
ESTIMACION DE COSTOS EN BIENESTAR DE REGULACIONES AMBIENTALES DE PLAGUICIDAS. EL CASO DE LA CUENCA DEL RIO CHILLAN¹

VENANCIO CUEVAS², CARLOS CHÁVEZ.³

RESUMEN

El uso de plaguicidas es considerado un ejemplo típico de contaminación difusa. Considerando los problemas de información relacionados a dicho tipo de contaminación, la selección e implementación de políticas para su control es usualmente compleja. El objetivo de este artículo consiste en estimar el impacto en términos de costos en bienestar asociado a regulaciones de agrotóxicos en la cuenca hidrográfica del río Chillán (VIII Región, Chile). Utilizando la metodología propuesta por Sunding (1996), se obtiene una estimación del impacto económico en términos de costos en bienestar de la implementación de regulaciones ambientales agrícolas. Los tipos de regulaciones incluyen: a) sustitución individual de plaguicidas, b) sustitución de grupos de plaguicidas, y c) restricción total al uso de plaguicidas. En términos del impacto en costos del bienestar, se determinó que políticas consistentes en sustitución de plaguicidas generan un impacto estimado entre el 15,7% y 23,1% del valor bruto de la producción, dependiendo del tipo de regulación y sistema productivo afectado. Adicionalmente, y de manera más específica, el impacto en bienestar de una política de sustitución de herbicidas del grupo químico de las Triazinas (que es utilizada en la producción de maíz y frutales) ascendería a alrededor de \$ 114,2 millones, lo que representa aproximadamente un 12% del valor bruto de producción de los sistemas involucrados. Desde el punto de vista de sistemas productivos afectados, el mayor impacto regulatorio se presenta en los sistemas de producción de secano. En términos de efectos distributivos, concluimos que una política de cancelación de plaguicidas resulta en impactos relativamente similares entre los productores afectados, cuando ésta se compara con una política de sustitución individual.

Palabras claves: regulaciones ambientales, análisis de bienestar, sistemas de producción.

² Investigador Asociado, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Manejo Forestal (CENID - COMEF) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Delegación Coyoacán CP 04110. México.

³ Profesor Asistente, Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Concepción. Casilla 1987, Concepción, Chile.

ABSTRACT

Welfare cost estimates of environmental pesticide regulations, the case of the Chillan River Basin.

Pesticide use is considered to be a typical example of non-point source pollution. The design and implementation of environmental policies are usually difficult due to informational problems related to this type of pollution. The primary purpose of this article is to estimate the impact of pesticide regulation in the hydrographic river basin of the Chillán river (VIII Región, Chile) on welfare costs. The methodology proposed by Sunding (1996) is used to make an estimate of the economic impact from the implementation of agricultural environmental regulations in terms of welfare costs. The types of regulation considered in the analysis include: a) substitution of individual pesticides, b) substitution of pesticide groups, and c) total restriction in the use of pesticides. We found that a substitution of pesticides generated a welfare cost impact of between 15.7% and 23.1% of the production gross value, depending on the specific type of regulation and the affected productive system. Moreover the specific welfare impact of a policy towards the substitution of herbicides of the chemical group Triazines, which are used in regional maize and fruit tree production, is estimated to be around \$ 114.2 million, or about 12% of the gross value of production in the related production system. From the point of view of the effect on productive systems, the major regulatory impact is expected to occur in dry land productive systems. Finally, upon our analysis of the distributive impact of the regulation, we conclude that a policy of pesticide cancellation would result in similar impacts on inequality among regulated producers similar to those of a policy characterized by individual pesticide substitution.

Key words: environmental regulations, welfare analysis, production systems.

I. INTRODUCCIÓN

En teoría cada ambiente y genotipo posee un umbral crítico para la asimilación de contaminantes. Cuanto antes se sobrepase este umbral, el riesgo ambiental de contaminación es mayor. En Chile el tema de la persistencia o residualidad ambiental ha sido muy poco estudiado, por lo que se desconocen los umbrales críticos para la gran mayoría de los residuos contaminantes (Díaz et al. 2000). No obstante dicha situación, se reconoce y existen pruebas abrumadoras de que el uso de los plaguicidas tiene importantes efectos en la calidad del agua y provoca serias consecuencias ambientales (FAO 1997).

La agricultura en Chile se basa principalmente en sistemas de producción intensivos y monocultivos que dependen de la aplicación de plaguicidas para aumentar su rendimiento⁴.

⁴ Esta situación no es ajena a la Cuenca Hidrográfica del río Chillán (CRCh), puesto que la producción agropecuaria es la principal actividad productiva. De una superficie total de 75.754,6 hectáreas, el 49.3% está destinada a cultivos agrícolas, 21.9% se encuentra cubierta por bosque nativo, 14.5% con plantaciones forestales y el 14.3% restante está dedicado a otros usos (urbano, industrial, etc.), (Azócar y Aguayo 1999).

Estos productos deben ser manejados y usados adecuadamente para no presentar riesgos para la salud humana y el ambiente; dichos riesgos, generalmente se expresan en una mayor contaminación de las aguas superficiales y napas subterráneas, pérdidas de especies animales y vegetales, impactos directos en la salud de las personas por exposición y manejo de ellos. Los efectos negativos que causa o puede causar el uso inadecuado y/o indiscriminado de plaguicidas justifican su regulación.

Los plaguicidas, sirven para aumentar la productividad agrícola, pero los efectos que provocan al ambiente y a la salud han justificado su regulación por parte del Estado, haciendo de éste un tema de debate social continuo. La prohibición respecto del uso de plaguicidas es la principal política reguladora usada en países desarrollados. Los impactos económicos de tales prohibiciones, dependen de la disponibilidad de sustitutos, de la oferta y condiciones de comercio, de la investigación en nuevos productos y prácticas de combate a las plagas y enfermedades agrícolas. Sin sustitutos, una prohibición de plaguicidas resulta en una reducción de los niveles de producción y altos precios del producto final, una pérdida importante de ingreso para los consumidores y una redistribución del ingreso entre los productores agrícolas (Zilberman *et al.* 1991).

La literatura económica sobre uso y regulación de plaguicidas incluye un número reducido de estudios referidos al análisis respecto de los efectos de políticas ambientales consistentes en la restricción al uso de insumos dañinos. La complejidad y requerimientos importantes de datos en la mayoría de los modelos de evaluación de impacto, motiva el que regularmente la mayoría de las regulaciones ambientales sobre el uso de agrotóxicos sean promulgadas con un inadecuado análisis de sus impactos económicos (Sunding 1996).

En el análisis sobre regulación al uso de plaguicidas, algunos estudios se centran en aspectos referidos a la seguridad del trabajador agrícola. Las medidas consideradas en este tipo de regulación son implementadas en los casos donde existe riesgo de contraer enfermedades inducidas por plaguicidas. Tales medidas generalmente apuntan a la necesidad de mejorar el manejo de los plaguicidas con el objeto de proteger a mezcladores, cargadores, aplicadores y demás trabajadores involucrados. Otros trabajos han enfatizado el análisis de regulaciones ambientales basadas en la cancelación destinada a inducir sustitución de insumos, estudiando específicamente el efecto en términos de cambio en el bienestar que provocan dichos esquemas de intervención pública en los agentes afectados por la política (Lichtenberg *et al.* 1988; Mahr y Moffit 1994; Sunding 1996).

Los estudios empíricos destinados a estimar el impacto económico de una cancelación que induce la sustitución de plaguicidas sugieren que tales impactos, de magnitud diversa, son usualmente distribuidos entre usuarios y no usuarios del plaguicida (Lichtenberg *et al.* 1988) y que una mayor variación de los mismos se presenta entre temporadas (Sunding 1996). Dichos estudios sugieren también que el efecto principal de una regulación ambiental sobre el uso de plaguicidas se observa en el cambio de la estrategia de producción que siguen los productores agrícolas, la cual se refleja en estadísticas de producción relacionadas fundamentalmente a cambios en rendimiento y costos de producción (Mahr y Moffit, 1994).

El objetivo general de este artículo consiste en estimar el impacto en términos de costos en bienestar que se presenta cuando se aplican regulaciones ambientales agrícolas consis-

tentes en una cancelación y/o sustitución de plaguicidas en zonas agroecológicas homogéneas. Los objetivos específicos considerados incluyen primero, evaluar la pérdida en bienestar en función del impacto ocasionado por las regulaciones hipotéticas propuestas sobre los costos marginales de producción por sistemas productivos y zonas afectadas y, segundo, evaluar el impacto distributivo de las políticas de regulación de plaguicidas consideradas entre los productores afectados.

El análisis del impacto económico de la regulación de plaguicidas propuesto en esta investigación constituye una evaluación “ex – ante” de políticas alternativas de regulación de plaguicidas agrícolas (cancelación / sustitución) para zonas agroecológicas homogéneas. El impacto económico que se propone estimar considera sólo la pérdida de bienestar por el incremento de costos de producción agrícola y/o reducción de rendimientos. No se considera aquí los beneficios ambientales (impacto en la calidad del agua, ecosistemas, biodiversidad, entre otros) y los efectos positivos que las regulaciones consideradas puedan causar en la salud humana. En este sentido, sólo se estima el impacto que la regulación de plaguicidas tiene sobre el bienestar bruto (Sunding 1996; Mahr y Moffit 1994; Lichtenberg *et al.* 1988).

El artículo se organiza en cuatro secciones. En la segunda sección se describe la metodología utilizada para el trabajo empírico. Específicamente, se revisa aquí el modelo teórico de estimación de costos en términos de bienestar derivados de la implementación de regulación de plaguicidas. Adicionalmente, se presenta y discute aquí la implementación empírica del modelo teórico considerado. La tercera sección incluye la aplicación del modelo revisado en la sección anterior para la estimación de costos en bienestar en el caso de regulaciones de plaguicidas en la cuenca del río Chillán. Se presenta en primer lugar los requerimientos de información específicos y las fuentes de datos utilizados para la estimación. En segundo lugar, se analiza la selección de plaguicidas a regular para el caso de estudio considerado. En tercer lugar, se presenta y discute en detalle los resultados obtenidos en términos de costos en bienestar derivados de la implementación de una regulación de plaguicidas agrícolas en la Cuenca Hidrográfica del Río Chillán, así como un análisis del impacto distributivo de las políticas implementadas. Finalmente, en la cuarta sección se presentan las conclusiones del estudio.

II. MODELO TEÓRICO

En esta sección se revisa brevemente el modelo teórico general y su especificación para la aplicación empírica consistente en la estimación de costos en bienestar derivado de la implementación de regulación de plaguicidas. Se describe brevemente el modelo teórico desarrollado por Sunding (1996) para el análisis de costos en bienestar de la regulación de plaguicidas; posteriormente, se describe la especificación a utilizar para desarrollar el trabajo empírico.

II.1. Costos en Bienestar de Políticas de Regulación de Plaguicidas

La implementación de políticas de regulación ambiental genera cambios en las condiciones actuales de producción y consumo y en los niveles de bienestar de la población. Los impactos económicos de las regulaciones pueden ser estimados mediante un análisis de los costos en términos de bienestar.

Sobre la base del enfoque propuesto por Sunding (1996), se asume que existen Z zonas y se denota por q_z el nivel de producción de algún cultivo en la zona z , $z = 1, \dots, Z$. Adicionalmente, el precio de mercado es representado por la función de demanda inversa $p(q)$, donde q es la producción total de mercado. El costo de producción en la zona z es denotado por la función diferenciable y continua $C_z(q_z, \mu_z)$, donde μ_z indexa la regulación ambiental en la zona z . Se asume además que los costos marginales de producción son positivos y no decrecientes, es decir, $\partial C_z(q_z, \mu_z)/\partial q_z = CM_z(q_z, \mu_z) > 0$ y $\partial^2 C_z(q_z, \mu_z)/\partial q_z^2 \geq 0$, y que el mercado del producto agrícola funciona en condiciones de competencia perfecta⁵. Notamos aquí que dicha estructura de la función de costos puede ser originada por una tecnología de producción agrícola que exhibe retornos constantes o decrecientes a escala.

El bienestar económico (W) es definido como la suma no ponderada del excedente del consumidor (EC) y el excedente del productor (EP); esto es $W = EC + EP$. El excedente del consumidor mide la diferencia entre el valor que el consumidor está dispuesto a pagar por una unidad de un bien y el valor realmente pagado. De esta forma, si la función de demanda inversa por el producto agrícola $p(q)$, coincide con su utilidad marginal, el excedente del consumidor se puede calcular como:

$$EC = \int_p^a q(\sigma) d\sigma \quad (1)$$

donde σ es una variable de integración y a es el intercepto vertical de la curva de demanda.

El excedente del productor es la diferencia que obtiene este agente por la venta del bien a un precio dado y el costo de dicha producción $C_z(q_z)$. El excedente del productor en la zona agroecológica z está dado por:

$$EP_z = pq_z - \int_0^{q_z} CM_z(\theta_z, \mu_z) d\theta_z \quad (2)$$

donde θ_z , es una variable de integración y μ_z , como se mencionó anteriormente, representa la regulación ambiental aplicada en la zona z .

⁵ El estudio sigue los supuestos de competencia perfecta inicialmente señalados por Sunding (1996).

El cambio en el bienestar (dW) derivado de una política de regulación de plaguicidas es obtenido agregando los impactos que la regulación (sustitución/cancelación de plaguicidas) produce en el excedente del consumidor y en el excedente de los productores para las diferentes zonas agroecológicas consideradas (Sunding 1996). Específicamente:

$$dW = dEC + \sum_{z=1}^z dEP_z = - \sum_{z=1}^z \frac{\partial CM_z(q_z, \mu_z)}{\partial \mu_z} q_z \quad (3)$$

De esta forma, el cambio en el bienestar (bruto) es igual a la suma ponderada de los cambios en los costos marginales de producción por zona, ocasionados por la regulación ambiental, donde las ponderaciones están dadas por el nivel de producción que prevalecía en la situación previa a la regulación.

II.2. Impacto en Bienestar de Regulación al uso de Plaguicidas: Modelo para Análisis Empírico

La información típica disponible para la realización de investigaciones empíricas referentes al impacto económico de una regulación de plaguicidas consiste en costos de producción por hectárea y niveles de rendimiento por hectárea⁶. En base a la disponibilidad de dicha información, el análisis empírico respecto del impacto en términos de costos en bienestar causados por la implementación de una regulación de plaguicidas agrícolas, puede ser desarrollado mediante el análisis de los cambios que genera la implementación de una política de regulación de plaguicidas específica sobre costos y/o rendimientos.

Considere la situación antes de la implementación de una política de regulación de plaguicidas. Sean C_z y Y_z , respectivamente, el costo de producción por hectárea y el rendimiento por hectárea para un cultivo específico en la zona agroecológica z ⁷. En dicha situación, el costo medio de producción de un cultivo específico en la zona z (CM_{e_z}), está dado por $CM_{e_z} = (C_z/Y_z)$. Adicionalmente, definimos $C_z + dC_z$ y $Y_z + dY_z$, respectivamente, como el costo por hectárea y el rendimiento por hectárea que se verifica después de la implementación de una regulación de plaguicidas. Entonces, el impacto de la política medido a través del cambio en el costo medio puede denotarse de la siguiente forma:

$$[(C_z + dC_z)/(Y_z + dY_z)] - [C_z/Y_z] = [Y_z(C_z + dC_z) - C_z(Y_z + dY_z)]/[Y_z(Y_z + dY_z)] \quad (4)$$

⁶ Dicha información puede ser obtenida a partir de presupuestos de cultivos, estimaciones de expertos, estimaciones de centros de investigación y, eventualmente, desde agencias gubernamentales.

⁷ El rendimiento por hectárea se refiere al nivel de producción (expresado en unidades físicas de producto por período) que es generado por hectárea utilizada. Esta es por tanto una medida de productividad física media de la tierra.

Asumiendo que el costo medio (CM_{e_z}) es igual al costo marginal (CM_z) al nivel inicial de producción, y considerando que la política de regulación de plaguicidas (μ_z) afecta tanto a los costos de producción como a los rendimientos por hectárea para un cultivo dado en una determinada zona, es decir, $CM_{e_z}(\mu_z) = CM_z(\mu_z) = [C_z(\mu_z)]/[Y_z(\mu_z)]$, entonces, el impacto en los costos marginales de producción por zona agroecológica, causado por una regulación ambiental, puede ser aproximado empíricamente simplificando la ecuación (4) para obtener:

$$[(C_z + dC_z)/(Y_z + dY_z)] - [C_z/Y_z] = [p(dY_z/Y_z) + dC_z/Y_z]/[1 - dY_z/Y_z] \quad (5)$$

donde p es el precio del producto agrícola (que se asume igual al costo medio de producción), dY_z/Y_z denota la reducción porcentual en el rendimiento por hectárea por zona agroecológica z para un cultivo dado, Y_z es el rendimiento de dicho cultivo en la zona z , dC_z es el cambio en los costos de producción por hectárea del cultivo en la zona z ⁸.

De esta forma, se puede aproximar y evaluar empíricamente el cambio en el costo en bienestar de la ecuación (3), con información que es relativamente fácil de obtener.

El resultado en la ecuación (5) sugiere que cuando el impacto de una política afecta tanto a los costos de producción como al rendimiento del producto agrícola, el efecto ex-post de ésta es igual al valor del cambio porcentual en el rendimiento ($p dY_z/Y_z$) más el cambio respectivo en el costo de producción por unidad de producto (dC_z/Y_z), corregido a su vez por un factor que depende del impacto porcentual de la política sobre los rendimientos ($1 - dY_z/Y_z$). Es importante notar aquí que, de acuerdo a la expresión en la ecuación (5), el impacto en costos de la regulación ambiental considerada está directamente relacionado a la magnitud de la reducción de rendimientos. Adicionalmente, si la política afecta únicamente a los costos de producción por hectárea pero no a los rendimientos por hectárea ($dY_z/Y_z = 0$), entonces el impacto ex-post de la regulación sobre el costo marginal de producción está dado por dC_z/Y_z ; es decir, dicho impacto es igual al cambio en el costo de producción por unidad de producto agrícola.

III. APLICACIÓN A LA CUENCA DEL RÍO CHILLÁN

En esta sección se presenta una aplicación del modelo revisado en la sección 2. El objetivo es estimar los impactos en bienestar como resultado de diversas regulaciones hipotéticas al uso de plaguicidas en la Cuenca Hidrográfica del Río Chillán (CRCh). En primer lugar se presenta los datos y fuentes de información utilizados en el análisis empírico. En segundo lugar se

⁸ El resultado en (5) ha sido citado en trabajos previos. Ver por ejemplo, Lichtenberg *et al* (1988), y Sunding (1996). Es interesante destacar que la literatura previa en que se ha utilizado este resultado no se discute el fundamento ni la relevancia del supuesto de costos medio igual al costo marginal; sin embargo, es posible asociar éste al supuesto de rendimientos constantes a escala en la producción agrícola.

identifica las políticas de regulación de plaguicidas consideradas en el análisis. Finalmente, se presenta y discute los resultados de la estimación del costo en términos de bienestar de las políticas consideradas, así como un análisis de impacto distributivo de tales políticas sobre los productores afectados.

III.1 Datos y Fuentes de Información

El estudio empírico utiliza información a nivel de productores individuales. Dicha información fue obtenida a partir del VI Censo Nacional Agropecuario (INE 1997). Adicionalmente, se utiliza también información proveniente de encuestas directas a productores, entrevistas a expertos agrícolas y otra proveniente del análisis de fuentes secundarias. El VI Censo Nacional Agropecuario contiene a nivel de productor individual, y para cada uno de los principales cultivos agrícolas, información referida a la superficie total sembrada para riego y secano, así como también respecto al nivel de producción por zona para cada cultivo (q_z). El cambio en los costos de producción derivado de políticas de regulación de plaguicidas en la zona z , (dC_z), fue obtenido como la diferencia entre el costo de producción por hectárea al utilizar un plaguicida alternativo (con regulación) y el costo de utilizar el plaguicida actual (sin regulación), es decir:

$$dC_z = (g_{alt\ z} * a_{alt\ z}) - (g_{act\ z} * a_{act\ z}) \quad (6)$$

donde $g_{alt\ z}$ representa el precio por unidad de dosis del plaguicida o agrotóxico a ser utilizado como alternativa por el productor; $g_{act\ z}$ es el precio por unidad de dosis del plaguicida o agrotóxico utilizado actualmente por el productor; $a_{alt\ z}$ representa la dosis de agrotóxico alternativo por hectárea, y $a_{act\ z}$ denota la dosis de agro tóxico por hectárea o plaguicida utilizado actualmente para cada zona agroecológica z , respectivamente.

Los precios de los productos e insumos fueron obtenidos a partir de información provista por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA 2001) y mediante entrevistas directas a vendedores de plaguicidas de la ciudad de Chillán. Adicionalmente, la información de rendimientos promedio por zona (Y_z) fue obtenida a través de cálculos propios en base a información provista por el VI Censo Agrícola.

El cambio en rendimiento de los cultivos afectados como resultado de la implementación de políticas de regulación de agrotóxicos (dY_z/Y_z) fue obtenido a través de consultas a expertos y productores agrícolas. Con dicho objetivo se realizó una serie de entrevistas estructuradas a investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ingenieros agrónomos relacionados a negocios de venta de plaguicidas, productores y profesores universitarios relacionados al tema agrícola de la ciudad de Chillán. En primer lugar se consultó a expertos del INIA sobre las alternativas técnicas disponibles al uso de agrotóxicos actuales, después se procedió a elaborar un formato de cuestionario señalando las alternativas para cada cultivo y zona agroecológica obtenidas previamente. Para cada alternativa y

zona agroecológica, se investigó la dosis de plaguicida alternativo y actual, así como el impacto o cambio que tendría la sustitución y/o cancelación de los plaguicidas regulados en los rendimientos del cultivo agrícola⁹.

III.2. Tipos de Políticas y Selección de Plaguicidas a Regular

Las regulaciones agrícolas simuladas en este estudio, están enfocadas al control de plaguicidas potencialmente contaminantes de fuentes de aguas subterráneas y superficiales en una cuenca agrícola¹⁰. Adicionalmente, se consideró a aquellos plaguicidas que por su nivel de toxicidad representen un peligro para la salud humana. La política ambiental está dirigida al control de insumos (agroquímicos), no obstante el efecto final recae en sistemas de producción o cultivos, siendo afectados los productores de las cinco zonas agroecológicas en que fue dividida la CRCh¹¹. La Figura 1 muestra un mapa que describe la ubicación geográfica del área de estudio.

La definición de regulaciones ambientales sobre el uso de agroquímicos considera tres formas específicas: a) sustitución de plaguicidas individuales, b) sustitución de grupos de plaguicidas y c) restricción total al uso de plaguicidas agrícolas.

Sobre la base de los criterios de persistencia, coeficiente de partición y solubilidad en agua, así como la consulta a expertos, fueron seleccionados dos grupos de plaguicidas potenciales de contaminar fuentes de agua: las Triazinas (atrazina y simazina) y las Sulfonilureas (metsulfuron metil¹²), utilizados en sistemas de producción de riego como de secano para el control de malezas tanto en cultivos anuales como permanentes.

Adicionalmente, considerando el nivel de toxicidad aguda, se seleccionó el grupo de los Bipiridilos (paraquat), utilizado para combatir malezas anuales (de hoja ancha y gramíneas) en sistemas de producción de riego en plantaciones frutícolas¹³. Los plaguicidas utilizados

⁹ Se entrevistó un total de ocho expertos, además del análisis de la información obtenida a partir de encuestas aplicadas a 145 productores agrícolas de la Cuenca Hidrográfica del Río Chillán. Dicha encuesta y este trabajo de investigación formó parte de un proyecto mayor llevado a cabo por el Centro de Formación en Ciencias Ambientales Europa Latinoamérica (EULA - Chile) de la Universidad de Concepción y el Servicio Agrícola Ganadero (SAG), titulado "Desarrollo de una Metodología para la Evaluación y Mitigación de la Contaminación de Aguas y Suelos: Aplicación a la Cuenca del Río Chillán". Entre los productos que ha generado dicho proyecto se tiene la ejecución de un seminario sobre la Contaminación de Aguas y Suelos de la Cuenca del Río Chillán, además de informes trimestrales elaborados por los grupos participantes. Para mayor información consultar: <http://www.udec.cl/~proyesag> o bien <http://www.eula.cl>.

¹⁰ En términos generales, los factores más importantes que determinan que un plaguicida pueda contaminar las aguas superficiales o subterráneas son tres: la persistencia, el coeficiente de partición (Koc) y la solubilidad en agua, (Goss & Wauchope, citado por Huang *et al.* 1994; Van 2001).

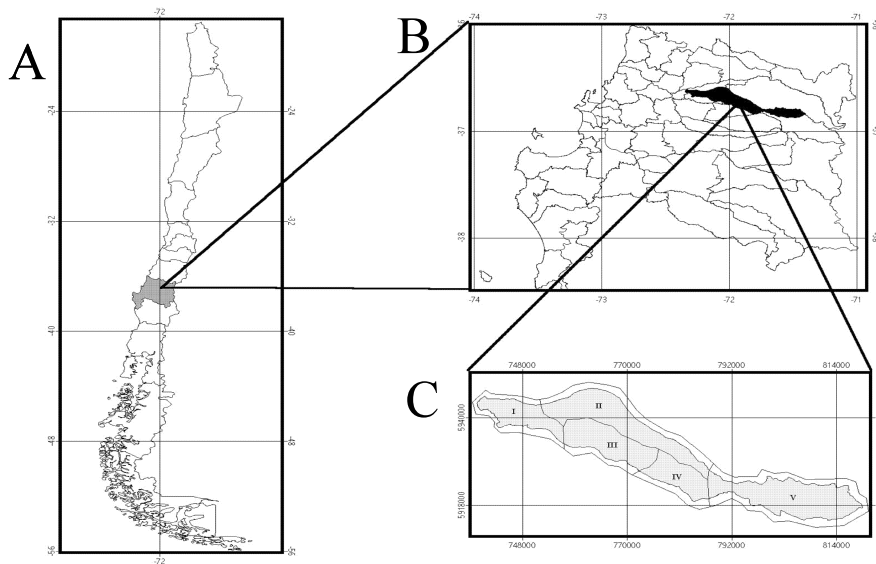
¹¹ Las zonas agroecológicas de la Cuenca Hidrográfica del Río Chillán fueron definidas e identificadas por la Unidad de Investigación de Uso del Suelo del Centro de Formación en Ciencias Ambientales Europa Latinoamérica (EULA - Chile) de la Universidad de Concepción, estas zonas fueron: Norte (II), Este (V), Oeste (I), Sur1 (IV) y Sur2 (III), la definición de las zonas se realizó con base a información de la cobertura temática de la red hídrica, serie de uso del suelo, curvas de nivel, área de riego y uso del suelo, (Azócar y Aguayo 2000).

¹² Abreviado en lo sucesivo como M-metil.

¹³ El paraquat pertenece de acuerdo a su nivel de toxicidad agudo a la categoría II (altamente tóxico) y actualmente es un herbicida restringido por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG). Este plaguicida es considerado peligroso para las personas que lo manipulan (mezcladores, cargadores y aplicadores).

actualmente, así como las alternativas de control, el sistema productivo en el cual es utilizado, así como el cambio en rendimiento por tipo de política y el cambio en costos se presentan en el Cuadro N°1.

FIGURA N°1
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CUENCA DEL RÍO CHILLÁN Y LAS
ZONAS HOMOGÉNEAS DE ESTUDIO.



Fuente: Unidad de Investigación de uso del suelo del Centro de Formación en Ciencias Ambientales, Europa Latinoamericana (EULA-Chile), 2002.

A. País: Chile

B. Región: VIII (Bío-Bío)

C. Cuenca: Cuenca Hidrográfica del Río Chillán

Nota: Este mapa tiene como único propósito ilustrar al lector respecto del área de estudio de caso, y no corresponde a una medición oficial realizable por una institución competente.

CUADRO N°1
CAMBIO EN RENDIMIENTO Y COSTOS POR HECTÁREA INDUCIDOS POR
POLÍTICAS DE REGULACIÓN DE PLAGUICIDAS SEGÚN SISTEMAS PRODUC-
TIVOS AFECTADOS Y ZONAS GEOGRÁFICAS. CUENCA DEL RIO CHILLAN.

Zona ^a	Sistema productivo	Plaguicidas Usados actualmente	Alternativas	Reducción en Rendimiento (%) ^b			Cambio en costos (Miles S/ha) ^c	
				(1)	(2) ^d	(3)	(1) y (2)	(3)
N, O y S1	Maíz	Atrazina	Mcpa más dicamba	15	15	42	1,1	8,1
N, O	Trigo	Mcpa ^e más M-metil	Mcpa más dicamba	15	-	40	4,0	5,2
N	Cebada	Mcpa más M-metil	Mcpa más dicamba	15	-	42	4,0	5,2
N	Frambuesa	Paraquat más simazina	Glufosinato de amonio	10	-	-	61,7	24,2
		Paraquat más simazina	Napropamida	-	10	26	67,3	-
N	Manzano	Paraquat más simazina	Glufosinato de amonio	10	-	-	61,7	24,5
		Paraquat más simazina	Napropamida	-	10	26	67,3	
N, E, O, S1 y S2	Trigo	Mcpa más M-metil	Mcpa más dicamba	15	-	40	4,0	5,2
N, S1	Cebada	Mcpa más M-metil	Mcpa más dicamba	10	-	42	4,0	5,2

Fuente: Elaboración con base a consulta a expertos e información directa.

^a N: Norte, O: Oeste, S1: Sur1, E: Este, S2: Sur2.

^b Reducción en rendimiento por tipo de políticas, (1) sustitución individual, (2) sustitución de grupos y (3) cancelación de plaguicidas utilizados actualmente. El cambio en rendimiento (dY_z/Y_z) fue obtenido a través de la consulta a expertos agrícolas en la zona de estudio.

^c El cambio en los costos de producción debido a regulación de plaguicidas (dC_z) fue obtenido de la diferencia entre el costo de producción por hectárea asociado al plaguicida alternativo (con regulación) menos el costo del plaguicida actual (sin regulación). Para las políticas (1) y (2) el cambio representa un incremento en los costos, para la política (3), en cambio, representa un ahorro en costos.

^d La política de sustitución de grupos considera la sustitución de plaguicidas del grupo químico de las Triazinas. Esto incluye la sustitución de atrazina por Mcpa (Sal dimetilamina) más dicamba en la producción de maíz; y la sustitución de simazina y paraquat por napropamida en la producción de frambuesa y manzano.

^e El Mcpa (sal dimetilamina) del grupo de los fenóxidos, es un herbicida hormonal que en aplicación postemergente controla en forma eficiente y selectiva las malezas de hoja en cultivos de cereales, maíz, y áreas no agrícolas. Para mayor detalle sobre éste y demás plaguicidas consultar el Manual de Uso de Productos Fitosanitarios de la Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas A.G.¹⁴. 1996.

¹⁴ A.G.: Asociación Gremial.

De acuerdo a los resultados de las entrevistas a expertos, las dosis recomendadas respecto del uso de plaguicidas alternativos (con regulación) y actualmente utilizados (sin regulación) son homogéneas al interior y entre cada zona agroecológica, y sólo varían por sistema productivo afectado. Adicionalmente, la política de cancelación tiene un impacto en la reducción del rendimiento y un ahorro en costos (dado que ya no se utilizaran plaguicidas), dicho ahorro representa el costo actual (sin regulación) de utilizar el plaguicida (ver Cuadro N°1, última columna).

El número total de productores afectados por regulaciones hipotéticas de plaguicidas en la Cuenca del Río Chillán se presenta en el Cuadro N°2; éste alcanza a un total de 974, los cuales se distribuyen geográficamente en las cinco zonas agroecológicas consideradas. La información provista en el Cuadro N°2 muestra que la zona norte es donde se encuentra el mayor número de productores afectados, identificados tanto en sistemas de producción agrícolas como en plantaciones de frutales, mientras que la zona agroecológica con menor número de productores corresponde a la denominada zona este de la CRCh. En términos generales podemos mencionar que las zonas más importantes por el número de agentes son; la zona norte, Sur2, y Sur1, en las cuales en conjunto se localiza más del 80% de los productores que pueden ser potencialmente afectados.

CUADRO N°2

PRODUCTORES AFECTADOS POR LA REGULACIÓN DE PLAGUICIDAS EN LA CUENCA DEL RÍO CHILLÁN, SEGÚN ZONA Y SISTEMA PRODUCTIVO

Zona/ cultivo	Riego					Secano		Total CRCh
	Trigo	Cebada	Maíz	Frambuesa	Manzano	Trigo	Cebada	
Norte	160	6	34	46	34	251	6	501
Este					36			36
Oeste	11		23			91		125
Sur1			5			115	5	125
Sur2						187		187
Total	171	6	62	46	34	644	11	974

Fuente: Elaboración propia en base a INE, 1997. VI Censo Nacional Agropecuario.

III.3. Costos en Bienestar

Las estimaciones del impacto en términos de costos en bienestar derivado de las regulaciones sobre herbicidas simuladas en la CRCh fueron obtenidas utilizando la ecuación (5), los datos

del Cuadro N°1, e información de precios proveniente de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA).

Los resultados de dichas estimaciones por tipo de política se presentan en el Cuadro N°3. En términos globales, una regulación consistente en la sustitución individual de plaguicidas en la CRCh tiene un costo en bienestar de \$460,9 millones (ver Cuadro N°3, primera fila, última columna). Específicamente, nuestras estimaciones indican que una política de sustitución de la atrazina por Mcpa más dicamba en la producción de maíz representa un costo en bienestar de \$4,7 millones. El costo en bienestar de implementar una política de sustitución individual del m-metil por dicamba produce un efecto en el sistema productor de trigo bajo riego que asciende a \$100,8 millones, mientras que en seco el impacto en bienestar alcanza los \$204,0 millones. El impacto en bienestar de aplicar una política de sustitución de m-metil por dicamba en la producción de cebada bajo condiciones de riego asciende a \$5,8 millones, mientras que en condiciones de seco, dicho impacto asciende a \$8,7 millones. En tanto que una política de sustitución del paraquat más simazina por glufosinato de amonio en plantaciones frutícolas de frambuesa y manzano presenta un costo en bienestar de \$97,4 y \$39,5 millones de pesos respectivamente.

El impacto en bienestar que tendría una política de sustitución del grupo químico de las Triazinas en la CRCh, ascendería a \$114,2 millones de pesos¹⁵. Los plaguicidas que se regularían bajo esta política incluyen la atrazina sustituyéndola por la combinación de Mcpa más dicamba en la producción de maíz con un costo en bienestar de \$4,7 millones de pesos. Adicionalmente, bajo esta política la simazina utilizada en combinación con paraquat se sustituiría por napropamida en la producción de frambuesa y manzano. El impacto económico para las plantaciones de frambuesa y manzano asciende a \$78,6 y \$30,9 millones, respectivamente, ver Cuadro N°3, segunda fila.

Finalmente, la implementación de una política de restricción total (cancelación) al uso de plaguicidas en la CRCh tendría un costo en bienestar estimado en \$1419.2 millones. De acuerdo a nuestras estimaciones, más de un 70% de dicho costo afectaría la producción de Trigo incluyendo la producción tanto en sistemas de seco como de riego (ver Cuadro N°3, tercera fila).

En términos generales, se observa por un lado que el mayor impacto en términos de costos en bienestar de la implementación de una regulación de plaguicidas en la CRCh lo representa la regulación de los herbicidas m-metil, paraquat y simazina en los sistemas de producción de trigo y frutales (frambuesa y manzano). Por otro lado, las políticas de regulación del m-metil y la atrazina que afectan a la producción de cebada y maíz respectivamente, son las que presentan el menor costo en términos de bienestar, esto se explica, por el número reducido de agentes regulados que tienen estos sistemas productivos.

¹⁵ El grupo de plaguicidas de las Triazinas (atrazina y simazina) ha sido identificado como potencial contaminante de fuentes de aguas superficiales y subterráneas (Báez *et al* 1996). En la zona de estudio estos plaguicidas son utilizados ampliamente para el control de malezas anuales y perennes en la producción de maíz y frutales.

CUADRO N° 3
COSTOS EN BIENESTAR ESTIMADOS SEGÚN TIPO DE POLÍTICAS DE
REGULACIÓN DE PLAGUICIDAS EN LA CUENCA DEL RÍO CHILLÁN
(Millones de \$).

Zona/ cultivo	Riego					Secano		Total
	Trigo	Cebada	Maíz	Frambuesa	Manzano	Trigo	Cebada	CRCh
Sustitución individual	100,8	5,8	4,7	97,4	39,5	204,0	8,7	460,9
Sustitución de Grupos			4,7	78,6	30,9			114,2
Cancelación	351,1	21,7	18,0	232,0	85,7	684,7	26,0	1419,2
VBP ^a	541,1	30,9	26,3	676,3	251,8	1069,7	37,7	2633,8

Fuente: Elaboración propia en base a información del INE (1997), información de ODEPA, información directa y cálculos propios.

^aEl valor bruto de la producción (VBP) se refiere únicamente al valor de la producción de los sistemas afectados y fue calculado utilizando información de producción y precios proveniente del VI Censo Nacional Agropecuario y de ODEPA, respectivamente.

Una estimación del impacto relativo de las regulaciones de plaguicidas se muestra en el Cuadro N°4. Se presenta allí una estimación de los costos en bienestar como porcentaje del valor bruto de la producción ocasionado a partir de las regulaciones de plaguicidas consideradas.

En términos generales, nuestras estimaciones sugieren que una política de sustitución individual de plaguicidas genera un costo aproximado de un 17,5% del valor bruto de los sistemas de producción involucrados, mientras que la sustitución del grupo químico de las Triazinas (atrazina y simazina) representa un 4,3% del valor total de la producción agrícola en la cuenca y una política de cancelación total del uso de plaguicidas agrícolas en la CRCh genera un costo aproximado de 53,9% del valor bruto de la producción.

Los resultados del Cuadro N°4 sugieren que una política de sustitución individual de plaguicidas (m-metil por dicamba para el caso de trigo y cebada y atrazina por Mcpa más dicamba en maíz), genera un costo en bienestar que representa entre un 17,9% y un 23,1 % del valor bruto de producción, respectivamente.

CUADRO N° 4
IMPACTO ESTIMADO DE LAS POLÍTICAS DE REGULACIÓN DE PLAGUICIDAS
EN LA CUENCA DEL RÍO CHILLAN COMO PORCENTAJE (%) DEL VALOR
BRUTO DE LA PRODUCCIÓN^a.

Políticas	Riego					Secano		Total CRCh
	Trigo	Cebada	Maíz	Frambuesa	Manzano	Trigo	Cebada	
Sustitución individual	18,6	18,8	17,9	14,4	15,7	19,1	23,1	17,5
Sustitución de Grupos			17,9	11,6	12,3			4,3
Cancelación	64,9	70,2	68,4	34,3	34,0	64,0	69,0	53,9

Fuente: Elaboración propia en base a información del INE (1997), información de ODEPA, información directa y cálculos propios.

^aEl impacto porcentual ha sido calculado dividiendo en cada caso el impacto en términos de costo en bienestar por el valor bruto de la producción que se reporta en el Cuadro N°3, cuarta fila.

El impacto económico de implementar una política de sustitución del m-metil por dicamba en cereales (trigo y cebada) bajo condiciones de riego presenta un costo en bienestar entre un 18,6 % y 18,8 % del valor bruto de la producción y, en condiciones de secano de un 19,1% a un 23,1% (ver Cuadro N°4, primera fila). El costo en bienestar de sustituir el metsulfuron metil es relativamente más alto en aquellas zonas agroecológicas de secano, ya que cuentan con un número mayor de productores y superficie agrícola de la CRCh. Específicamente, la superficie de las zonas agroecológicas que corresponden a la producción bajo secano representa un 69% de la superficie total de la zona de estudio, localizándose allí el 67% de los productores afectados.

El costo en bienestar de aplicar una política de sustitución de herbicidas del grupo químico de las Triazinas (atrazina y simazina) por sus plaguicidas alternativos Mcpa más dicamba en el caso de maíz y napropamida en el caso de los frutales fluctúa entre un 11,6 y 17,9 % del valor bruto de la producción de los sistemas de producción involucrados, maíz, frambuesa y manzano (ver segunda fila, Cuadro N°4). En términos generales, esta política representa aproximadamente un 12%, del valor bruto de producción de dichos sistemas productivos.

Implementar una política de restricción total al uso de herbicidas pertenecientes al grupo químico de las sulfonilureas (m-metil utilizado en trigo y cebada) afectaría entre un 64 y 70,2% del valor bruto de la producción agrícola en la CRCh. El costo en bienestar de una cancelación del uso de simazina y paraquat en las plantaciones frutícolas alcanza hasta un 34,3% del valor bruto de la producción, mientras que una restricción de la atrazina en la producción de maíz generaría un impacto en bienestar de 68,4% del valor bruto de la producción (ver Cuadro N°4, tercera fila).

Los costos totales en términos de bienestar bruto de la implementación de una regulación de plaguicidas agrícolas por zonas agroecológicas identificadas se presentan en el Cuadro N°5. En este cuadro se observa que la implementación de políticas ambientales que regulan la utilización de agrotóxicos produce impactos en bienestar heterogéneos para las distintas zonas agroecológicas involucradas.

Las zonas de mayor impacto económico son la zona norte y la zona sur2, tanto para la política de sustitución individual como para la de cancelación de uso de agrotóxicos. La zona este y oeste, en cambio son las que presentan menores impactos en términos de costos en bienestar. Dada esta diferencia en relación a los impactos económicos en términos de costos en bienestar observado entre zonas, es importante identificar el impacto distributivo que dichas regulaciones ambientales tienen sobre los agentes afectados. Los resultados de dicho análisis se reportan en la siguiente sección.

CUADRO N° 5
COSTOS EN BIENESTAR POR TIPO DE POLÍTICA Y ZONA AGROECOLÓGICA
EN LA CUENCA DEL RÍO CHILLAN (Millones de \$)

Zonas	Sustitución Individual	Sustitución de Grupos	Cancelación
Norte (N)	327,6	114,2	972,8
Este (E)	12,1		10
Oeste (O)	18,5		78,9
Sur1 (S1)	24,1		90,4
Sur2 (S2)	78,6		267,1
Total	460,9	114,2	1419,2

Fuente: Elaboración propia en base a información del INE (1997), información de ODEPA, información directa y cálculos propios.

III.4. Impacto Distributivo de Políticas

Se presenta a continuación un análisis del impacto distributivo de las políticas de regulación al uso de plaguicidas sobre la población de productores afectada. El análisis utiliza el Coeficiente de Gini (*CG*) como indicador de desigualdad¹⁶. A continuación se describe el impacto

¹⁶ El *CG* es un cociente de áreas, que mide el área entre la curva de Lorenz y la línea de 45° como fracción total del

distributivo que las diferentes políticas consideradas tienen sobre los agentes afectados¹⁷.

En el Cuadro N°6 se presenta el CG para las políticas de sustitución y cancelación de plaguicidas. Se observa que para ambas políticas el impacto distributivo es relativamente similar.

De esta forma, en principio es posible afirmar que para el caso de estudio analizado en el presente artículo, la política de cancelación de plaguicidas agrícolas involucra un impacto distributivo similar al observado en el caso de una política de sustitución individual de plaguicidas.

CUADRO N° 6
COEFICIENTE DE GINI (CG) POR TIPO DE POLÍTICA Y SISTEMA
PRODUCTIVO EN LA CUENCA DEL RÍO CHILLAN (en %).

Políticas	Riego					Secano	
	Trigo	Cebada	Maíz	Frambuesa	Manzano	Trigo	Cebada
Sustitución individual	0,56	0,08	0,57	0,37	0,45	0,44	0,06
Cancelación	0,58	0,09	0,60	0,37	0,45	0,47	0,04

Fuente: Elaboración propia en base a información del INE (1997), información de ODEPA, información directa y cálculos propios.

La comparación del impacto de la política de sustitución de plaguicidas según sistema productivo revela que la política de sustitución de m-metil en trigo, es más desigual en términos de la distribución de los costos que ésta impone para productores de condiciones de riego que para productores de secano. En efecto, en el primer caso el Coeficiente de Gini estimado asciende a 0,56; mientras que en el segundo caso éste alcanza a 0,44. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de desigualdad y que han sido provistos en el Cuadro

área bajo la línea de 45°. Este coeficiente puede variar entre 0 (perfecta igualdad) a 1 (perfecta desigualdad). Formalmente, el cálculo del CG, se realizó mediante la siguiente expresión: $CG = \left\{ \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} [(k)(V)] + \sum_{i=1}^N [(1 - K)(V)] \right\}$ donde, k es la frecuencia relativa de la población de productores, V representa la frecuencia relativa del costo en bienestar, y K indica la frecuencia acumulada de los productores.

¹⁷ El análisis del CG y la Curva de Lorenz, únicamente nos permite comparar las concentraciones de una variable por muestra o población estudiada. Dado que la estimación del impacto en costos de bienestar provocado por la política de sustitución de grupos de plaguicidas requiere estimar los costos en bienestar por cada uno de los plaguicidas regulados bajo diferentes sistemas productivos en los cuales se aplica, la agregación de los datos para un análisis distributivo implicaría reunir productores de distintas categorías y niveles de costos, así como distintas zonas agroecológicas. Debido a ello, el análisis distributivo considera sólo las políticas de sustitución individual y cancelación de plaguicidas.

N°6, es posible afirmar que, en general, la implementación de una política de uso de plaguicidas agrícolas (sustitución y/o cancelación) afectará de manera más desigual a los productores que desarrollan actividades productivas en aquellos sistemas de producción establecidos bajo condiciones de riego que a aquellos que trabajan en condiciones de secano.

Los resultados del análisis de impacto distributivo reflejan el nivel de concentración de la superficie agrícola que existe en la zona de estudio. En efecto, observamos que existe mayor concentración de tierras en los sistemas de producción bajo riego comparados con los de secano, lo que motiva un mayor nivel de desigualdad en el impacto distributivo de las políticas implementadas en los primeros sistemas.

Considerando los impactos distributivos diferenciados antes referidos, es importante mencionar además que la producción agrícola con riego se encuentra asociada a mayores niveles de capitalización relativa dentro de la explotación, lo que usualmente permite una producción más intensiva. En contraste, los sistemas de producción de secano se encuentran asociados principalmente a agricultores de escasos recursos, que poseen predios de pequeña superficie y dedicados casi exclusivamente al autoconsumo.

En síntesis, los resultados del análisis distributivo de políticas de regulación de plaguicidas agrícolas simuladas en la CRCh nos sugieren la existencia de una amplia variación en cuanto a calidad y cantidad de recursos productivos entre sistemas de producción. En efecto, los resultados obtenidos en el análisis distributivo de la regulación de plaguicidas en términos de costos en bienestar están determinados, además de la distribución de propiedad de la tierra, por los cambios en costos de producción y disminución en rendimientos agrícolas, los cuales dependen en último término de las características de la superficie utilizada.

IV. CONCLUSIONES

Este artículo cuantifica y analiza el costo en bienestar bruto sobre la CRCh, derivado de la implementación de políticas hipotéticas de sustitución y cancelación al uso de plaguicidas potenciales de contaminar fuentes de agua, así como plaguicidas que por su nivel de toxicidad representen un peligro para la salud humana. Como una contribución adicional, se cuantifica y analiza también aquí el impacto distributivo que dichas políticas generarían sobre los agentes afectados.

Entre los plaguicidas con mayor riesgo de contaminar fuentes de agua, se encuentra el grupo de las Triazinas (atrazina y simazina), así como el grupo de las Sulfonilureas (metil). Estos grupos químicos se utilizan para el combate de malas hierbas, y muchos de ellos son aplicados directamente al suelo, incrementado así el riesgo de contaminación, tanto de aguas superficiales como subterráneas. Considerando el daño que puedan causar a la salud humana se identificó también como plaguicida a ser regulado el paraquat; éste es un herbicida perteneciente al grupo de los Bipiridilos, utilizado en la CRCh para combatir malezas anuales (de hoja ancha y gramíneas) en sistemas de producción de riego en plantaciones frutícolas.

De las tres políticas de regulación analizadas, se destaca que, la sustitución individual de plaguicidas agrícolas posee un impacto en bienestar bruto equivalente a entre un 17,9% y

19,1 % del valor bruto de la producción de cereales (trigo, cebada y maíz); una sustitución del grupo de las Triazinas tiene un impacto en términos de costos en bienestar equivalente a un 11,6 y 17,9% y, finalmente, una política de cancelación de uso de plaguicidas presenta un costo equivalente a 53,9% el valor total de la producción. Dada la superficie y número de productores involucrados en el sistema de producción de secano, el impacto económico de una regulación de plaguicidas es mayor que en las zonas de riego. Considerando que de acuerdo a nuestras estimaciones, los impactos en términos de costos en bienestar de las regulaciones analizadas superan en todos los casos el nivel de 10% del valor bruto de la producción para los sistemas productivos afectados, consideramos que sería deseable el que decisiones respecto de posibles regulaciones de plaguicidas en la zona estudiada incorporaran, además de los impactos en términos de costos en bienestar bruto, estimaciones respecto de beneficios asociados a tales regulaciones.

En relación al impacto distributivo de las políticas de regulación consideradas, se detectó que el nivel de desigualdad en la distribución de los costos en bienestar entre los productores afectados por una política de cancelación de plaguicidas es relativamente similar a aquel generado por una política de sustitución individual de plaguicidas.

Cuando se compara el impacto distributivo de cada una de las políticas de regulación consideradas, se observa en la mayoría de los casos que aquellas regulaciones de plaguicidas agrícolas que afectan a sistemas de producción bajo riego resultan en costos en bienestar que se distribuyen de manera más desigual que cuando dichas regulaciones se aplican a sistemas bajo secano. Una posible explicación de este resultado puede ser la diferencia de calidad de tierras que se presentan en ambos sistemas productivos; esto es, tierras de mejor calidad en los sistemas de producción bajo riego versus tierras de mala calidad y con fuertes pendientes de los sistemas de producción bajo secano. Adicionalmente, y debido a que el impacto de la regulación está directamente relacionado con cambios que ésta produce en costos y/o rendimiento, y éste último se encuentra íntimamente relacionado con las condiciones físicas y superficie de cada zona afectada, los resultados obtenidos sugieren que aquellos sistemas productivos con mayores rendimientos y superficie agrícola utilizada serán las que presenten un mayor impacto distributivo como resultado de la implementación de una política de regulación al uso de plaguicidas.

Finalmente, la metodología utilizada en este estudio puede ser aplicada para el análisis en regulaciones ambientales sobre cultivos agrícolas, y servir a las agencias reguladoras en la toma de decisiones sobre el impacto económico que traería para una zona determinada la implementación de una política de sustitución y/o cancelación de plaguicidas. Asimismo, este estudio puede servir para la evaluación y estimación ex ante del impacto de nuevas políticas ambientales sobre los costos de su cumplimiento. En general, la consideración del impacto en bienestar de regulaciones que están destinadas en último término a mejorar la calidad del ambiente y reducir potenciales daños en salud de las personas puede ser útil para guiar la selección de políticas adecuadas, acelerar su adopción, y eventualmente, anticipar medidas de mitigación sobre los sectores más afectados.

REFERENCIAS

- Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas A.G. Manual de Uso de Productos Fitosanitarios. 1996. Santiago de Chile.
- AZÓCAR G. y AGUAYO M. 1999. Uso del Suelo en la Cuenca del Río Chillán. Centro EULA-Chile. En: Desarrollo de una Metodología para la Evaluación y Mitigación de la Contaminación de aguas y suelos: Aplicación a la cuenca del río Chillán. Disponible en: http://www.udec.cl/~proyesag/inf_dic_1.pdf. Conectado el 23 de Marzo del 2000.
- AZÓCAR G. y AGUAYO M. 2000. Tercer Informe del Proyecto SAG. Centro EULA-Chile. En: Desarrollo de una Metodología para la Evaluación y Mitigación de la Contaminación de aguas y suelos: aplicación a la cuenca del río Chillán. Disponible en: <http://www.udec.cl/~proyesag/>. Conectado el 16 de Septiembre de 2000.
- BÁEZ M., RODRÍGUEZ M., LASTRA O., PEÑA A., DE LA COLINA C., y SÁNCHEZ R. F. 1996. Residuos De Plaguicidas en Aguas Superficiales de la V Región de Chile. Estudio Prospectivo. En: Boletín de la Sociedad Chilena de Química. 41, 271-276.
- DÍAZ K. B.; NAVARRETE O. G.; ORTEGA B.R. y RIQUELME J.S. 2000. Plaguicidas: Usos, Efectos y restricciones. Gobierno de Chile. INIA-CRI, Quilamapu. Chillán.
- FAO. 1997. Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. Riego y drenaje 55. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s00.htm>. Conectado el 10 de septiembre de 2001.
- HUANG Y-W, BEACH D. E., FERNÁNDEZ-CORNEJO J. Y URI N D. 1994. An Assessment of Potential Risk of Groundwater and Surface Water Contamination by Agricultural Chemical Used in Vegetable Production. In The Science of the Total Environmental. Pp.: 151-167.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). 1997. VI Censo Nacional Agropecuario. Año agrícola 1996-1997. Santiago de Chile.
- LICHTENBERG, E., D. PARKER and D. ZILBERMAN, 1988. Marginal Welfare Analysis of Welfare Cost of Environmental Policies: The Case of Pesticides Regulation. Amer. J. Agr. Econ. 70: 867-74.
- MAHR, E.R. S., and MOFFITT L.J. 1994. Biologic and Economic Assessment of Pesticide Usage on Cranberry, U. S. Department of Agriculture, Extension Service, National Agricultural Pesticide Impact Assessment Program. Report Number 2-CA-94, 125 pp.

- OFICINA DE ESTUDIOS y POLÍTICA AGRARIA (ODEPA). 2001. Mercados Agropecuarios No 104. Ministerio de Agricultura.
- SUNDING L.D, 1996. Measuring the Marginal Cost of Nonuniform Environmental Regulation. Amer. J. Agr. Econ. 78: 1098-1107.
- VAN E. H. M., 2001. Pesticide Management For Water Quality, Principles and Practices. Department of Soil, Crop and Atmospheric Sciences. Cornell University. Available In <http://pmep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/pestmgt-water-qual-90.html>. Accessed at nov. 2001.
- ZILBERMAN D., A. SCHMITZ , G. CASTERLINE, E. LICHTENBERG, y J. SIEBERT B. J. 1991. The Economic Pesticide Use and Regulation. Science 253.