entre las varias actividades y objetivos de la familia/empresa que se encuentra allí. Los efectos más allá de la finca fueron llamados externalidades y supuestamente quedaron también externos en la toma de decisión. Los criterios de sostenibilidad forzaron una nueva expansión del sistema buscando internalizar las externalidades.

Las externalidades existen por causa de los enlaces entre las características bio-físicas y agrícolas de la tierra. Políticas como un cambio en los impuestos a un insumo agrícola pueden tener un impacto ambiental distinto en diferentes zonas debido a la heterogeneidad ambiental. En zonas como la sierra ecuatoriana esa heterogeneidad es extrema. La figura 1 muestra una distribución conjunta hipotética en un ejemplo de calidad de agua y uso de fertilizantes. La matriz representa cuatro zonas de producción con características económicas y ambientales conjuntamente distribuidas (Antle y Just 1992). Las cuatro zonas son una representación simplificada de potenciales altos y bajos de producción agrícola o contaminación ambiental. Las celdas detallan las relaciones entre el uso de nitrógeno, rendimiento y contaminación de agua. La matriz ilustra algo de la problemática en el análisis de políticas en este campo. Si se supone una imposición de un impuesto al uso de fertilizantes, éste tendrá un alto costo en la producción en zona 2 pero con un mínimo de beneficio en la reducción de la contaminación. Las otras zonas tendrán sus propios balances de costo-beneficio.

El peso que lleva la producción agrícola comparada con los impactos ambientales varía entre países y regiones de esos países. El valor dado a los servicios del medioambiente varía positivamente con el crecimiento de los ingresos en lo que se llama la hipótesis de transición ambiental (Antle y Heidebrink 1995). El CIP tiene programas colaborativos con docenas de países, entre ellos Mozambique y Argentina. El Banco Mundial registra a Mozambique como el país más pobre del mundo con un ingreso bruto per cápita de \$90, mientras en Argentina la cifra es \$7.220. La hipótesis dice que los mozambiqueños están dispuestos a sostener grandes impactos ambientales por la seguridad alimenticia mientras que los argentinos, menos preocupados por la seguridad alimenticia estarán más dispuestos sacrificar producción agrícola para la preservación del medioambiente.

La presencia de clientes con sus propios valores asignados al medioambiente y la producción agrícola y la presencia de zonas con sus propias combinaciones de potencial agrícola y sensatez ambiental complica mucho la toma de decisiones en los centros de investigación agrícola. Se supone que las tecnologías desarrolladas se pueden clasificar de acuerdo a dos criterios: su productividad y su compatibilidad ambiental. En forma similar a la matriz de la figura 1, en la figura 2 se ilustran las posibles combinaciones de tecnologías. Dónde se deben dirigir los escasos recursos de investigación? En un mundo utópico obviamente todas las tecnologías serán  $T_{aa}$ , altamente productivas y con alta compatibilidad ambiental y ninguno  $T_{bb}$ . Cómo se pueden juzgar las tecnologías  $T_{ab}$  y  $T_{ba}$ ? Se puede imaginar casos donde  $T_{ab}$  será aceptable para Mozambique y  $T_{ba}$  aceptable para Argentina. En la búsqueda de una agricultura sostenible, no se debe olvidar de los pesos dados por los usuarios. El modelo que se presenta a continuación aprovecha de distribuciones conjuntas a desarrollar una visión más holística de este complejo de relaciones. Respetando los procesos personales y políticas que determinan los valores, el modelo no asigna valores a los factores que no tienen mercados.

## Un modelo integrado de agricultura, medioambiente y salud

El análisis de políticas se lleva al cabo típicamente en escalas regionales o nacionales. El análisis frecuentemente utiliza datos secundarios que reflejan la información agregada. El análisis de políticas con objetivos de desarrollo agrícola sostenible sin embargo tiene que incluir efectos ambientales muy locales. En la sierra ecuatoriana, el análisis de políticas en el entorno heterogeneo que se encuentra allí, sufre serias deficiencias debido a los efectos promediados del uso de datos sin enlaces a sitios. Un objetivo de esta investigación es mejorar el potencial de análisis de políticas con criterio de agricultura sostenible a través del desarrollo e implementación de un modelo que enlace políticas tipo macro con impactos tipo micro. Así que un reto para incluir el criterio de sustentabilidad en análisis de políticas es un método para agregar información de impactos ambientales.

El método utilizado aquí define una unidad de medición válida a las distintas disciplinas y obtiene precisiones de impacto en esas unidades. En este caso esa unidad corresponde a la parcela de una finca. Utilizando bases estadísticas se describe esa población de unidades, estimando impactos en cada unidad es factible agregar en terminos estadísticos los impactos a niveles útiles para el análisis de políticas. Utilizando esa información se puede definir relaciones de intercambio entre resultados economicos, ambientales, y de salud en la forma de una curva de relaciones de intercambio. Esta curva se puede usar en el análisis de políticas.

La base de conocimientos necesaria para apoyar el desarrollo racional de políticas agrícolas o ambientales incluye varias disciplinas. El modelo conceptual que se presenta aquí demuestra que en coordinación con el diseño de la investigación y la recolección de datos, el análisis de políticas puede ser conducido en base a la investigación disciplinaria.

La figura 3 demuestra el marco conceptual para el análisis de políticas y tecnologías (Antle et al, 1997). La parte

superior de la figura refleja un análisis de una unidad de tierra, que se denomina parcela, a nivel de finca. Los precios prevalecientes, políticas, tecnologías, y los aspectos bio-físicos de la parcela afectan las decisiones del agricultor en el uso y manejo de la tierra. Esas decisiones afectan la producción agrícola pero también pueden afectar el medioambiente y la salud humana a través de dos mecanismos ligados. Primero, los agricultores determinan cuáles de sus parcelas se van a dedicar a fines agrícolas, una decisión de uso de la tierra. Segundo, en las parcelas en producción, el agricultor toma las decisiones que determinan los niveles de uso de insumos y prácticas agrícolas, una decisión de manejo. Las relaciones físicas entre los atributos ambientales de la parcela en producción y las prácticas de manejo determinan conjuntamente la producción agrícola y los impactos ambientales y en salud asociados con la parcela en producción. Las decisiones de uso de tierra y manejo consecuentemente constituyen el enlace entre las políticas y la tecnología y las consecuencias ambientales y en salud.

### **El estudio de impactos del uso de pesticidas**

El estudio de caso fue llevado al cabo en dos microcuencas en la zona de producción de papa-leche en Carchi (Crissman y Espinosa, 1993). Los datos de producción fueron recogidos en encuestas en cuarenta fincas durante dos años, sumando datos en más de 400 parcelas. Por el crecimiento del hatu ganadero en la zona existe mucha demanda por pastos, todos los agricultores, dueños de vacunos o no, rotan sus parcelas de papas con pastos. No se realiza ningún tipo de manejo a esas parcelas.

Los resultados de la encuesta indican que los agricultores, quienes cultivan la papa en Carchi, utilizaban 66 productos distintos para controlar tres clases de ataques a sus cultivos, la lanchara (*Phytophthora infestans*), el gusano blanco y varios insectos del follaje. De estos, tres se usaban principalmente; el mancozeb, un protectante foliar, constituía el 80% de los ingredientes activos de los fungicidas en tanto que el carbofurán y metamidofos representaban el 90% de los ingredientes activos de los insecticidas usados. Todos estos

productos eran aplicados con una bomba tipo mochila. Un resultado interesante de nuestras encuestas es que no encontramos en esta zona fronteriza el uso de ningún producto de uso prohibido en Ecuador.

Considerando los aspectos bio-físicos de la zona, los pesticidas utilizados, la tecnología de aplicación de los pesticidas, y de acuerdo con la opinión de un experto, el estudio de impactos ambientales se enfocó a la lixiviación de las pesticidas hacia la napa fréatica y el problema de salud ocupacional a la exposición del aplicador.

### **El modelo de simulación**

El modelo conceptual se transforma en una operacional utilizando un modelo de simulación en base de modelos econométricos de producción, un modelo de lixiviación de pesticidas, y un modelo de efectos de salud. La figura 4 ilustra el flujo de las tres porciones del modelo. De implementar el modelo se introduce escenarios de origen tecnológico o de políticas al modelo económico, donde la unidad de análisis es una parcela. El modelo económico consiste de cuatro componentes. El modelo comienza con una muestra aleatoria de las distribuciones de las características económicas o bio-físicas de las parcelas en las micro-cuencas. Posteriormente se pasa a las distribuciones de ingresos netos de los cultivos principales en las rotaciones observadas (en este caso, pasto para leche y papas) determinando el uso de la tierra. El tercer componente es un sistema de ecuaciones de demanda dinámica de los pesticidas. Ese sistema captura el factor sobre manejo de interés en el estudio de casos. Finalmente hay ecuaciones de ingresos utilizado para calcular el valor de producción. Como se ilustra en la figura, el modelo económico genera tres clases de datos subsecuentemente utilizados en el modelo de simulación.

El modelo de lixiviación es una versión de LEACHM llamado LEACHA, un modelo detallado de procesos parametrizados con datos de las características de los pesticidas de interés, datos de suelos así como otros datos físicos de las micro-cuencas, datos de pesticidas provenientes del modelo

económico y simulado con una serie de 30 años de lluvia, datos de temperatura y evapotranspiración de las estaciones climatológicas de la zona (Hutson y Wagenet 1993). El agua es el vehículo que mueve los productos hacia abajo. El modelo de lixiviación produce simulaciones de cantidades de ingredientes activos saliendo de la zona de raíces.

El componente salud en el modelo de simulación consiste de una ecuación donde la salud es especificada como una función del número total de aplicaciones, cantidad total de productos neurotóxicos aplicado por el individuo, y otros factores como edad, sexo, etc. La salud fue medida con un índice de un individuo rendimiento de una batería de pruebas neuropsicológicas de la Organización Mundial de la Salud para establecer la afectación a los sistemas nerviosos periféricos y centrales. Las pruebas neuropsicológicas miden los aspectos específicos de funcionamiento cognoscitivo como la atención, memoria visuo-espacial y tiempo de reacción, las cuales son importantes para las actividades de toma de decisiones y tareas normales del jornal agrícola (Crissman, Cole y Carpio 1994).

Nótense que el modelo es estocástico; en varios puntos éste muestra distribuciones que son construidas con los datos económicos y físicos. No se espera consecuentemente que corridas distintas del modelo produzcan estimativos idénticos de impactos. Este es ventajoso en dos sentidos. Primero, puesto que los procesos económicos y físicos son estocásticos, el modelo puede producir todos los posibles resultados, no solamente los resultados promedios. Segundo, al utilizar distribuciones construidas de los datos, se puede utilizar las reglas estadísticas de agregación. La agregación estadística utiliza la posibilidad de añadir características individuales (en este caso, parcelas individuales y las decisiones de manejo realizadas) obteniendo estadísticas agregadas para el grupo. Con asunciones razonables sobre la estructura de producción, ese resultado permite la extrapolación estadísticamente válida más allá del sitio de colección de los datos, una implicación importante para el análisis de políticas.

## Presentación de los resultados

### El uso de curvas de relaciones de intercambio

El método utilizado en el modelo para presentar los resultados es el uso de una curva representando las ganancias por un lado y las pérdidas por otro, es decir las relaciones de intercambio (Antle et al. 1997). La Figura 5 ilustra esto con una curva hipotética  $T_1$  en la que se puede medir la contaminación ambiental en términos del cambio en la producción agrícola. La curva representa todos los posibles pares de resultados para una tecnología dada. Un cambio de tecnología resulta en una nueva curva. En la figura la curva  $T_2$  demuestra una tecnología que en todos los niveles de producción produce menos impacto ambiental comparado a la curva  $T_1$ . La curva  $T_3$  demuestra que existe la posibilidad de que distintas tecnologías tendrán impactos variables a distintos niveles de producción. No existen reglas fijas sobre el comportamiento de las relaciones de intercambio; el establecer las relaciones de intercambio es un asunto empírico.

Poniendo los argumentos del ejemplo del debate sobre la prohibición del uso de carbofurán, los grupos ecologistas creyeron que la curva es muy pendiente; es decir el uso de pesticidas agrega poco a la producción mientras daña el medioambiente. Los gremios agrícolas creyeron que la curva es muy plana, y no hay substitutos disponibles que causen una nueva curva cambiada hacia el eje vertical. Quién tiene la razón? En el estudio de casos el propósito fue medir empíricamente esta curva y otras.

### Estimación de una curva de relaciones de intercambio

Una curva empírica se construye comenzando primero con corridas del modelo de simulación del caso base. El modelo validado replica lo que demuestran los datos de la muestra. Luego de crear la curva se impone varios escenarios al modelo. El modelo al ser estocástico, los resultados se pueden ubicar entre las coordenadas (x, y) en un gráfico de puntos. La figura 6 es un gráfico de puntos que compara la lixiviación de fungicidas en kilogramas de ingrediente activo

por parcela con el valor total de producción de papas y pasto. Cada punto representa los resultados acumulativos de 30 parcelas cada una con cinco ciclos de producción. Cada escenario se repite 30 veces. Los 30 triángulos son los resultados del caso base. Los cuadrados y óvalos representan distintos escenarios. Dado que los pesticidas en Ecuador son subsidiados por el conjunto de políticas (Lee y Espinosa, 1997) el imponer un impuesto es lo mismo que quitar el subsidio. Los cuadrados enumerados dos, tres y cuatro representan impuestos a los fungicidas en montos de 30%, 60% y 90%. Con la implementación de las reglas de libre comercio exterior del Pacto Andino, los papicultores de Carchi, quienes gozan de una ventaja comparativa en la producción de papa comparado a sus contrapartes en Perú o Colombia, tienen esos mercados ahora abiertos a ellos (Ramos et al. 1993). Aprovechando las desfases en los ciclos de precios de los mercados del norte de Perú y sur de Colombia comparado con los mercados domésticos, los papicultores de Carchi pueden incrementar el promedio de precios recibidos (Antle et al. 1996). Los óvalos cinco, seis, y siete representa subsidios en precios de la papa en 30%, 60%, y 90%. De acuerdo con lo esperado, los impuestos cambian la toma de decisión del agricultor, quien siembra menos papa y usa menos fungicida. Existe una reducción en las cantidades de fungicidas lixivados pero también una reducción en el valor de la producción. También como se esperaba los subsidios aumentan la rentabilidad de la producción consecuentemente el agricultor dedica más hectáreas a la siembra de la papa y usa más fungicidas. Para facilitar la interpretación se usa una regresión de least squares plotear una curva que cruza los puntos.

## **Heterogeneidad del medioambiente**

Una consideración importante en el análisis de políticas que incorporan impactos ambientales es la variabilidad del impacto de la política. Las dos micro-cuencas en el estudio de caso fueron divididas en cuatro microregiones (Figura 7). Mientras tres regiones tienen características parecidas de lixiviación, la cuarta región demuestra mucho más susceptibilidad a la lixiviación. Aun en zonas reducidas como las dos micro-cuencas existe una variabilidad considerable.

Con los enlaces entre datos económicos y bio-físicos se puede distinguir tal fenómeno. En un futuro, quizás no tan lejano, se podrá contemplar un poder real de reglamento del estado donde se pueda diseñar e implementar políticas dirigidas y no simplemente uniformes.

## **Implicaciones para análisis de políticas y tecnologías**

Se puede tratar varias áreas de análisis de políticas a través de las curvas de relaciones de intercambio. Los políticos usan implícitamente las curvas cada día; por la naturaleza de sus puestos, se preocupan con los ganadores y perdedores que resultan de la toma de decisiones de políticas. La curva de relaciones de intercambio es sencillamente una expresión en concreto de lo que normalmente hacen a través de apreciaciones mentales. Con el marco conceptual se puede contemplar cualquier par de relaciones e ilustrar sus relaciones con la curva. Es posible considerar el fenómeno registrado en los ejes del gráfico como indicadores de sostenibilidad. Está implícito en la curva un análisis de sensatez y el político puede ver los resultados de la pregunta "que pasará si..." Los pesos políticamente determinados establecen si una unidad de producción agrícola vale una unidad de impacto ambiental o no.

## **Resultados del estudio de caso**

Los resultados empíricos del estudio de casos son de interés a los políticos y a otras personas relacionadas con el sector. Como esperábamos, el análisis económico demuestra que el valor de la producción extra realizada debido a la aplicación de la última unidad de pesticida sobrepasa el costo de esa última unidad. Esta jerga de los economistas trata de decir que los agricultores no hacen un uso irracional de los pesticidas. Los pesticidas juegan un rol clave en la producción de papas y los agricultores no están malgastando su dinero al aplicar pesticidas que no contribuyen en nada a la producción.

Contrarrestado con nuestras expectativas, los modelos de lixiviación demuestran que hay muy poco movimiento de

los pesticidas hacia la napa fréatica. Tres razones fundamentan o explican este resultado. Primero, los productos utilizados son de la nueva generación que, en contraste a los organoclorados como el DDT, tienen vidas medias de días o meses pero no de decenas de años. Segundo, los suelos de Carchi tienen un alto porcentaje de materia orgánica y por ello una gran capacidad de fijación. Los productos utilizados son químicos orgánicos y por ello se adhieren a la materia orgánica, inhibiendo su movilidad. Tercero, el agua es el vehículo que mueve los químicos hacia abajo y aunque la zona papera de Carchi es húmeda, las lluvias, aunque frecuentes, son ligeras y caen sobre suelos con una alta capacidad de retención. En resumen, productos de corta vida son aplicado a un suelo donde hay poco chance de movimiento.

Lo anterior se ilustra en la figura 8. En el eje horizontal consta el valor de la producción y en el eje vertical, el contenido en partes por mil millones de carbofurán que sale a la zona de las raíces. El límite de tolerancia de carbofurán en agua establecido por la Agencia de Protección Ambiental, el EPA de los Estados Unidos es 40 partes por mil millones. Como se puede ver, aun en los casos de políticas o precios que fomentan más el uso, la lixiviación no alcanza a los límites de tolerancia del EPA.

Los resultados son interesantes y contradicen el debate de entonces. En la zona papera de Carchi de acuerdo con las variables estudiadas el uso de pesticidas es racional, contribuye al valor de producción y tiene un impacto mínimo en la calidad de agua en la napa fréatica. Una prohibición del producto hubiera significado un alto sacrificio en la productividad agrícola y poco beneficio al medioambiente.

Desgraciadamente, el estudio de salud arrojó resultados preocupantes. El uso de pesticidas por agricultores es un típico caso de salud ocupacional, por ello merecía atención. En lo que respecta a trabajo, la agricultura, sin duda, emplea más gente que la minería, la industria, la pesca, o casi cualquier otro sector económico. Hoy en día en Ecuador, la mayoría de los agricultores usan productos químicos, algunos más otros menos, para controlar las malezas, plagas o enfermedades de

sus cultivos. En su ámbito de trabajo, miles de agricultores ecuatorianos están expuestos día tras día a productos peligrosos.

Para medir el impacto del uso de pesticidas nos concentramos en tres interrogantes: primero, cuál es la incidencia de la intoxicación aguda por pesticidas. Segundo, cuál es la dosis de exposición dérmica a la que se exponen los agricultores y tercero, cuáles son, a largo plazo, los efectos crónicos que producen la exposición a plaguicidas. Durante un año el equipo salud montó un sistema de vigilancia activa para registrar casos de intoxicaciones. Se registraron casos de intoxicación con pesticidas de origen accidental, intencional (intentos de suicidarse) y ocupacional. La gran mayoría correspondía a ocupacional.

Gracias al sistema de vigilancia activa, se constató que la tasa de intoxicación con pesticidas se había incrementado más de diez veces, desde un promedio de 10 por cien mil habitantes, reportado durante los años 80, hasta 171 por cien mil. La intoxicación por pesticidas resultó ser una de las principales enfermedades de la zona. Esta es una cifra consistente con la literatura sobre el tema y lastimosamente está entre las tasas más altas reportadas en el mundo (Crissman, Cole y Carpio 1994).

Considerando que existía una verdadera epidemia de intoxicación por pesticidas entre los trabajadores agrícolas, la pregunta fue como se producía tal intoxicación? En base a las observaciones sobre casos de intoxicación, dirigimos nuestra atención hacia las actividades de preparación, aplicación, y limpieza de equipos. Así constatamos que la exposición a pesticidas durante el trabajo ocurre principalmente a través de la piel. La inhalación e ingestión normalmente no resultaron importantes. Entonces en un ensayo con voluntarios fijamos parches en que medimos los residuos de los químicos que presentes en varios sitios del cuerpo.

Aparte de las botas de caucho, no encontramos ningún tipo de ropa o equipos efectivos contra la exposición. La espalda y las manos son las partes del cuerpo más expuestas.

Teniendo en cuenta los pesos promedios de los voluntarios, se determinó que las cantidades eran lo suficientemente grande como para causar trastornos en el individuo (Cole et al 1997).

Con estos promedios de exposición, los agricultores no están cayéndose muertos en medio de sus parcelas pero si están intoxicándose día tras día. De allí nuestro interés en evaluar el impacto de una exposición crónica a pesticidas. Los efectos encontrados fueron de tipo neuropsicológicos, neurológico periférico y dermatológicos, cada uno causado por las distintas clases de pesticidas usados.

Para medir los efectos neuropsicológicos, el equipo salud coloco una batería de pruebas al grupo expuesto y a un grupo control. El grupo control no desarrolla tareas agrícolas. Los resultados indican que, con todo las demás circunstancias iguales, el grupo expuesto presentaba efectos neuropsicológicos adversos comparado al grupo control. Las áreas de funcionamiento más afectadas son memoria, atención y desempeño psicomotriz. El efecto ocurre en una forma progresiva. Al inicio los síntomas son sub-clínicos, pero a más tiempo de exposición los síntomas se hacen visibles.

Utilizando un índice, construido en base a los valores obtenidos en varias de las pruebas, se puede visualizar que el promedio de los escores del grupo expuesto está una desviación estándar por debajo del grupo control. Los promedios de los escores mínimos fueron tres desviaciones estándares por debajo, indicando deficiencias en las tareas cognitivas básicas. Se puede esperar que este grupo tenga dificultades en manejar su trabajo o deberes de casa. Su calidad de vida es substancialmente reducida. Lo más lamentable es que los daños son irreversibles (Cole et al 1997).

Esos resultados demuestra que el debate sobre la prohibición de carbofurán fué mal ubicada. Los grupos de salud ocupacional no está tan bien organizados como los grupos ecológicos entonces hay poca discusión pública acerca de las políticas de salud ocupacional y aquí es donde nuestra investigación demuestra que el debate debería estar. Debido a que el uso de pesticidas en la producción de papa es un

componente esencial en las tecnologías actualmente utilizadas, el debate de políticas se debe orientar a asuntos de seguridad del aplicador y en vez de prohibiciones, programas de manejo seguro y adecuado deben ser parte de las recomendaciones. También se deben considerar soluciones tecnológicas.

Los resultados del estudio de casos muestran evidencias interesantes. Sin embargo solo se investiga dos de los varios senderos a través de los cuales los pesticidas pueden entrar en el medioambiente o afectar la salud humana. Tampoco se debe sacar la conclusión de que el uso de pesticidas no afecta el medioambiente. Otros productos, en otros suelos con lluvias más intensas pueden llegar fácilmente a la napa fréatica o salir con la escorrentía. El síndrome Taura es un dramático testigo del potencial de contaminación ambiental por pesticidas. El estudio de caso fué sencillamente una primera aproximación a la problemática de investigar los nexos entre la agricultura, medioambiente y salud humana.

### **Análisis de impacto tecnológico**

En una era de mayores restricciones de presupuesto una entidad de investigación tiene que justificar bien sus gastos en investigación. Los centros de investigación que operan con un mandato dirigido hacia la agricultura sostenible tienen un juego limitado de tecnologías disponibles. El marco conceptual que se presenta aquí permite un análisis *ex ante* de los impactos potenciales de las nuevas tecnologías. El análisis permite además demostrar los impactos no económicos siempre importante en los criterios de sostenibilidad bajo un formato útil para justificar las inversiones en tales programas de investigación.

En la figura 9 se presentan los efectos hipotéticos de dos cambios en tecnología sobre el caso base de afectaciones de rendimiento neuropsicológicos comparado con el valor de la producción. Como en el caso de lixiviación de fungicidas, la curva fue construida con los escenarios de impuestos a los insecticidas y subsidios a los precios del producto. En el eje vertical consta un índice del riesgo de salud construido con una comparación de los resultados del grupo control con el grupo

expuesto. El valor cero indica que no hay diferencias en riesgo entre los dos grupos.

En el extremo del caso base la curva indica que el grupo expuesto corren un riesgo 50% mayor que el grupo control, en que su rendimiento neuropsicológico será más una desviación estándar por debajo del grupo control. Los entomólogos del INIAP y CIP tienen desarrollado un juego de recomendaciones de manejo integrado de gusano blanco que puede reducir el uso de carbofurán. Impusimos ese escenario al modelo con suposiciones sobre la tasas de reducción del uso por hectárea y de adopción. El resultado está indicado con la curva que muestra reducciones en el riesgo. Los resultados del caso también indican que un programa de mejor manejo de los pesticidas puede reducir la exposición. Desarrollamos dos escenarios donde suponemos un programa de educación resulta en dos niveles de adopción por los agricultores de medidas de protección. Las combinaciones de esos niveles y combinaciones con adopción de manejo integrado puede reducir los riesgos de salud hasta en un 50% o más.

Esas curvas indican que una salida al dilema a través de la tecnología en vez de impuestos puede causar menos impacto en la producción resulta en una mayor reducción al riesgo en la salud humana. Notense que no hemos valorizado la salud humana. Esa tarea queda con los quienes negocian las políticas.

## Conclusiones

La inclusión del criterio de sostenibilidad como un elemento de política en varios países ha cambiado los mandatos de los institutos de investigación agrícola y de la manera en que se lleva a cabo la investigación. El resultado es un incremento en el uso de modelaje de sistemas, frecuentemente con modelos de simulación. Varios observadores han notado sin embargo que un enlace débil en esas tendencias es la falta de integrar criterio de toma de decisión económica en los modelos.

La investigación reportado aquí desarrolló un modelo conceptual que establece los enlaces entre políticas a nivel

macro con impactos a nivel micro. Este enlace fue facilitado por la inclusión de un modelo de toma de decisión por el parte del agricultor. El modelo demuestra como los agricultores reaccionan a cambios de políticas o tecnologías a través de ajustes a su uso de tierra y uso de insumos agrícolas. El modelo conceptual fue aplicado en un estudio de casos sobre los impactos ambientales y en la salud humana por el uso de pesticidas en la producción de papa. El modelo de simulación produce resultados que se pueden agregar por extrapolación de resultados más allá del sitio de investigación, haciendo útil el modelo para el análisis de políticas. Curvas de relaciones de intercambio fueron introducidos como una heramienta analítica para resumir grandes cantidades de datos y para ilustrar los impactos múltiples de una tecnología dada.

Aunque se aplique este modelo a los impactos económicos, ambientales y en salud humana, el modelo es flexible y se puede aplicar a otros factores de la agricultura sostenible. Puesto que el modelo tiene un base estadística, se puede utilizar bases de datos generadas de varias fuentes como los del estudio de casos o de los sistemas informáticos geográficos (SIG). Actualmente esta en marcha en el CIP un proyecto para probar esas extensiones del modelo e incorporar el uso de SIG en el análisis de políticas y de tecnologías. Un informe completo del proyecto se puede encontrar en la publicacion por Crissman, Antle y Capalbo listado en las referencias.

## Bibliografía

Antle, J.M., S.M. Capalbo, D.C. Cole, C.C. Crissman, y R.J. Wagenet. "Assessing Economic, Environmental and Health Tradeoffs in Agricultural Production Systems: Pesticides in the Potato/Pasture System of Highland Ecuador." *Journal of Environmental Economics and Management*. 1997 (en submisión).

Antle, J. M., S.M. Capalbo, y C.C. Crissman. "Econometric Production Models with Endogenous Input Timing: an Application to Ecuadorian Potato Production." *Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 19, No. 1. (July 1994): 1-18.

Antle, J. M., C.C. Crissman, R.J. Wagenet y J.L. Hutson. "Empirical foundations for Environment - Trade Linkages: Implications of an Andean Study". In M.E. Bredahl, N. Ballenger, J. Dunmore, and T.L. Roe (eds.) *Agriculture, Trade, and the Environment: Discovering and Measuring the Critical Linkages*. (Boulder, Col.: Westview Press) 1996. pp 173-197.

Antle, J.M. y G. Heidebrink. "Environment and Development: Theory and International Evidence." *Economic Development and Cultural Change*. 43(1995): 603-625.

Antle, J.M. y R.E. Just. "Conceptual and Empirical Foundations for Agricultural-Environmental Policy Analysis." *Journal of Environmental Quality*. 21(1992): 307-316.

Cole, D.C., F. Carpio, J. Julian, N.. Leon, R. Carbotte, y H. de Almieda. "Neurobehavioral Outcomes among Farm and Non-Farm Rural Ecuadorians." *Neurotoxicology and Teratology*. 1997. (en imprenta)

Crissman, C.C. J.M. Antle, y S.M. Capalbo.(eds.) *Quantifying Tradeoffs in the Environment, Health and Sustainable Agriculture: Pesticide Use in the Andes* (Boston: Kluwer Academic Press and International Potato Center) 1997 (en imprenta).

Crissman, C.C., D.C. Cole, y F. Carpio. "Pesticide Use and Farm Worker Health in Ecuadorian Potato Production"

*American Journal of Agricultural Economics*. Vol. 76 No. 3 (August 1994): 593-597.

Crissman, C.C. y P. Espinosa. "Implementando un Programa de Investigación en Sostenibilidad Agrícola; un ejemplo del uso de pesticidas en la producción de papa en Ecuador." ponencia en el Simposio Latinoamericano sobre Investigación y Extensión en Sistemas Agropecuarios. 2-6 Marzo, 1993. Quito, Ecuador 30p.

D. Lee y P. Espinosa. "Economic Reforms and Changing Pesticide Policies in Ecuador and Colombia." Chapter 6 en C.C. Crissman, J.M. Antle, and S.M. Capalbo.(eds.) *Quantifying Tradeoffs in the Environment, Health and Sustainable Agriculture: Pesticide Use in the Andes* (Boston: Kluwer Academic Press and International Potato Center) 1997 (en imprenta).

Hutson, J.L. y R.J. Wagenet. "A pragmatic field-scale approach for modeling pesticides." *Journal of Environmental Quality*. 22(1993):494-499.

Ramos, H.H., R. Flores, P. Salazar, y A. Hibón. "Determinación de la ventaja compartiva de la producción de papa en el Ecuador: Implicaciones para la asignación de recursos de investigación a través de regiones." Documento Técnico No. 58. Quito, Ecuador: Instituto de Estrategias Agropecuarias. Junio 1993.

Walker, T., C.C. Crissman, R. Darío Estrada, H. Fano, O. Ortiz, C. León Velarde, y R. Quiroz. "Prospects for Agricultural Intensification in the Andean Highlands." ponencia en el 2020 Ecoregional Workshop, Airlie House, Virginia, USA, 7-10 Noviembre 1994. 37 pp.

## Listado de títulos de figuras

Figura 1. Un ejemplo de la distribución conjunta entre producción y contaminación de agua

Figura 2 Una tipología de tecnologías agrícolas

Figura 3 Un modelo de toma de decisión del uso de la tierra y manejo del cultivo

Figura 4 Modelo integral de simulación para el análisis de relaciones de intercambio

Figura 5 Relaciones de intercambio entre producción agropecuaria y medioambiente con diferentes tecnologías

Figura 6 Un gráfico de puntos de la relación de intercambio entre lixiviación de fungicidas y valor de producción

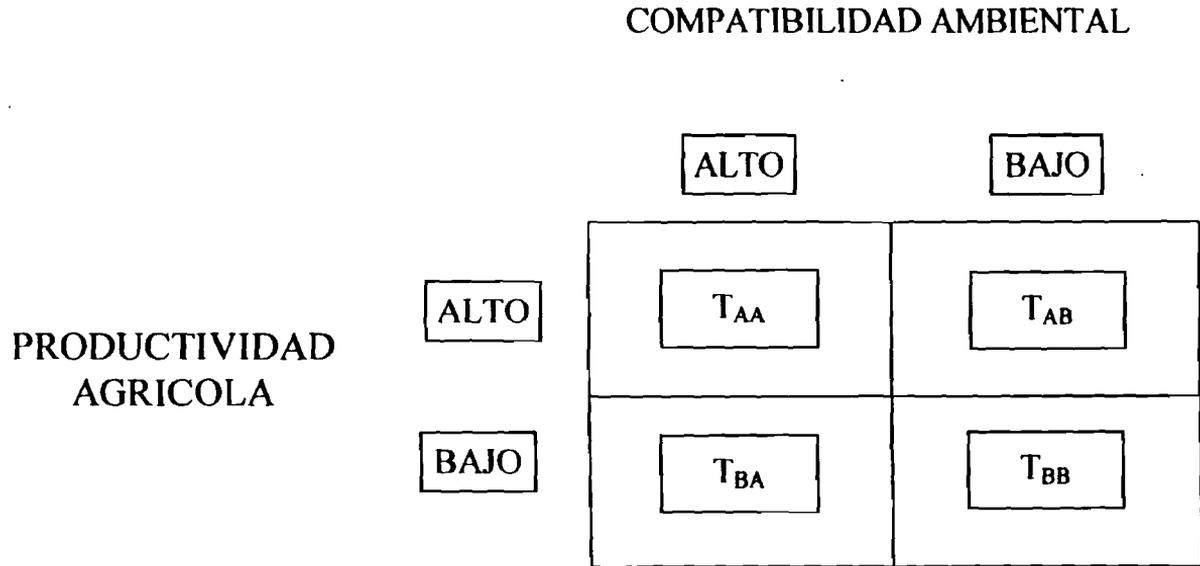
Figura 7 Heterogeneidad de sensatez de zonas de la lixiviación

Figura 8 Lixiviación de carbofurán  
Figura 9 Impacto de cambio de tecnologías y riesgo de salud.

Figura 1

Características de la zona	Alta Contaminación	Baja Contaminación
	<i>Zona 1</i>	<i>Zona 2</i>
Altos Rendimientos	$R = 2 \alpha N$ $C = 2 \beta P$	$R = 2 \alpha P$ $C = \beta P$
	<i>Zona 3</i>	<i>Zona 4</i>
Bajos Rendimientos	$R = \alpha N$ $C = 2 \beta N$	$R = \alpha N$ $C = \beta N$

**FIGURA 2. TIPOLOGIA DE TECNOLOGIAS AGRICOLAS**



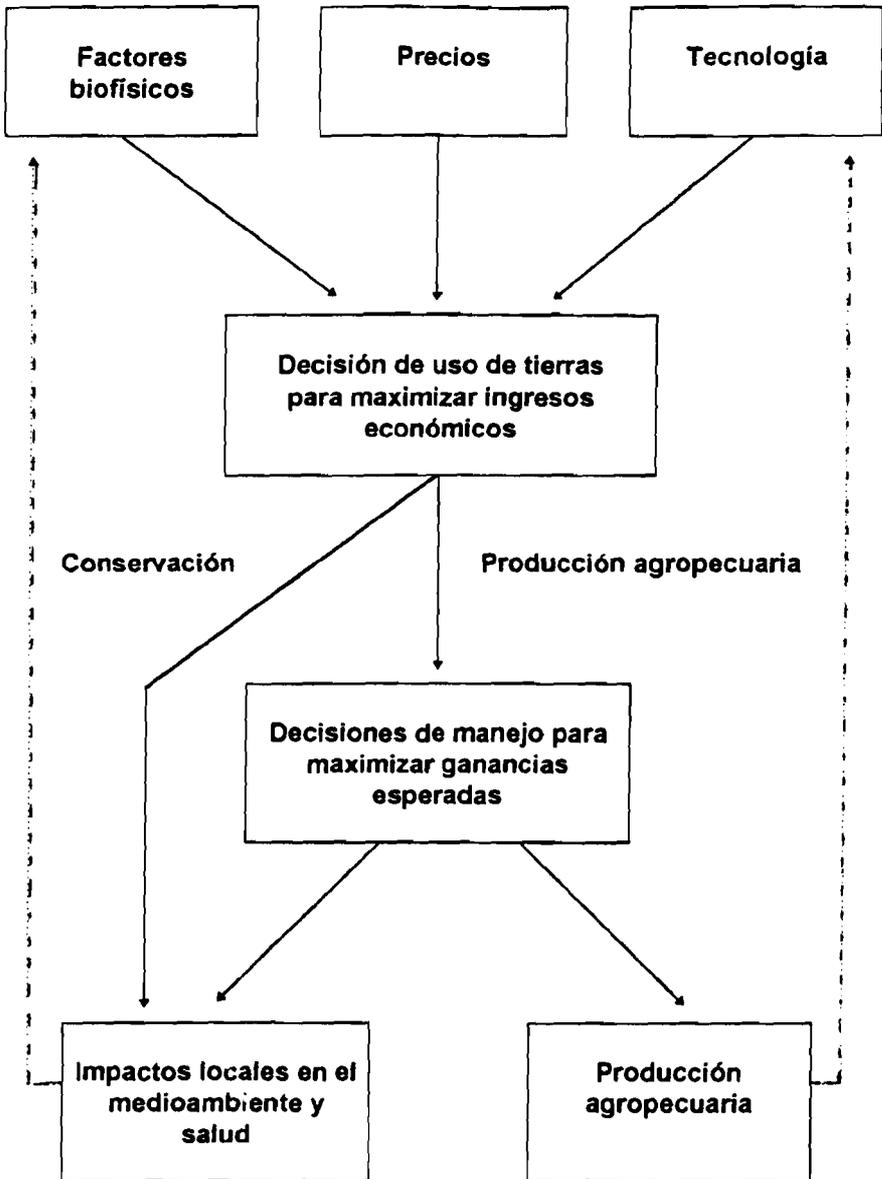
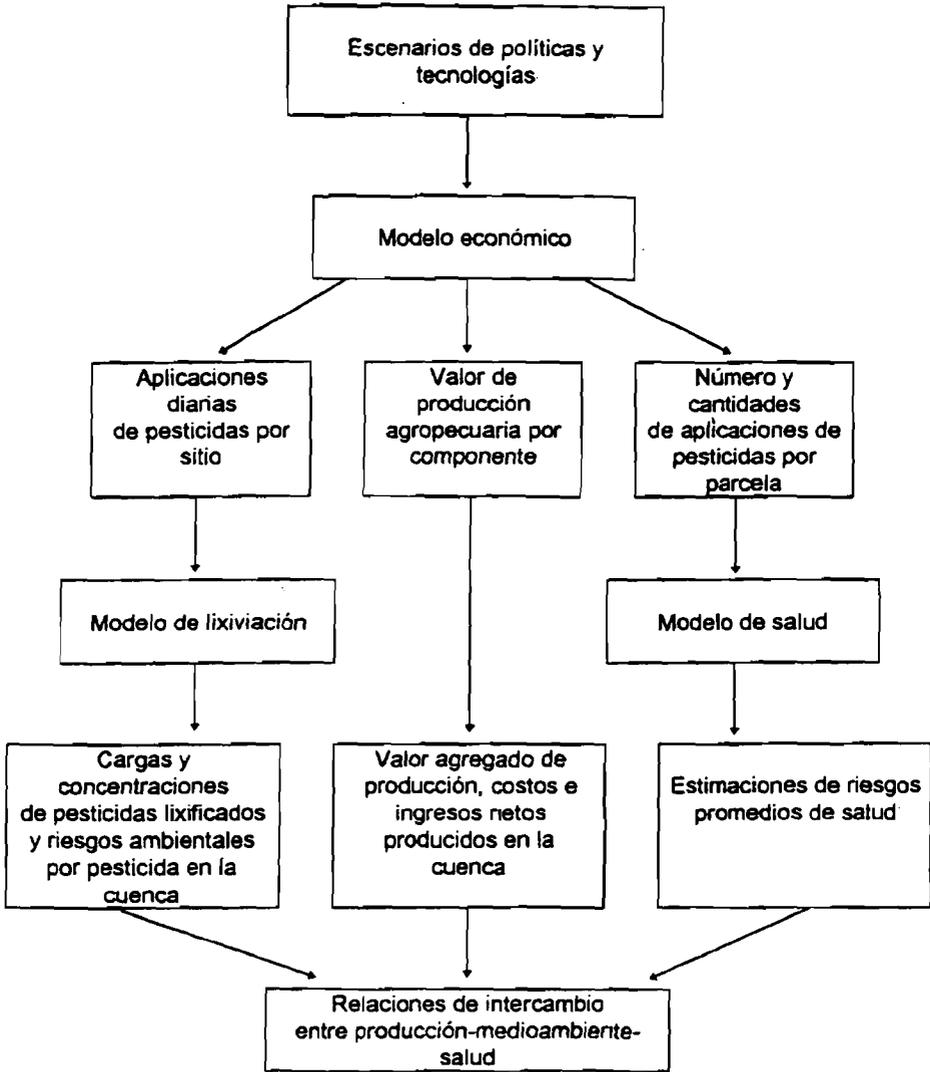
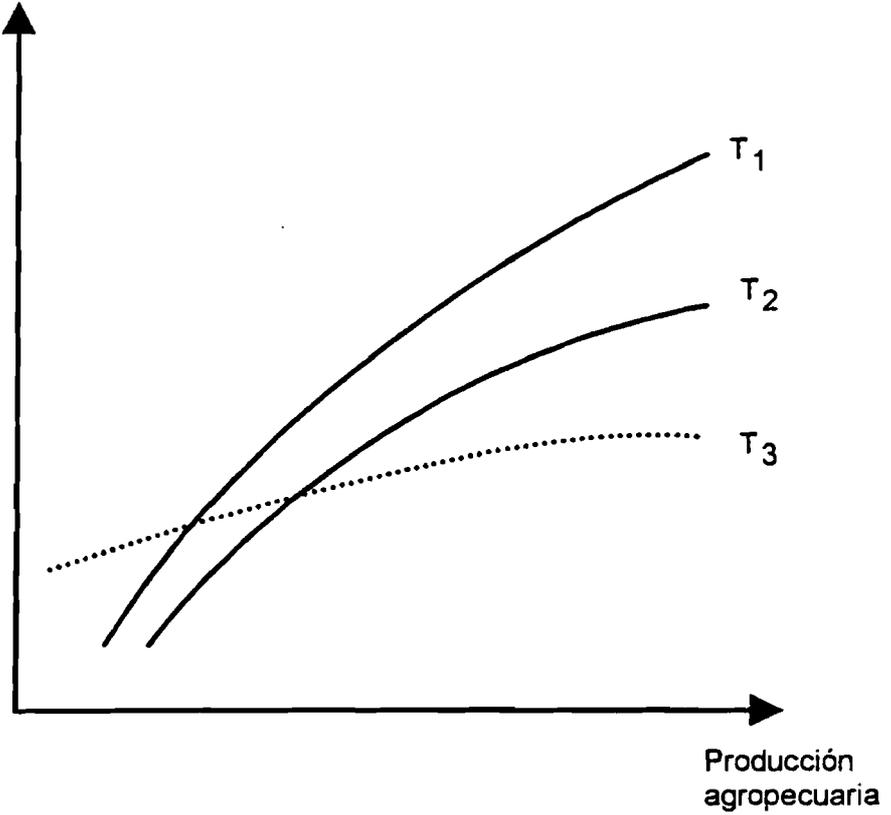


Figura 3. Modelo espacial estático del uso de la tierra y manejo del cultivo



**Figura 4. Modelo integral de simulación para análisis de relaciones de intercambio**

Impacto ambiental



**Figura 5. Relaciones de intercambio entre producción agropecuaria y medioambiente con diferentes tecnologías**

Figura 6

Un gráfico de puntos de la relación de intercambio entre lixiviación de fungicidas y valor de producción

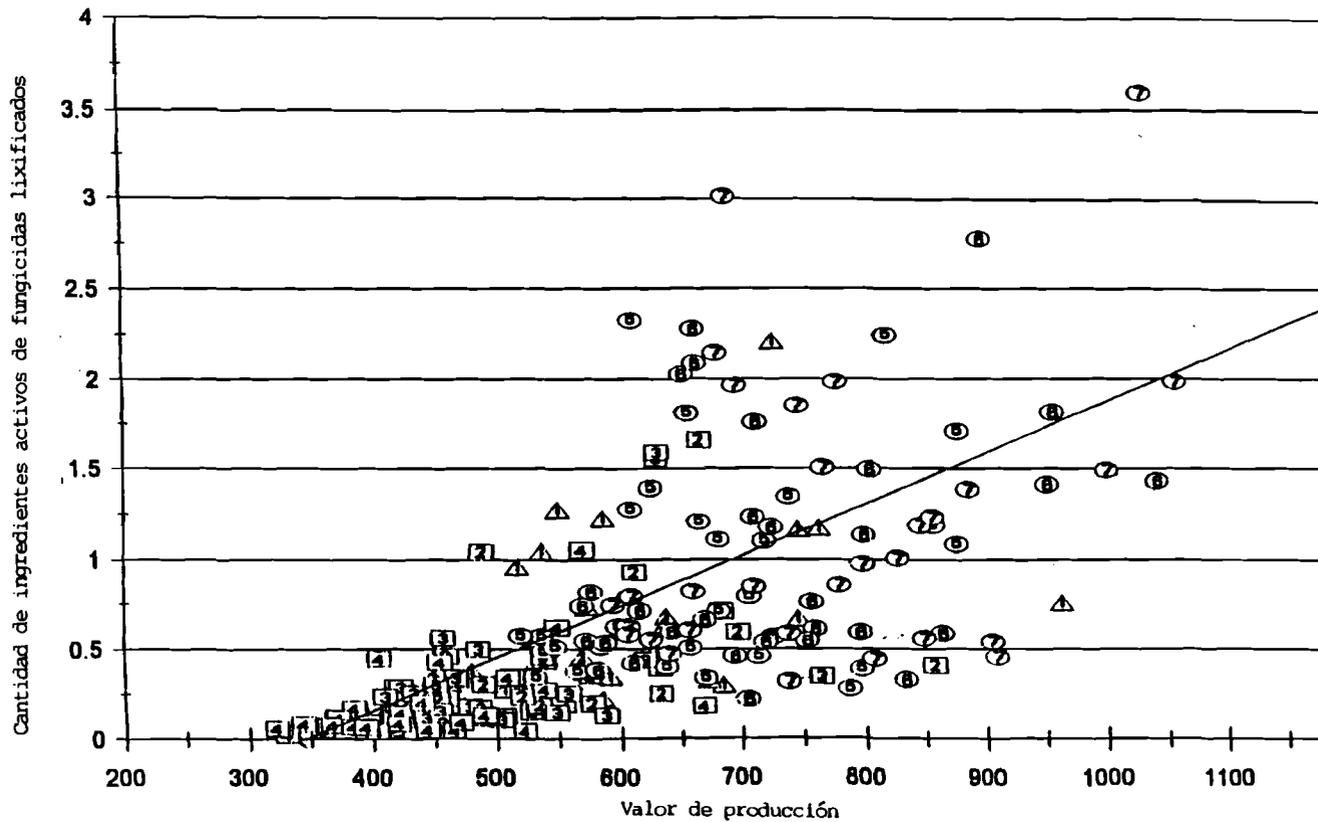


Figura 7. Heterogeneidad de sensatez de zonas de lixiviación

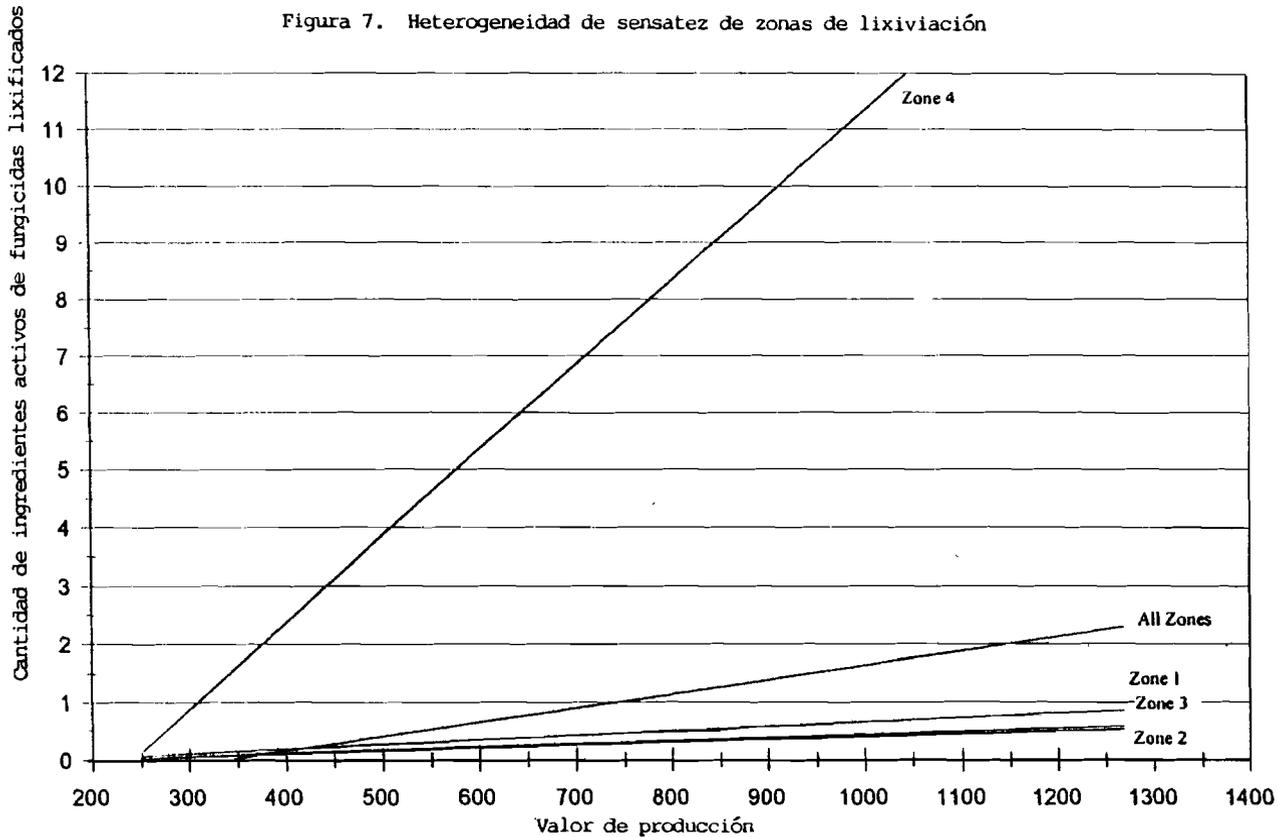
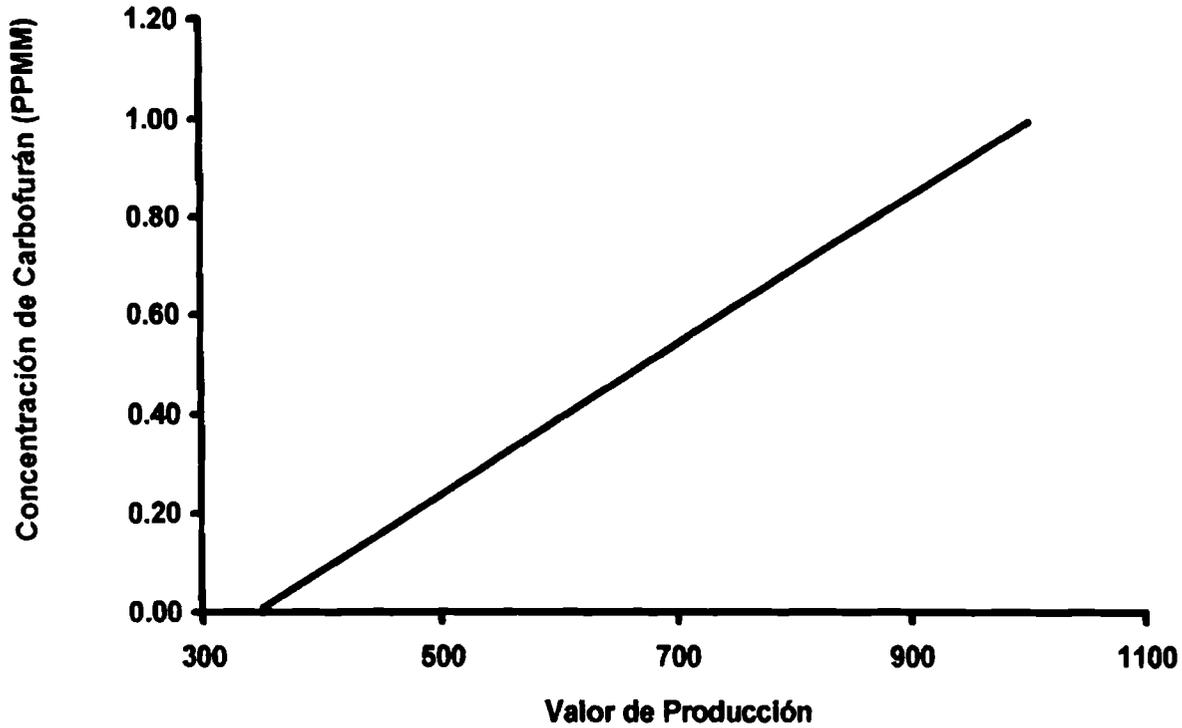


Figura 8



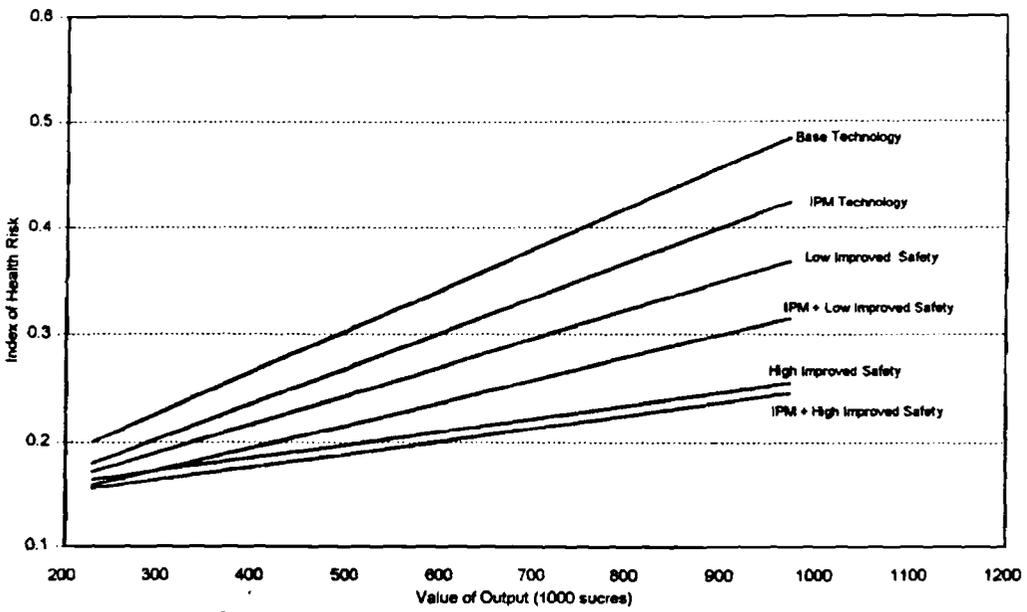


Figure 9 Health-Output Tradeoffs for Carbofuran IPM and Improved Safety Practices