



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Agronómicas
Escuela de Agronomía

**MANUAL METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO
ECONÓMICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO DE LA APLICACIÓN DE
LA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD DE AGUAS**

(Proyecto SAG- Producto 1)

Dr. Ing. Agr. Pablo Morales P.

Dr. Ing. Agr. Marcos Mora G.

M. Sc. © Ing. Agr. Juan Arias M.

M. Sc. Enrique Vivanco F.

Lic. Cs. Agr. Mauricio Quintana S.

Diciembre 2006

Santiago – Chile

ÍNDICE

1. INTRODUCCION

2. OBJETIVOS

3. REVISIÓN DE ESTUDIOS ANTERIORES Y FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA

4. MANUAL METODOLÓGICO

4.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA CUENCA BAJO ANÁLISIS

4.2 DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE VIGILANCIA RELEVANTES PARA EL ESTUDIO

4.3. ANÁLISIS DE PARÁMETROS RELEVANTES Y SU IMPACTO SOBRE EL SECTOR SILVOAGROPECUARIO

4.4 DETERMINACIÓN DE RUBROS AGROPECUARIOS RELEVANTES EN LA CUENCA BAJO ANÁLISIS

4.5 VALORIZACIÓN DE BENEFICIOS O IMPACTOS EVITADOS

4.6 CUANTIFICACIÓN DE COSTOS

4.7 FLUJO DE CAJA

4.8 PROYECCIÓN FINAL DE RESULTADOS

4.9 LIMITACIONES DE ESTE TIPO DE ESTUDIOS

BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCION

El presente documento corresponde al Producto N°1 (Manual Metodológico) de la consultoría denominada "ESTUDIO DEL IMPACTO ECONÓMICO SOBRE EL SECTOR AGROPECUARIO DE LA CUENCA DEL RÍO HUASCO DE LA APLICACIÓN DE LA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD DE AGUAS " asignada luego de una licitación a través del sistema Chilecompra al Departamento de Economía Agraria de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

1.1 Fundamentos para la dictación de normas secundarias de calidad

A través del tiempo la actividad antropomórfica en las cuencas hidrográficas del país ha venido incrementándose en las con el consiguiente incremento en la presión que se ejerce sobre el entorno. Esta situación genera riesgos para la protección y conservación del medio ambiente, así como para la preservación de la naturaleza asociada a dicho territorio. En un considerable número de cuencas, las actividades humanas que han terminado con la deforestación de las laderas, la extracción irregular de áridos, la pérdida de suelo, las malas prácticas agrícolas, el mal manejo de los residuos sólidos, y las fuentes puntuales y difusas que descargan sus residuos líquidos sin tratamiento, han generado un potencial de degradación del recurso que justifica su gestión de una manera más integrada.

A lo largo de los años se han desarrollado diversas iniciativas tendientes a proteger el recurso o revertir posibles daños. Se cuenta con un conjunto de normas de emisión vigentes, dentro de las cuales destaca el D.S. N°90/00 (Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales), cuyo cumplimiento para establecimientos emisores entró en vigencia en septiembre de 2006. A pesar del efecto positivo que han tenido estas iniciativas, el disponer de una norma secundaria de calidad para las cuencas del país, con la que se dé comienzo al proceso formal y sistemático de protección del recurso, permitirá inicialmente consolidar los sistemas de seguimiento y monitoreo en la cuenca, completar los déficit de información existentes, y avanzar posteriormente en un proceso de mejoramiento continuo de la calidad de las aguas, maximizando los beneficios sociales, económicos y ambientales

para los miembros de esta sociedad. De este modo también se contribuirá a los objetivos nacionales, que conjugan la necesaria protección de los ecosistemas junto con el aprovechamiento racional del recurso.

Una Norma Secundaria de Calidad Ambiental es aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medioambiente o la preservación de la naturaleza.

De acuerdo a lo planteado en la “Guía para el establecimiento de las normas secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas” de CONAMA, El objetivo general de las normas secundarias de calidad de las aguas es: proteger, mantener y recuperar la calidad de las aguas continentales superficiales de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso, la protección y conservación de las comunidades acuáticas y de los ecosistemas lacustre, maximizando los beneficios sociales, económicos y medioambientales, y especialmente sobre el sector silvo-agropecuario, por la cantidad de superficie que el sector ocupa en la cuenca.

1.2 Marco legal que establece el requisito de elaborar estudios del impacto de la aplicación de normas secundarias de calidad de aguas en las cuencas del país

La Ley de Bases del Medio Ambiente establece la necesidad de realizar un "análisis técnico y económico" dentro del proceso de dictación de normas; a lo cual responde el reglamento especificando que este último "deberá evaluar los costos y beneficios para la población, ecosistemas o especies directamente afectadas o protegidas; los costos y beneficios de los emisores que deberán cumplir con la norma; y los costos y beneficios para el Estado como responsable de la fiscalización del cumplimiento de la norma".

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es diseñar un Manual Metodológico que permita determinar y evaluar de manera sistemática los impactos de la aplicación de normas secundarias de calidad de aguas en las distintas cuencas hidrográficas del país.

Como objetivos específicos se plantea los siguientes:

- Realizar un diagnóstico de la información disponible para poder aplicar métodos cuantitativos, analizando la factibilidad de aplicar Análisis Costo Beneficio en forma parcial o total.

- Proponer estudios y líneas de investigación que permitan avanzar en el análisis económico de la implementación de la norma secundaria de calidad de aguas en otras cuencas del país, sobre la base de los vacíos de información detectados.

3. REVISIÓN DE ESTUDIOS ANTERIORES Y FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA

Con el objeto de evaluar y eventualmente adaptar e incorporar metodologías de análisis del impacto económico de la aplicación de normas secundarias de calidad de aguas sobre el sector agropecuario desarrolladas en estudios anteriores, se procedió en primer lugar a analizar y recopilar los estudios económicos de la aplicación de la norma secundaria en otras cuencas de país que han sido realizados a la fecha por distintas instituciones. Estos se presentan en la tabla a continuación:

Cuenca estudiada	Institución	Fecha
Cuenca Ríos Maipo-Mapocho	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agronómicas Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables	Agosto 2005
Cuenca del Río Loa	Econat Consultores	Octubre 2005
Cuenca del Río Elqui	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agronómicas Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables	Noviembre 2005
Cuenca del Río Aconcagua	Geográfica Consultores	Diciembre 2005
Cuenca del Río Bío-Bío	Centro Eula-Chile Universidad de Concepción	Enero 2006
Cuenca del Río Aysén	Antonio Tironi S. Alejandro Ramírez S. Matthew M. Yarrow	Febrero 2006
Cuenca del Río Cachapoal	Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agronómicas Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables	Abril 2006

A continuación se presenta un resumen de la revisión de los estudios realizados a la fecha poniéndose énfasis en la metodología general utilizada en cada uno de ellos

I.

ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL SECTOR AGROPECUARIO DEL ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD DE AGUAS DEL RIO MAIPO-MAPOCHO

La metodología general utilizada en éste estudio consistió en las siguientes etapas:

1) Definición de la línea base

Para definir la línea base de calidad de las aguas superficiales utilizadas para el riego en la cuenca Maipo –Mapocho, se tomaron los siguientes antecedentes:

- Valores generados por el estudio CADE-IDEPE.

Se elaboró una “tabla de comparación” por tramo para contrastar los valores establecidos por el estudio CADE – IDEPE (línea base) con los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma. La resta de ambos valores permitió determinar la magnitud del cambio en los valores de los parámetros. Se seleccionaron entonces aquellos valores que presentan variaciones relevantes; en esos casos se comparó el nuevo valor propuesto por el Anteproyecto de Norma con los rangos propuestos por FAO. El resultado de esta comparación con los valores FAO permitió determinar si los nuevos valores propuestos por el Anteproyecto de Norma podrían representar un riesgo para los cultivos. Luego, se seleccionaron los parámetros que cambian y que tiene relevancia agrícola para realizar la estimación de costos, beneficios y valorar las externalidades.

2) Identificación de impactos económicos

Para estimar los impactos económicos se compararon los valores de la situación base y los del anteproyecto de norma para cada tramo. Si la concentración de los parámetros propuestos por el anteproyecto son inferiores a los valores de la línea base se está en presencia de una situación beneficiosa. En estos casos se contrastaron los valores del anteproyecto de norma con aquellos considerados como aceptables por FAO 29 en la

publicación “Calidad del agua en la agricultura” (FAO 29, 1987). Por el contrario, si el valor del anteproyecto de norma fuese superior a los rangos óptimos sugeridos por FAO 29, se consideró que se estaba en presencia de un problema potencial.

Posterior a la comparación entre los valores de la línea base (Estudio CADE-IDEPE), anteproyecto de norma y FAO 29 se estimaron los impactos potenciales de aquellos parámetros en los que hubiese un riesgo (por exceso) o un beneficio (por defecto).

La estimación de impactos potenciales se centró en las siguientes situaciones:

- Modificación de condiciones que puedan eventualmente afectar la productividad de los cultivos (esta estimación es, sin embargo, limitada por la inexistencia en Chile de información dosis-respuesta). Estas modificaciones pueden ser, por ejemplo: cambios en la infiltración, salinidad, efectos sinérgicos producidos por aumentos o disminución de elementos aportados por el agua de riego.

- Modificación de costos de producción por alteración en la concentración de elementos presentes en el agua de riego. En este caso se consideran aspectos tales como aumento o disminución de costos por aplicación de enmiendas, y costos en tecnologías de abatimiento.

- Modificación en el uso de suelo y en el margen bruto. En este punto se debe realizar necesariamente un análisis de la legislación sanitaria existente que restringe o prohíbe el cultivo de ciertas especies.

- Cambio en el valor del suelo, tal como el mayor valor de terrenos por una mejora de la calidad de agua.

- Generación de externalidades positivas, como por ejemplo la mayor facilidad para lograr la certificación de calidad, cambios de cultivos

3) Evaluación de costos

Supuestos: Para estimar los costos asociados a una nueva calidad de agua, se supuso que si la calidad actual del agua de riego es inferior a la calidad propuesta en el anteproyecto de norma de calidad secundaria de agua, el agricultor deberá incurrir en a) costos “directos,” y

b) costos “indirectos” que se relacionan con externalidades generadas por el anteproyecto de norma.

a) Los costos directos estarían conformados por dos partidas principales:

- Al aumentar la razón de adsorción de sodio (RAS) y la conductividad eléctrica (CE), hay un aumento en los costos. Este aumento se relaciona con la aplicación de enmiendas calcáreas para habilitar suelos que presenten problemas de sodio, y la aplicación de láminas de agua para el lavado de suelos que presenten potenciales problemas de salinidad.

- Por otra parte, durante décadas los agricultores en ciertas zonas de la cuenca han requerido una fertilización nitrogenada menor a lo normal, dado el aporte de nitrógeno a través del agua de riego. Al disminuir el contenido de materia orgánica aportada por el agua, aumentaría la necesidad de fertilizar artificialmente con nitrógeno. La disminución de aporte nitrogenado fue calculada de acuerdo a la necesidad de agua de cultivos según el método de Blaney – Criddle propuesto en el estudio “Necesidad de agua de los cultivos” (FAO 24, 1976).

b) Los “costos indirectos” se relacionan con un acceso más expedito a programas de certificación. Dichos costos se encuentran representados por:

- Desembolso particular o colectivo en tecnologías de abatimiento que aseguren un riego libre de contaminación. En este punto cabe señalar que los costos de abatimiento en el río Maipo tienen que ver con los parámetros Nitritos, Cromo, Cobre, Fierro y Coliformes. En el caso del río Mapocho los costos de abatimiento tienen que ver con los parámetros: Cloruros, Nitritos, Sulfatos, Fierro y Coliformes.

4) Evaluación de beneficios

Supuestos

- La producción hortalizas a ras de suelo se encuentra regulada por la norma Nch 1333, que restringe su cultivo cuando el agua de riego contiene cargas coliformes superiores a 1000

NMT/100 ml. El anteproyecto de Norma baja la concentración de coliformes a 1000 NMT/100 ml, por lo que una parte del suelo agrícola de la cuenca podría reorientarse a estas especies, según las condiciones de mercado. El impacto de este cambio se calculó estimando el margen bruto diferencial entre una hectárea de cultivos anuales tradicionales que con el anteproyecto podría cultivarse con hortalizas a ras de suelo.

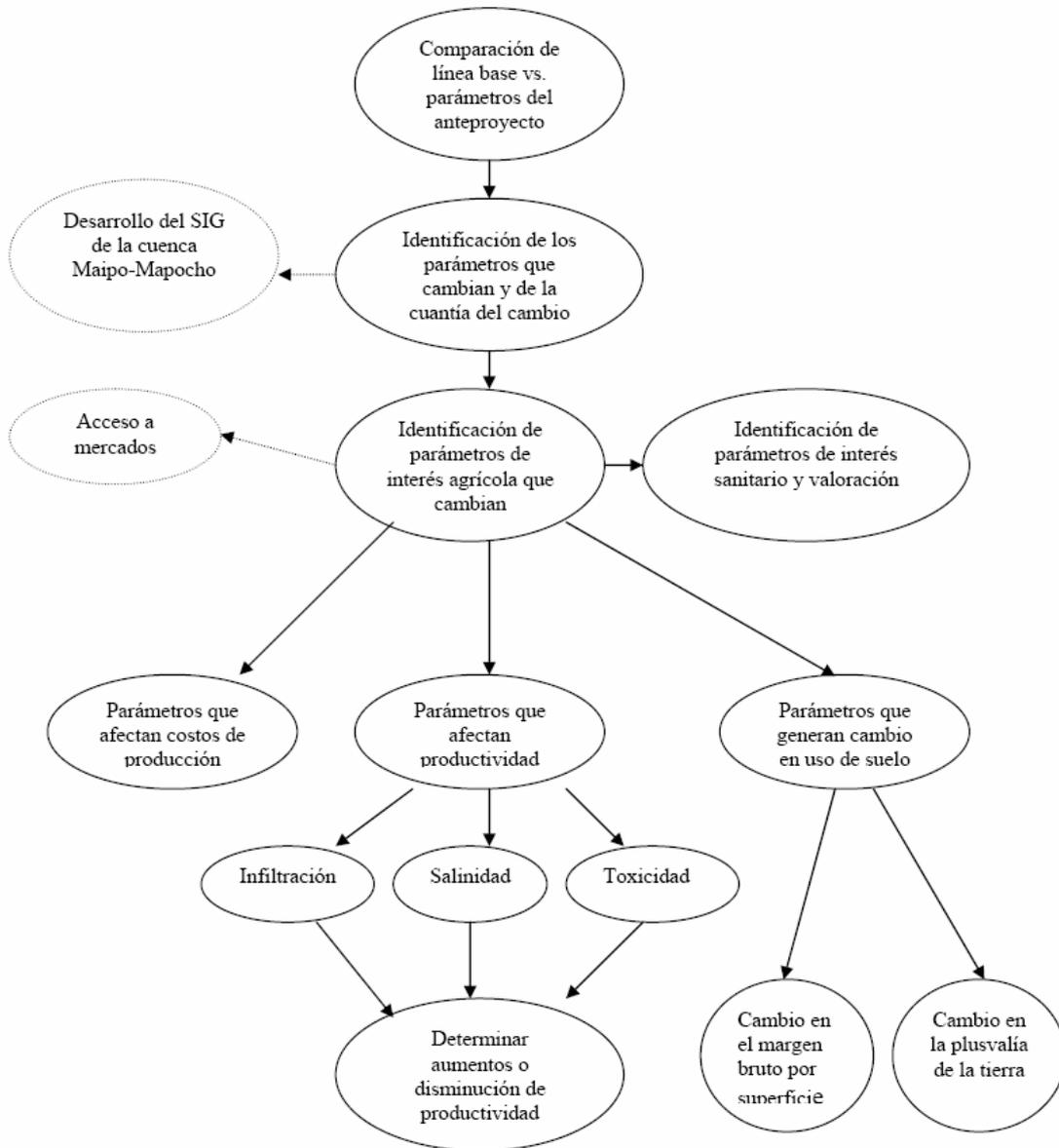
-Se evaluó la plusvalía de la tierra que se riega con agua de mayor calidad. En este caso, se supone que la calidad del agua permite la ampliación de las posibilidades de producción, por lo que el flujo futuro que genera el suelo es mayor, lo que finalmente se ve reflejado en el precio de mercado de cada hectárea.

- Niveles relativamente altos de hierro (Fe) alteran la disponibilidad de Fósforo (P) y Molibdeno (Mo) en el suelo (FAO, 1987). De acuerdo con la opinión de especialistas en suelo, puede asumirse una relación lineal e inversamente proporcional entre hierro y fósforo (se descartó evaluar el potencial pero pequeño cambio en la disponibilidad de molibdeno): ante un menor contenido de hierro en el agua de riego se producirá una liberación de fósforo en el suelo. Ello redundará en un ahorro en fertilización fosforada. La cantidad de hierro que deja de aportarse—y por ende, igual cantidad de fósforo liberado—se calculó en base a la necesidad de agua promedio ponderada por cultivo, y fue calculada según el método propuesto en el estudio “Necesidades de agua en los cultivos” (FAO 24, 1976).

iv. Agua de riego de mejor calidad genera externalidades positivas como la facilitación de adopción de sistemas de aseguramiento de la calidad del tipo “Eurepgap” y “Noicherchoise.” La adopción de estas normas permitirán, en forma creciente en el futuro, el acceso a los mercados a los que Chile tradicionalmente ha enviado su producción agrícola. La evaluación económica de esta externalidad se realizó comparando el margen bruto en el caso de frutas exportadas a mercados regidos por estas normas tales como la UE, y el envió a mercados menos exigentes (como el Latinoamericano).

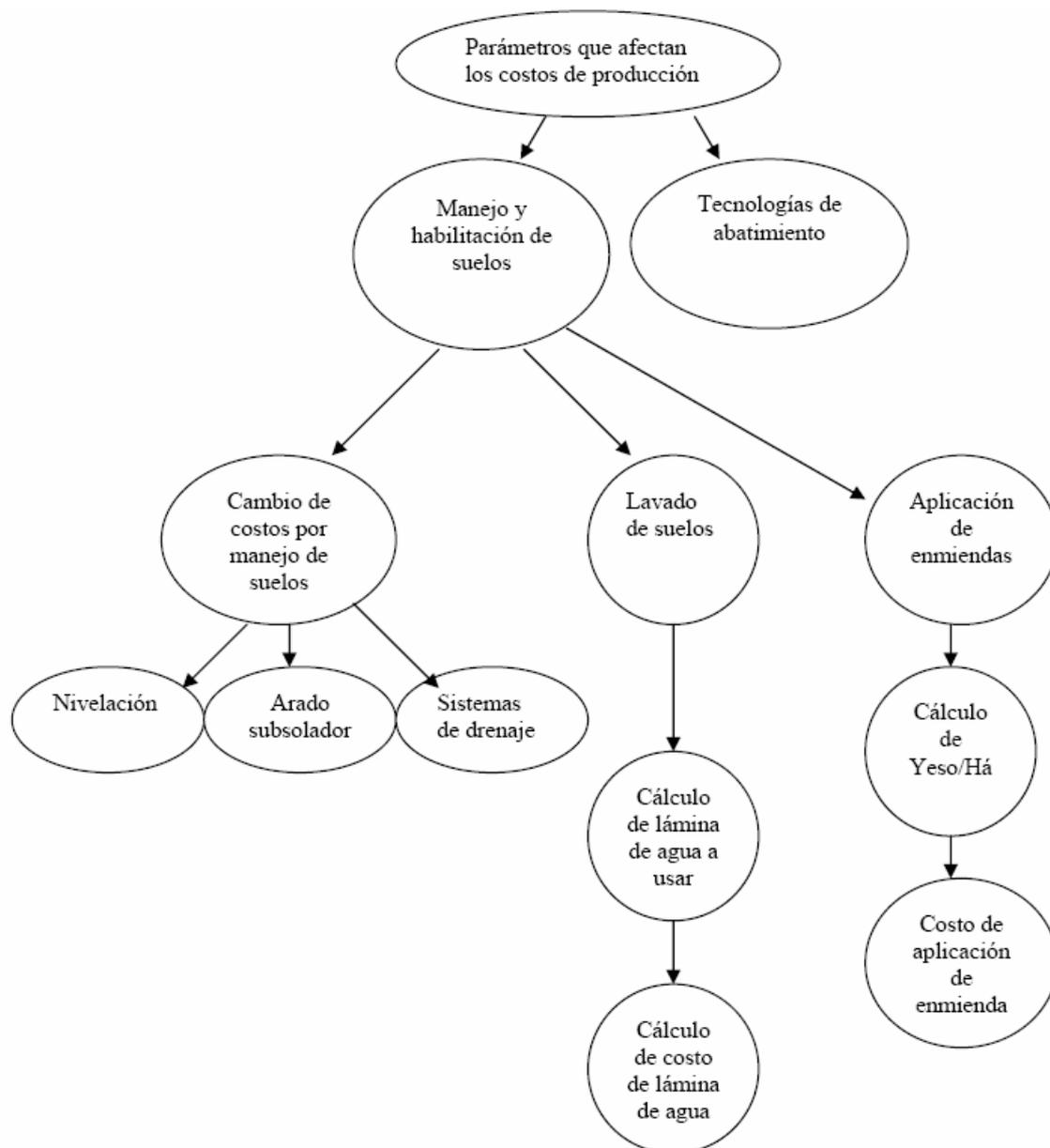
Las figuras 1 y 2 sintetizan la secuencia de pasos metodológicos seguidos en este estudio.

Figura 1: Método General



Fuente: Impacto económico de la aplicación de la norma secundaria de calidad de agua en el sector agropecuario de la cuenca Maipo- Mapocho. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables (2005)

Figura 2: Método para evaluación de cambio en los costos de producción



Fuente: Impacto económico de la aplicación de la norma secundaria de calidad de agua en el sector agropecuario de la cuenca Maipo- Mapocho. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables (2005).

II. ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO EN SECTOR AGROPECUARIO DEL ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD DE AGUAS DEL RIO ELQUI

Método General

De acuerdo a lo sugerido por la Dirección Regional del SAG IV Región, en éste estudio se procedió al procesamiento de la información de la línea base contenida en el documento “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad” (CADE-IDEPE, 2004). Los valores de los parámetros establecidos en el “Anteproyecto de Norma Secundaria de calidad de aguas superficial de la cuenca del río Elqui y sus tributarios principales” (SAG, 2005) se contrastaron con la información de la línea base (CADE-IDEPE, 2004) y con los valores sugeridos en el estudio FAO de riego y drenaje 29 (FAO, 1987).

La metodología utilizada en éste estudio consistió en las siguientes etapas:

a) Elección de Parámetros

En el ámbito de la elaboración del Anteproyecto de Norma Secundaria de calidad de aguas, la Dirección Regional del SAG IV Región de un total de 61 parámetros que contiene el Anteproyecto de Norma, centró su análisis en 18 de ellos, los cuales fueron los considerados en éste estudio. El listado de los parámetros considerados y sus respectivas unidades de medida es el siguiente:

1.- Conductividad eléctrica uS/cm, 2.- DBO5 mg/L, 3.- Oxígeno disuelto mg/L, 4.- pH Unidad 5.- Sólidos suspendidos mg/L, 6.- Coliformes fecales NMP/100 ml, 7.-Cloruro mg/L, 8.-Sulfato mg/L, 9.- Boro mg/L, 10.- Cobre mg/L, 11.- Hierro mg/L, 12.- Manganeso mg/L, 13.- Molibdeno mg/L, 14.- Níquel ug/L, 15.- Cinc mg/L, 16.- Aluminio mg/L, 17.- Arsénico mg/L, 18.- Plomo mg/L

b) Comparación de valores CADE-IDEPE y valores Anteproyecto

La comparación de valores se realizó en dos etapas simultáneas: una de ellas consistió en ingresar la función de sustracción de los valores propuestos por CADE-IDEPE (CADE-IDEPE, 2004) y los valores del Anteproyecto de Norma (SAG,2005), la otra comparación fue realizada a través de la función sustracción entre los valores del Estudio FAO 29 (FAO,

1987) y los del Anteproyecto de Norma (SAG,2005). El objetivo de la comparación fue determinar si existe un aumento (“A”), disminución (“D”) o igualdad (“I”) entre los valores propuestos por el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) con respecto a CADE-IDEPE (CADE-IDEPE, 2005) y FAO (FAO, 1987).

Para determinar la existencia de variaciones se estableció el siguiente criterio:

Si el resultado de la sustracción entre los valores del Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) y CADE-IDEPE (2005) ó FAO (1987) arrojó un resultado negativo (“A”), significa que los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) son más permisivos que los valores con los que se comparan.

Si el resultado de la sustracción entre los valores del Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) y CADE-IDEPE (2005) ó FAO (1987) arroja un resultado positivo (“D”), implica que los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) son más restrictivos con respecto a los valores que se comparan.

Si el resultado de la sustracción entre los valores del Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) y CADE-IDEPE (2005) ó FAO (1987) arroja un resultado igual a cero (“I”), implica que los valores propuestos en el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005) no sufren variación con respecto a los valores que se comparan.

c) Zonificación de los sectores cultivados de la cuenca del Río Elqui

Parte importante del análisis del impacto económico de la implementación de la norma secundaria de agua es la distribución territorial de dicho impacto. Con el fin de proporcionar información pertinente para su evaluación, en éste estudio se desarrolló un análisis espacial destinado a generar una zonificación de los sectores cultivados de la cuenca del río Elqui en relación al origen más probable del agua utilizada en el riego gravitacional. Adicionalmente se zonificó los suelos agrícolas de la cuenca en función de su sensibilidad a distintos contaminantes que eventualmente podrían ser aportados por las aguas de riego.

d) Contraste de efectos potenciales con química de suelos

Esta parte del estudio se concentró en tratar de determinar la magnitud de los efectos generados por cada uno de los parámetros considerados en el Anteproyecto de Norma en relación a la dinámica de estos en cada una de las series de suelo y en los cultivos. Las condiciones que potencian o debilitan la dinámica de movimiento y la acción acumulativa de cada parámetro a nivel del suelo dependerían de:

i) textura, ii) pH, y iii) temperatura del suelo. Las condiciones que potencian o debilitan la acción fitotóxica de cada parámetro tiene que ver con: i) la resistencia de los cultivos y ii) profundidad de las raíces y a nivel agrológico las características más importantes que determinan la magnitud de los efectos a nivel de suelo y vegetal se relacionan con i) temperatura media anual y ii) precipitaciones.

La información que se utilizó para poder determinar la magnitud de los “efectos potenciales” tanto a nivel económico como agrológico fue: i) las series de suelo de cada uno de los tramos de la cuenca del río Elqui contenidas en el “Estudio agrológico, valle del Elqui IV región” (CIREN – CORFO, 1985), ii) la dinámica de movimiento de los microelementos y elementos traza en el suelo y en los cultivos (“interacción suelo planta”), iii) los valores presentados en el estudio CADE IDEPE, iv) las recomendaciones de calidad de aguas de riego para la agricultura proporcionada por FAO (1987) y la Universidad de Texas (1996) y v) los valores considerados en el anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad de Agua (2005).

e) Análisis por parámetro

Una vez completado el proceso de comparación de calidades de agua entre la línea base (CADE-IDEPE, 2004) y el Anteproyecto de Norma (SAG, 2005), se procedió a realizar un análisis por parámetro para determinar el impacto de cada uno de ellos tanto en el suelo como en los rubros relevantes para el estudio.

f) Determinación de rubros para el análisis económico

La determinación de rubros (frutal, hortalizas y cultivos anuales) y de cultivos presentes a lo largo de la cuenca se realizó en base a los datos proporcionados por la actualización del censo agrícola de 1997 realizada por ODEPA en su documento de trabajo N° 8 (ODEPA, 2001) y por el catastro frutícola IV Región (ODEPA - CIREN, 2005)

El criterio de selección de los cultivos se sustentó en la variable superficie considerando las diez especies frutales, hortícolas y de cultivos anuales con mayor cobertura superficial en la cuenca del río Elqui.

Para cada uno de los rubros, se seleccionó el rendimiento promedio (a) de cada una de las diez especies (excepto en cultivos anuales, donde sólo son seis especies) seleccionadas, en base a los datos entregados por el catastro frutícola IV Región, así mismo, se determinó para cada una de las especies el valor a precios reales (sin IVA con el IPC Noviembre del 2005) de una tonelada de producción. La multiplicación del rendimiento por el precio de una tonelada de producto arrojó como resultado el ingreso por hectárea. La resta entre los valores de la columna ingreso y la columna costos directos arrojó como resultado el Margen Bruto por hectárea para cada especie.

El criterio de selección de las especies correspondió a la importancia espacial de cada una de ellas en la cuenca del río Elqui, por tanto se calculó la participación superficial relativa de cada especie (g), dividiendo la superficie ocupada por cada una de las especies por la sumatoria total de las superficies de las diez especies seleccionadas (seis especies en el caso de cultivos anuales). El cálculo de la importancia superficial relativa, permitió determinar la participación relativa de cada especie y por tanto la multiplicación da como resultado el aporte relativo en términos de margen bruto que realiza cada especie. La sumatoria de los aportes relativos de margen bruto de cada una de las especies permitió el cálculo de un margen bruto ponderado por rubro que correspondió a: \$1.579.633, \$2.616.305 y \$650.585 para los rubros frutales, hortalizas y cultivos anuales respectivamente.

El Cuadro siguiente resume los resultados obtenidos:

Especie	Rendimiento (a)	unidad de medida	\$ / unid. Medida (b)	Ingreso (a*b =c)	Costos directos (d)	MB / Há (c-d =e)	Superf (f)	% Superf (g)	MB Ponderado (e*g =h)
Papa	150,7	saco de 80 kg	11.425	1.721.600	955.650	765.950	7.047,7	0,7177	549.747
Trigo blanco	5,0	ton	102.883	514.415	269.639	244.776	1.309,2	0,1333	32.635
Poroto de consumo interno	250,0	qqm/há	6.954	1.738.500	1.013.874	724.626	467,9	0,0477	34.529
Trigo candeal	5,0	ton	102.883	514.415	217.265	297.150	395,0	0,0402	11.953
Maíz (grano seco)	12,0	ton	78.127	937.524	400.680	536.844	337,3	0,0344	18.441
Cebada forrajera	5,0	ton	90.745	453.725	330.922	122.803	262,3	0,0267	3.280
Total							9.819,4		650.586

g) Estimación de costos

Pérdida de margen bruto asociado a pérdidas de rendimiento comercial

Se estimó la disminución del rendimiento comercial en los cultivos a causa de los valores propuestos por el anteproyecto de Norma para los parámetros Boro y Cobre, en los tramos Río Vacas Heladas, Río Malo y Río Toro.

h) Evaluación de beneficios

Se consideró el precio del suelo como una medida de los beneficios generados por la aplicación de la norma secundaria:

$$P_s = P_y P M_g s \quad \text{donde,}$$

P_s corresponde al precio del suelo; P_y , al precio del producto agrícola final que se obtiene del suelo y $P M_g s$, es la productividad del suelo.

El método de valoración de suelo utilizado correspondió a la siguiente fórmula:

$$V_s = V_p(t - 1) / r^* f(\text{cus}), \text{ donde:}$$

V_s : Valor del suelo.

$V_p(\text{cus} - 1)$: Valor de la producción asociada a la capacidad de uso del suelo.

$r^* f(\text{cus})$: Tasa de descuento en función de la capacidad de uso del suelo.

f) Balance Beneficio Costo

Se estimó el impacto neto (diferencia entre beneficios y costos) derivado de la aplicación del Anteproyecto de Norma para cada uno de los rubros analizados (Frutales, Hortalizas, Cultivos anuales) y en cada uno de los tramos de la cuenca.

III.

III. ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO EN SECTOR AGROPECUARIO DEL ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD DE AGUAS DEL RIO CACHAPOAL

En el caso de éste estudio, realizado por el mismo equipo consultor que participó en el estudio precedente, se utilizó la misma metodología descrita anteriormente.

IV. ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO EN SECTOR AGROPECUARIO DEL ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD DE AGUAS DEL RIO ACONCAGUA

Metodología General

Para realizar la evaluación económica del impacto de la Norma Secundaria de Calidad de Agua de la Cuenca del Río Aconcagua en el sector silvoagropecuario se aplicó la siguiente metodología:

a) Análisis estadístico del comportamiento histórico de los parámetros que contempla la norma

1. Para los parámetros en que existe información se consideraron los valores estacionales desde el verano del año 2000 a la primavera del año 2004.
2. Los valores fueron desestacionalizados calculando el coeficiente de estacionalidad para cada estación, como a continuación se señala:

Coeficiente de estacionalidad= Promedio Estación / Promedio Total

Luego se obtuvieron los valores desestacionalizados dividiendo los valores originales por el coeficiente de estacionalidad respectivo.

3. A continuación se realizó una regresión lineal con los valores desestacionalizados.
4. Con la recta obtenida mediante la regresión lineal se proyectaron los valores de los parámetros desde el verano del año 2005 a la primavera del año 2015, con esto se obtuvieron valores proyectados desestacionalizados.
5. Los valores proyectados desestacionalizados se multiplican por los coeficientes de estacionalidad para obtener finalmente los valores proyectados con estacionalidad.

Según los resultados obtenidos se estimaron los parámetros y las Áreas de Vigilancia, en las cuales la Implementación de la Norma Secundaria de calidad de Agua tendrá impacto en el valor de los Parámetros Normados.

b) Cuantificación del efecto de la norma en el valor de los parámetros

De la proyección de parámetros realizada, se consideró que tendrán un impacto en el sector agrícola todos aquellos parámetros que determinen la condición de latencia o saturación por superación de la norma. No se consideraron en el análisis aquellos parámetros que se encuentren acorde a la calidad normada y que arrojen una condición Fuera de Peligro, o que simplemente no exista actividad agrícola o no exista información suficiente para cuantificar la calidad actual del agua del río Aconcagua.

c) Análisis de la demanda hídrica de los principales rubros silvoagropecuarios de la cuenca

Se estimó la demanda hídrica de los principales rubros silvoagropecuarios que se desarrollan en la Cuenca del Aconcagua,

Este análisis, permite obtener una estimación de la carga contaminante que reciben los cultivos a través del agua de riego. Esto cobra relevancia al evidenciarse que los cultivos tienen su mayor demanda hídrica en los periodos de Primavera y Verano, lo que sumado al comportamiento estacional de una serie de parámetros, se obtiene que las mayores cargas de contaminantes coinciden con estados fenológicos (floración y crecimiento de frutos) de gran importancia en la productividad de los huertos y calidad de frutos.

De las tablas presentadas se desprende que, el diferencial obtenido, corresponde a los kilos de contaminante por hectárea que reciben los diferentes cultivos estacionalmente.

c) Determinación de la situación esperada con y sin proyecto y su relación con los rubros silvoagropecuarios de relevancia para la cuenca

En ésta sección previamente se determinaron los usos silvoagropecuarios de la cuenca utilizando la información proporcionada por el Catastro de Usos de Suelo de la Cuenca del

Aconcagua. A partir de ésta información fue posible determinar la superficie de distintos cultivos en las distintas áreas de áreas de vigilancia. La presencia de actividades agropecuarias fue el criterio fundamental para determinar posteriormente usado para seleccionar las áreas vigilancia relevantes para el estudio.

d) Determinación y cuantificación económica de los impactos.

La metodología consistió en :

1) identificar el impacto del anteproyecto de norma de calidad de agua para cada área de vigilancia relevante. La implementación de la norma determina la declaración de zonas de saturación y/o latencia para determinados parámetros:

2) Se distinguió entre parámetros que estaban acorde a los estándares recomendados para agua de riego y parámetros sobre los estándares recomendados para agua de riego.

3) Se definieron los cultivos presentes en el área de vigilancia bajo análisis

4) Se definieron los *costos* asociados a prácticas y/o tecnologías mitigar o reducir el nivel de los parámetros que presentaban excedencia. Entre aquellas se cuentan:

- Implementar prácticas de prevención de erosión de suelo.
- Implementar y certificar Buenas Prácticas Agrícolas.
- Incorporación materia orgánica vía compost
- Uso de coberturas vegetales.
- Implementar Manejo orgánico y/o integrado de plagas y enfermedades.
- Reducir el pH de suelo vía acidificación de pH agua de riego,

5) Posteriormente se definieron *beneficios* asociados a la implementación de la norma:, entre los cuales se pueden mencionar:

- Ahorro en costos de mantenimiento y limpieza de tranques y embalses de riego.
- Ahorro en costos de mantenimiento de los sistemas de riego tecnificado.
- Ahorro en costos de reparación, mantención y limpieza de equipos de aplicación de productos agroquímicos.
- Reducción en pérdidas de productividad por exceso de fertilización nitrogenada.

V.
ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO EN SECTOR AGROPECUARIO DEL ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD DE AGUAS DEL RIO LOA

En éste informe se le da énfasis al análisis a nivel estratégico de la Cuenca del Río Loa. Posteriormente se realiza una caracterización general de la economía de la II Región y de la cuenca. Dentro de ello, se aborda con especial énfasis al sector agropecuario de la cuenca puesto que es el principal uso afectado por los problemas de calidad.

Posteriormente, se realiza una caracterización general de la problemática de calidad de aguas en la cuenca del Loa. Luego, se realiza el análisis general del impacto económico de la norma, para finalmente, presentar las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

Se plantea en el estudio que uno de los antecedentes necesarios para realizar el análisis costo beneficio es determinar la situación sin proyecto. Para estimarla se analizó la tendencia histórica en los datos, exclusivamente para el parámetro conductividad en distintas estaciones de monitoreo de la calidad de agua en el río Loa.

Luego se estimaron las pérdidas de rendimiento en algunos cultivos importantes en la zona por efecto de éste parámetro.

Este estudio no proyecta la evolución ni de la CE ni de otros parámetros relevantes en el futuro y tampoco cuantifica los costos y beneficios en términos monetarios.

VI.
ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL SECTOR AGROPECUARIO DEL ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD DE AGUAS DEL RIO AYSÉN

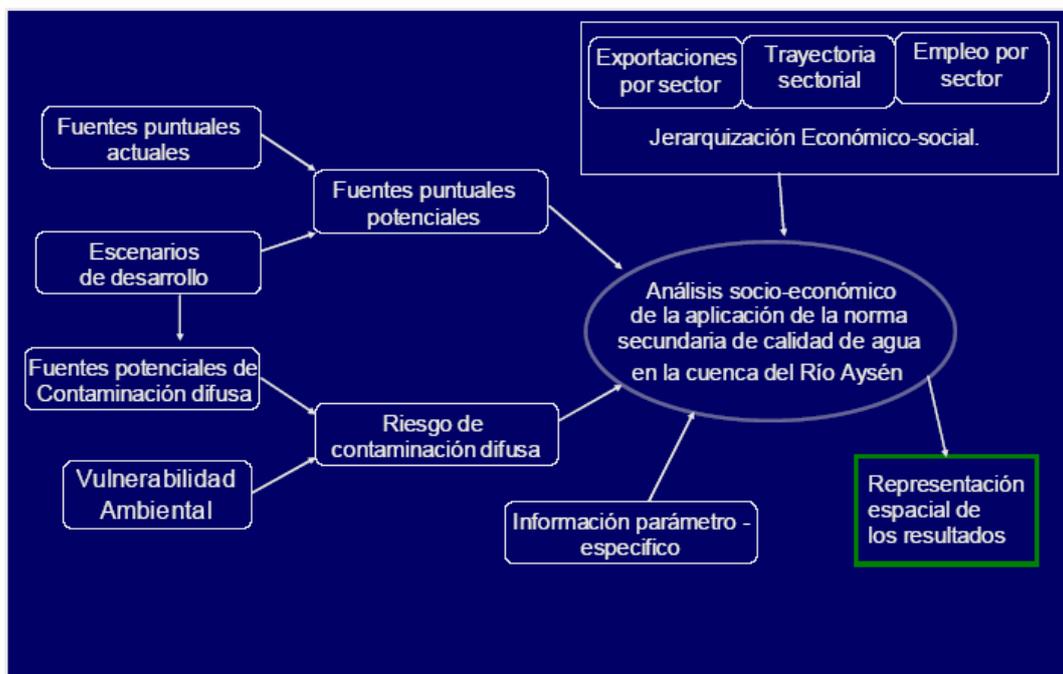
El método utilizado para el Análisis General del Impacto Económico Social (AGIES) de la norma en la cuenca del río Aysén, esta basado en el modelo conceptual que se resume en la figura 3.

Las actividades económicas de la zona se ordenaron de acuerdo a su importancia económico-social. Para esto se utilizo un método basado en la teoría de análisis multicriterio, donde un conjunto de actividades se jerarquizan de acuerdo a una serie de indicadores o criterios

Los criterios de jerarquización fueron:

- Porcentaje promedio de variación anual del Producto Interno Bruto entre los años 1996-2002, porcentaje promedio de participación en el valor agregado generado por la economía regional entre los años 1996-2002, ya que estos indicadores reflejan la trayectoria o evolución de cada actividad en este periodo.

Figura 3: Modelo conceptual



Fuente: “Análisis del impacto económico en sector silvoagropecuario del anteproyecto de norma de calidad de aguas del Río Aysén” (2006)

- Distribución porcentual del PIB regional por rama de actividad económica para el año 2002, participación porcentual de cada actividad en las exportaciones regionales, estos indicadores reflejan el peso relativo de cada actividad en la economía regional.
- Porcentaje de empleo por sector para las comunas de Aysén y Coyhaique, este indicador refleja la importancia social de las actividades económicas analizadas para la cuenca.

Este estudio recoge información relevante respecto a parámetros vinculados con la contaminación difusa, la cual es característica del sector silvoagropecuario, y los procesos que los afectan. Estos se resumen en la Tabla siguiente:

Parámetros incluidos en las Normas Secundarias vinculados con la Contaminación Difusa		Procesos que afectan al parámetro	Sector silvoagropecuario	Parámetros relacionados
1.	Conductividad Eléctrica	Erosión, lixiviación de cationes	Agricultura, ganadería, silvicultura	Amonio, sulfato, sodio, magnesio, nitrato, fosfato, aluminio, calcio temperatura
2.	DBO ₅	escorrentía superficial, tratamiento de aguas servidas, estiércol	Agricultura, ganadería, silvicultura	pH, SST, temperatura
3.	Oxígeno Disuelto	Eutrofización, escorrentía superficial	ganadería, agricultura	Nitrato, fosfato, temperatura, caudal, coliformes
4.	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Erosión, impacto directo a zona ripariana, eutrofización	Agricultura, ganadería, silvicultura	Temperatura, conductividad eléctrica
5.	Amonio	Fertilización, escorrentía superficial, estiércol	Agricultura, ganadería,	Nitrato, N total, conductividad
6.	Nitrito	Estiércol, fertilización	Agricultura, ganadería,	Nitrato, N total
7.	Sulfato	Fertilización, erosión	Agricultura, ganadería,	conductividad
8.	Coliformes Fecales (NMP)	Mataderos, escorrentía superficial, tratamiento de aguas servidas, estiércol	Ganadería,	Temperatura, SST
9.	Coliformes Totales (NMP)	Escorrentía superficial	Agricultura, ganadería,	Temperatura, SST

Fuentes: Hooda 2000; NRC 1993, EPA 1997

Al igual que en el caso del análisis de la Cuenca del Loa, este estudio no proyecta la evolución de parámetros relevantes en el futuro y tampoco cuantifica los costos y beneficios en términos monetarios.

VI. ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL SECTOR AGROPECUARIO DEL ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD DE AGUA DEL RIO BÍO-BÍO

Metodología

Las etapas consideradas para el desarrollo del estudio fueron las siguientes:

1) Definición línea base socioeconómica proyectada. (Proyección a 10 años)

- a) Caracterización geográfica básica de la cuenca en lo relativo a su asociación a los tramos del anteproyecto de norma.
- b) Caracterización económica de las actividades sectoriales relevantes vinculadas con el uso del agua y descargas, según tramos indicados en Anteproyecto de Norma de Calidad.
- c) Descripción de actividades relevantes del sector silvoagropecuario en la cuenca asociadas al uso del agua y descargas de desechos.
- d) Ajuste de los datos comunales a la parte de la cuenca correspondiente, sobre la base de proporción territorial en la cuenca.

2) Identificación de Impactos

Metodología Calidad de Aguas.

- a) Se obtuvieron datos del Programa de Monitoreo del río Biobío del EULA-CHILE y de la D.G.A., las cuales fueron utilizados para obtener los parámetros correspondientes al Anteproyecto de Normas Secundaria de Calidad de Aguas del Río Biobío.
- b) Se realizó poblamiento de datos a los vacíos de información correspondientes a algunos tramos de monitoreo del cauce del río Biobío y sus afluentes, en las estaciones del año donde no existen tomas de muestras para ciertos parámetros. El poblamiento se calculó sobre la base del promedio de la misma estación de los años anteriores.
- c) **La calidad actual** se midió con el percentil 66 de los datos estacionales correspondientes a los años 2003 y 2004, y en su defecto, se consideraron los dos últimos años disponibles según la fuente de información.
- d) Se realizó una proyección al año 2015 con el uso de las funciones con buen grado de bondad de ajuste y valor estadístico “p” significativo.
- e) Se construyó tabla para la norma sobre la base del anteproyecto, la cual considera los valores correspondientes al cálculo que permite identificar zonas de latencia y/o saturación
- f) Se realizó pareo de los valores de calidad actual y proyecciones. Con ello, se determinaron las zonas de latencia (L) de los parámetros (valores entre la norma y el 80% de su valor) y de saturación (S) (sobre el valor de la norma) para la calidad actual y la proyección al 2015.

g) Se efectuaron cálculos para determinar la magnitud de la reducción de los parámetros que se encontraban en saturación, correspondiente al porcentaje en que deben reducirse éstos para alcanzar el valor estipulado en la norma

h) Se identificaron las posibles causas que producen dichas zonas de latencia y saturación de los tramos afectados, tanto para la situación actual como para la proyectada, de acuerdo a una clasificación de las actividades silvoagropecuarias más representativas que pueden afectar la calidad de aguas en la cuenca.

3) Valoración de Impactos

a) Obtención y/o estimación de los Costos de Abatimiento de contaminantes de las actividades económicas del sector Silvoagropecuario, que pueden afectar más notoriamente en la calidad de aguas de los tramos de monitoreo identificados como críticos.

b) La estimación se llevó a cabo en términos de costos públicos en focalizar recursos en programas actualmente existentes (Programas de fomento de las Buenas Practicas y Sistema de Incentivos a la Recuperación de Suelos Degradados).

c) Para la estimación de costos, con respecto a la Norma Secundaria y Erosión de Suelos, se identificó la superficie pertinente de intervenir, según identificación de impactos, para las comunas y tramos que presentan magnitud de reducción. Se estimó una valoración de esta superficie a través de una intervención con métodos conservacionistas

e) Para la estimación de los costos de contaminantes asociados a fertilizantes y pesticidas se identificó el número de predios en las comunas correspondientes a los tramos con presencia de contaminantes en saturación. En ellas se estratifican las explotaciones en menores y mayores a 12 HRB (Hectáreas de Riego Básico), en tanto ellos constituyen estratos con subsidios de distinto valor en los programas existentes y distintas instituciones de apoyo y

f) Con respecto a la valoración de beneficios y/o costos derivados de la actividad relacionada con el riego, se desestimó, dado que las aguas del río Biobio para esta actividad son de buena calidad y los posibles impactos son en magnitudes marginales, por cuanto no es pertinente su valoración.

4) Evaluación Costo-Beneficio

Flujo De Caja

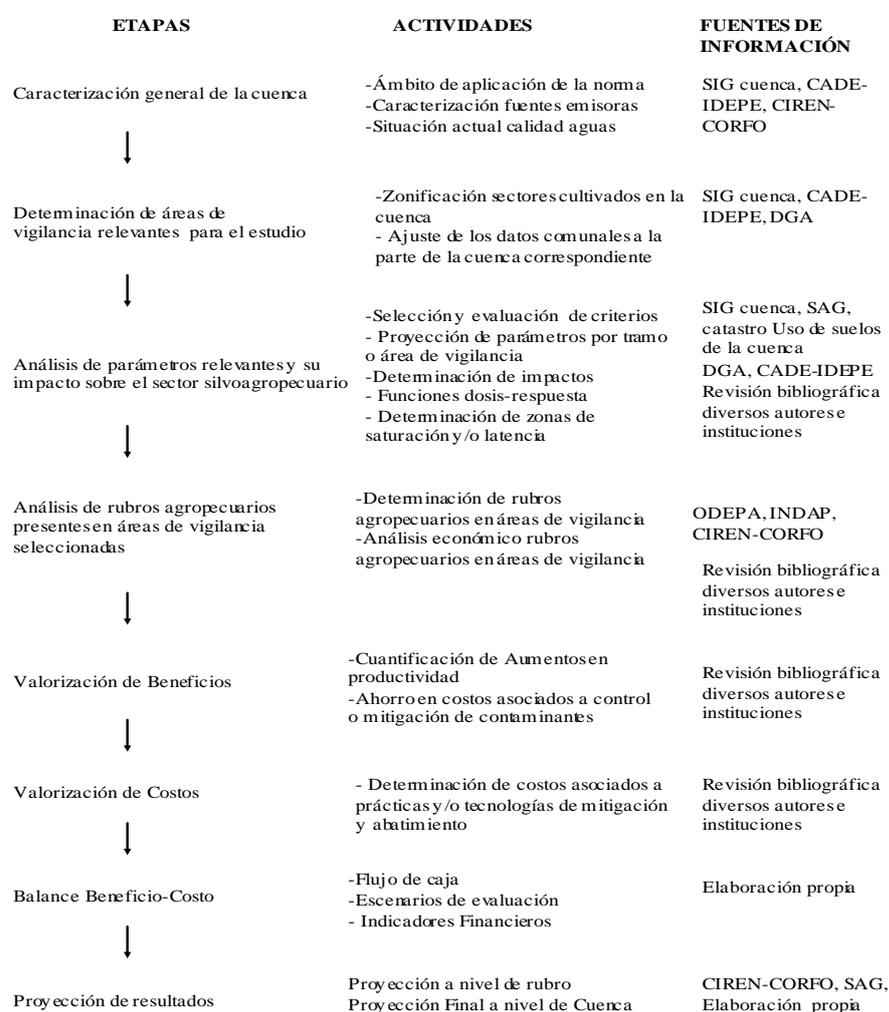
Se realizó un flujo de fondos sociales de la aplicación del Anteproyecto de norma de calidad de aguas en el sector Silvoagropecuario en la cuenca del Biobío, expresado en M\$ a Diciembre del 2005, con una proyección a 10 años, dejando establecido los beneficios que no pudieron ser valorados.

Indicadores De Rentabilidad.

Evaluación económica a través del indicador VAN aplicándose para la norma de calidad de agua una tasa social de descuento 8% anual, con una vida útil de 10 años, por aproximaciones de costos y beneficios. El 8% corresponde a la tasa social de descuento oficial del Estado para el año 2006 y es difundido por MIDEPLAN.

4. METODOLOGÍA PROPUESTA EN ESTE ESTUDIO

La metodología propuesta en éste Manual intenta por una parte estructurar de una manera sistemática herramientas metodológicas propuestas en los estudios previamente revisados y por otra, formular herramientas metodológicas complementarias que permitan un análisis exhaustivo de los impactos económicos sobre las actividades silvoagropecuarias que se desarrollan en las distintas cuencas del país. La metodología contempla las etapas y actividades presentadas en el diagrama siguiente:



Fuente: Elaboración propia

4.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA CUENCA BAJO ANÁLISIS

4.1.1 Ámbito de aplicación de la norma

En esta sección se caracteriza la cuenca hidrográfica bajo análisis desde el punto de vista administrativo y de su geografía agrícola. Para éstos efectos se utilizarán coberturas digitales de:

- División administrativa regional y comunal (MIDEPLAN 2004),
- Estudios de Cuencas y Subcuencas (DGA),
- Series de Suelo (Ciren CORFO),
- Estudios de Uso del suelo 1998 (INE),
- Bocatomas y canales de riego cuencas hidrográficas (SAG)

4.1.2 Caracterización socioeconómica de la cuenca (cálculo del PIB y tasas de crecimiento económico de la cuenca y sus sectores económicos).

En general a nivel de cuencas hidrográficas no existen estudios sobre indicadores económicos y sociales, encontrándose éstos sólo a nivel regional o de distrito censal por lo cual se requerirá procesar la siguiente información para ajustarla a nivel de cuenca:

- Superficie de uso agrícola en la cuenca y porcentaje respecto a la superficie total de la cuenca
- Participación económica de las comunas de la región o provincia dentro de la cuenca del río bajo análisis.

Como base de los cálculos realizados, se utilizará información del Banco Central y la actualización del Censo de Población y Vivienda del año 2002 (INE, 2002).

Los cálculos de superficies comunales y cuencas hidrográficas se obtendrán de coberturas digitales de MIDEPLAN y SAG

4.1.3 Caracterización de las fuentes emisoras

Para efectos de proyectar el escenario base se hace necesario conocer las emisiones antrópicas y naturales que actualmente impactan la calidad de las aguas en sus distintos tramos. Estas pueden provenir principalmente de 2 fuentes:

- a) Fuentes industriales puntuales de acuerdo al DS N°90/00.

b) Emisores difusos:

- Aguas servidas provenientes de zonas rurales
- Canales de regadío
- Escorrentías
- Otros agentes emisores (plantas de extracción de áridos, etc.)
- Afloramiento de aguas subterráneas con alto contenido de minerales y nitrógeno.

4.1.4 Situación actual de la calidad de aguas

En general caracterización de la calidad de las aguas y el criterio de división en tramos o áreas de vigilancia se ajustará a la propuesta realizada en los estudios “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua, según objetivo de calidad” desarrollado por CADE – IDEPE para las distintas cuencas del país.

Estos estudios son un proyecto de la Dirección General de Aguas (DGA) y desarrollado por la empresa consultora CADE-IDEPE, para la definición de la propuesta técnica de asignación de la calidad objetivo para los cursos y cuerpos de agua prioritarios del país. Los objetivos principales de estos estudios son conocer la calidad natural y actual del agua, determinar los caudales disponibles para la dilución de contaminantes y tipificar los cursos y cuerpos de agua.

4.2 DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE VIGILANCIA RELEVANTES PARA EL ESTUDIO

En esta etapa se establecen criterios que permitan determinar las áreas de vigilancia que tienen importancia para el estudio del impacto económico de la aplicación de la norma secundaria de calidad de aguas sobre el sector agropecuario. Algunos de los criterios propuestos en éste manual se presentan a continuación:

- El criterio fundamental tiene relación con la presencia o ausencia de actividades agropecuarias en los tramos o áreas de vigilancia de la cuenca bajo análisis.

- Otro criterio importante consiste en descartar los tramos en que la calidad actual es mejor que la que establece la norma, por lo cual resulta difícil hacer una proyección razonable del incremento de la actividad antrópica en dichas zonas.
Por ejemplo, en general los tramos ubicados en la parte alta y baja de la cuenca cumplen con la condición anterior y por lo tanto no serán incorporados en el análisis.
- En función de la calidad actual, determinada a partir de información para los últimos años, limitar el análisis de parámetros contaminantes a aquellos más relevantes en términos de la probabilidad de excedencia que exhiben. Se definen como parámetros relevantes a aquellos que superan el 90% de la razón calidad actual/valor norma para el período en cuestión

4.3. ANÁLISIS DE PARÁMETROS RELEVANTES Y SU IMPACTO SOBRE EL SECTOR SILVOAGROPECUARIO

Criterio primario:

- En función de la calidad actual, determinada a partir de información para los últimos años, limitar el análisis de parámetros contaminantes a aquellos más relevantes en términos de la probabilidad de excedencia que exhiben. Se definen como parámetros relevantes a aquellos que superan el 90% de la razón calidad actual/valor norma para el período en cuestión

4.3.1 Proyección de parámetros por tramo o área de vigilancia

En ésta sección se procederá a simular la evolución de las concentraciones de los parámetros seleccionados en los tramos relevantes considerando que corresponden a las situaciones más probables de superación de la norma de calidad secundaria.

La proyección de parámetros se realizará siguiendo la metodología utilizada en el Análisis del impacto económico en sector silvoagropecuario del anteproyecto de norma de calidad de aguas del Río Aconcagua realizada por Geográfica Consultores (2005).

1. Para los parámetros en que existe información se considerará los valores estacionales desde el verano del año 2000 a la primavera del año 2004.
2. Los valores serán desestacionalizados, para esto se calculará el coeficiente de estacionalidad para cada estación, como a continuación se señala:

Coeficiente de estacionalidad= Promedio Estación / Promedio Total

Luego se obtendrán los valores desestacionalizados dividiendo los valores originales por el coeficiente de estacionalidad respectivo.

3. A continuación se realiza una regresión lineal con los valores desestacionalizados.
4. Con la recta obtenida mediante la regresión lineal se proyectarán los valores de los parámetros desde el verano del año 2005 a la primavera del año 2015, con esto se obtendrán valores proyectados desestacionalizados.
5. Los valores proyectados desestacionalizados se multiplicarán por los coeficientes de estacionalidad para obtener finalmente los valores proyectados con estacionalidad.
6. En los casos en que falte el valor del parámetro para una estación, este se reemplazará por el promedio del valor de los dos parámetros más cercanos. Este criterio se utilizará en todos los parámetros y áreas de vigilancia para el valor del invierno del año 2004 ya que no existe medición en este período por parte de la Dirección General de Aguas.
7. Los valores de los parámetros que estaban fuera de la tendencia general se corrigen con el promedio de los dos valores más cercanos. Se considerará que un valor está fuera de la tendencia general cuando excedía en 10 veces al segundo valor en orden decreciente.
8. En los casos en que los valores de los parámetros entre los años 2000 y 2004 sean inferiores a 16 (faltan 4 Valores), no se aplica el método de desestacionalizar los valores, si no que se realiza una regresión lineal directamente con los valores originales.

4.3.2 Determinación de impactos

Corresponde a la cuantificación, en número y extensión, de los efectos adversos que serían prevenidos con la dictación de la norma. En términos estrictos, corresponden a los beneficios de la norma. En esta sección se realiza un listado de todos los impactos y se procede a su valorización dependiendo de la información disponible.

Los beneficios de la norma se asocian al hecho de establecer un límite a la contaminación que permita evitar los costos económicos que implican exceder dichos valores bajo un escenario base sin norma. En el caso de la agricultura, ésta se vería beneficiada dado que la pérdida de productividad producto de la contaminación de las aguas superficiales en la cuenca se evitaría con la implementación de medidas de descontaminación.

Los principales impactos que serán considerados en la parte de evaluación de beneficios en agricultura corresponden a:

- Reducciones en la conductividad eléctrica (CE) respecto al escenario base, que determinan un aumento en el ahorro de costos relacionados con la aplicación de láminas de agua para el lavado de suelos que presenten potenciales problemas de salinidad.

Disminución en la pérdida de producto agrícola debido a altos niveles de contaminantes en las aguas de riego. Cuando estén disponibles, esto se evaluará a través de funciones de dosis respuesta para evaluar tal impacto.

Cuando las funciones de dosis respuesta nos se encuentren disponibles, se recurrirá a al método de costo de reposición, bajo el cual se producen ahorros de costos en tecnologías de abatimiento que aseguren un riego libre de contaminación.

Los principales efectos de la calidad del agua de riego sobre los cultivos están asociados a la salinidad, la tasa de infiltración de las aguas, y la toxicidad de ciertos iones específicos, tal como a continuación se analiza.

Salinidad: las sales en el suelo o el agua reducen la disponibilidad de agua hacia los cultivos y de este modo afectan el rendimiento de los mismos.

Tasa de infiltración de las aguas: contenidos relativamente altos de sodio o bajos de calcio del suelo o el agua, reducen la tasa a la cual el agua de riego entra al suelo de manera que insuficiente agua se ve infiltrada para suministrar al cultivo adecuadamente desde un riego al próximo.

Toxicidad de iones específicos: ciertos iones, tales como el sodio, el cloro y el boro, provenientes del suelo o el agua pueden acumularse en concentraciones lo bastante altas para causar daños en cultivos sensibles y reducción de su rendimiento.

La siguiente tabla resume las restricciones de uso de las aguas de riego en función de la salinidad, infiltración y otros efectos, a diferentes niveles de dosis.

Caracterización de los principales problemas en la calidad del agua de riego					
Potencial problema de riego		Unidades	Grado de restricción de uso		
			Ninguno	Leve a moderado	Severo
Salinidad					
	Ecw	DS/m	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
	TDS	Mg/l	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltración					
RAS	0 - 3	Cew	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
	3 - 6		> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
	6 - 12		> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
	12 - 20		> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
	20 - 40		> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9
Efectos Micelaneos					
	Nitrogeno (NO ₃ - N)	Mg/l	< 5	may-30	> 30
	PH		Rangos normales 6,5 - 8,4		

Fuente: Ayres y Westcott (1980).

El objetivo del riego es proveer a los cultivos adecuados y periódicos suministros de agua, evitando las pérdidas de rendimiento causadas por extendidos períodos de estrés de aguas durante estados de crecimiento del cultivo.

La planta extrae agua desde el suelo por medio de la ejecución de una fuerza absorbente mayor que la que retiene al agua en el suelo. Durante riego repetido, las sales en las aguas de riego pueden acumularse en el suelo, reduciendo la disponibilidad de agua a los cultivos. Las sales en las aguas del suelo incrementan la fuerza que la planta debe ejercer para

extraer agua requiriéndose más energía por unidad de agua absorbida. Si la planta no puede hacer la fuerza suficiente, no será capaz de extraer el agua necesaria y sufrirá de estrés por agua. La conductividad eléctrica mide esta condición.

En relación a la toxicidad de los iones,

Cloruro: El cloruro es captado por plantas y se acumula en las hojas. Si su concentración en éstas excede la tolerancia del cultivo, se desarrollan síntomas de daño hasta quemarla, efecto que en algunos cultivos limita su comercialización.

De acuerdo a Sancha et al. (2005), un rango de concentraciones de 140 a 175 $\mu\text{g/l}$ de cloruros presentará problemas leves, a niveles tóxicos, a cultivos cuando éste sea consumido a través de la absorción de las raíces. Propuestas de la FAO (Ayres y Wescott, 1987) establecen que aguas de riego con contenido de cloruros bajo los 192 $\mu\text{g/l}$ pueden ser utilizadas sin ninguna restricción en la agricultura.

Conductividad Eléctrica: Los valores del parámetro de conductividad eléctrica para los tramos relevantes de las cuencas fluctúan pueden experimentar fluctuaciones que impliquen un impacto que puede ir de muy leve a severo sobre los cultivos según Westcott y Ayres (1987).

Sólidos Suspendidos: El problema de los sólidos suspendidos está asociado a la obstrucción de los sistemas de riego por goteo. De acuerdo a Sancha et al. (2005) prácticamente no hay problemas con la obstrucción de estos sistemas para concentraciones inferiores a 50 $\mu\text{g/l}$. La norma de calidad propuesta para cada cuenca establece límites máximos de concentraciones que fluctúan en sus diferentes tramos.

Sulfatos: La literatura indica que altas concentraciones de sulfatos presentarían efectos negativos sobre la productividad agrícola de ciertos cultivos al aumentar la salinidad del agua de riego (Ayres y Westcott, 1994).

En relación a la toxicidad de los iones, el siguiente cuadro da cuenta de los impactos de los mismos sobre la productividad de las plantas y cultivos.

Elemento	Concentración máxima recomendada (µg/l)	Observaciones	Análisis
Aluminio	5,0	Puede producir no productividad en suelos ácidos (< 5,5), pero en suelos más alcalinos a pH 7,0 puede precipitar el ión y eliminar cualquier toxicidad.	Dada las características de pH en las aguas superficiales y suelo dentro de la cuenca, es esperable que las concentraciones actuales de Aluminio no produzcan efectos adversos.
Arsénico	0,10	La toxicidad en plantas varia ampliamente desde rangos de 12 µg/l en pasto en menos de 0,05 para el arroz.	Dependiendo de la especie, soluciones que contengan entre 0,5 -10 µg/l pueden inducir toxicidad. De acuerdo a los niveles actuales de concentraciones y los valores de norma propuestos, los que se encuentran los que se encuentran muy por debajo de las concentraciones antes señaladas (entre 0,01 y 0,02 µg/l), no se esperan mayores efectos sobre el rendimiento de los cultivos.
Cromo	0,10	No es reconocido generalmente como un elemento esencial. Se establece un límite conservador debido a la carencia de conocimiento respecto a sus efectos de toxicidad en las plantas.	
Cobre	0,2	Elemento esencial. Tóxico para un número de plantas desde 0,1 hasta 1,0 µg/l en soluciones nutritivas.	Sancha et al. (2005) señala que la concentración máxima total de cobre no debería exceder 200 µg/l para proteger la vegetación de los efectos nocivos del cobre.
Hierro	5,0	No tóxico en plantas en suelos aireados, pero puede contribuir a la acidificación de los suelos y la pérdida de disponibilidad de fósforo y molibdeno esenciales.	
Manganeso	0,20	Tóxico para un número de cultivos, pero sólo en suelos ácidos.	El manganeso es tóxico para algunos cultivos a niveles de concentraciones superiores a 0,2 µg/l. Los valores de calidad observados en la cuenca fluctúan entre 0,01 y 0,03 µg/l para los tramos relevantes. Existen tramos donde se supera el valor de 0,2 µg/l, pero donde no excede la norma.
Molibdeno	0,01	No es tóxico para las plantas en concentraciones normales en suelo y agua. Puede ser tóxico para el ganado si el forraje crece en suelos con alta concentración de molibdeno.	Sacha et al (2005) señalan que las concentraciones máximas permisibles de Molibdeno que pueden ser utilizadas para riego de forraje son 0,01 µg/l para suelos drenados con tasas Cu:Mo <2:1 ; 0,02 µg/l para riego de forraje en suelos bien drenados o con tasas Cu:Mo <2:1 ; 0,03 µg/l para cultivos no forrajeros.
Plomo	5,0	Puede inhibir el crecimiento de las células de la planta a concentraciones muy altas.	Dependiendo de la especie, las soluciones que contienen > 0,2 µg/l pueden inducir toxicidad por Plomo. Los niveles actuales de concentraciones y los valores de la norma propuestos se encuentran muy por debajo de las concentraciones antes señaladas (entre 0,01 y 0,03 µg/l), por lo que no se espera efectos sobre el rendimiento de los cultivos.
Zinc	2,0	Tóxico para muchas plantas en amplias y variadas concentraciones; su toxicidad se ve reducida a pH > 6,0 y en suelos de textura fina u orgánicos.	Se recomienda que la concentración total de zinc en agua de riego no exceda 1,0 µg/l para suelos con pH < 6, no exceda 2,0 µg/l para suelos con pH entre 6,0 y 7,0 y no exceda 5,0 µg/l para suelos con pH 7,0. los límites máximos de la norma fluctúan entre 0,025 y 0,2 µg/l.

4.5 DETERMINACIÓN DE RUBROS AGROPECUARIOS RELEVANTES EN LA CUENCA BAJO ANÁLISIS

En esta sección la información relevante a recopilar corresponde a:

- a) Caracterización económica de las actividades sectoriales relevantes vinculadas con el uso del agua y descargas, según tramos indicados en el estudio de línea de base.
- b) Descripción de actividades relevantes del sector silvoagropecuario en la cuenca asociadas al uso del agua y descargas de desechos.

En función de los pasos anteriores, el análisis continúa al comparar los beneficios que se derivan de los impactos evitados con los costos que involucra el hacer cumplir los estándares de la norma.

4.5 VALORIZACIÓN DE BENEFICIOS O IMPACTOS EVITADOS

A continuación se presentan los fundamentos teóricos que sustentan los principales métodos de valorización de beneficios que se proponen utilizar.

4.5.1 Método del Cambio en Productividad

Este método indirecto se basa en la relación que existe entre un atributo ambiental y los bienes y/o servicios existentes en el mercado. Estos bienes son consumidos por las personas, lo que les provoca utilidad. Un cambio en el atributo ambiental implicará una variación en la producción del bien con que éste está relacionado, lo que afectará el bienestar o utilidad de las personas.

Entonces, el método busca valorar el impacto sobre el recurso natural a través de valorar el efecto que éste tiene en la producción, en el costo o en las ganancias generadas por otro

bien que sí tiene mercado. Este efecto en la producción de otro bien o servicio implica un cambio en el bienestar de las personas, y a través de la valoración de ese cambio en bienestar se obtiene una aproximación del valor de ese impacto ambiental.

En el caso de variaciones en la calidad del agua y su impacto en la producción agrícola, si la calidad del agua disminuye debido a una contaminación con metales pesados, existirá una disminución en los rendimientos, lo que se traduciría en mayores costos de producción, y por ende, un mayor precio del producto. Esto finalmente afecta a las personas que deberán pagar un mayor precio por el producto, disminuyendo con ello su utilidad.

Es posible identificar tres formas en las que el impacto sobre el atributo ambiental afecta el bienestar de las personas. Si denominamos a fa como el parámetro de calidad de agua, tenemos que fa puede producir utilidad indirectamente como un factor de la función de producción de bienes agrícolas que tienen mercado y producen utilidad

La dificultad de estimar funciones de utilidad hace que la alternativa más factible para estimar el valor del impacto ambiental sea la primera. En ese caso es necesario establecer la relación que existe entre fa y el bien de mercado. Es decir, debemos conocer los efectos físicos, que nos permitirán llegar a estimar funciones de producción.

Si fa es un factor de producción, los cambios que experimente implicarán cambios en los costos de producción, afectando tanto el precio y la cantidad del producto final, como los retornos de otros factores de producción. Esto implicará cambios observables en la información de mercado.

Por ejemplo, se puede considerar que la calidad de agua de riego afecta directamente la productividad agrícola de la tierra bajo riego.

Si definimos X como el producto final, podemos sostener que la función de producción estará dada por,

$$X = X(k, w, \dots, fa)$$

donde X es la cantidad producción del bien, k es el vector de todos los insumos de producción, w es la mano de obra y fa el nivel de calidad de agua. Podemos considerar, entonces, que la cantidad producida del bien dependerá del nivel del factor ambiental, en este caso calidad del agua de riego.

Esta función de producción tendrá asociada una función de costos. Es decir, para llegar a un nivel de producción de X , se debe utilizar distintas cantidades de insumos, los cuales hay que comprar. Por lo tanto, cada nivel de producción del bien tendrá asociado un costo, con el que se define la curva de costos y que depende de la cantidad producida de X y de los precios de los factores de producción.

Entonces la función de costos será,

$$C = C (P_k , P_w , X , fa)$$

donde C es el costo de producción, P_k el vector de precios de los insumos, P_w el precio de la mano de obra, X la cantidad de bien producido y fa el nivel de factor ambiental.

Si consideramos que X pertenece a una industria competitiva en condiciones de costos constantes, es decir que la empresa es tomadora de precios de los insumos, un cambio en el nivel de producción modificará (aumentará o disminuirá) la cantidad de insumos utilizados (demandados), pero los precios de dichos insumos en el mercado no se alterarán, sino que permanecerán constantes. Por lo anterior, se dice que las ofertas de los factores de producción son elásticas.

Si un cambio en fa (Δfa) produce una modificación en la curva de costos de una proporción significativa de los productores del mercado, la curva de costos de la industria se desplazará, lo que provocará un cambio en los precios y en la cantidad consumida del bien.

Para el caso del ejemplo anterior, si se considera que un incremento en la calidad del agua de riego (disminución de la concentración de metales pesados) aumenta la producción por hectárea, traduciéndose en una disminución de los costos unitarios, se producirá un movimiento en la curva de oferta del producto. En el Gráfico 1 este movimiento está representado por S' y S'' .

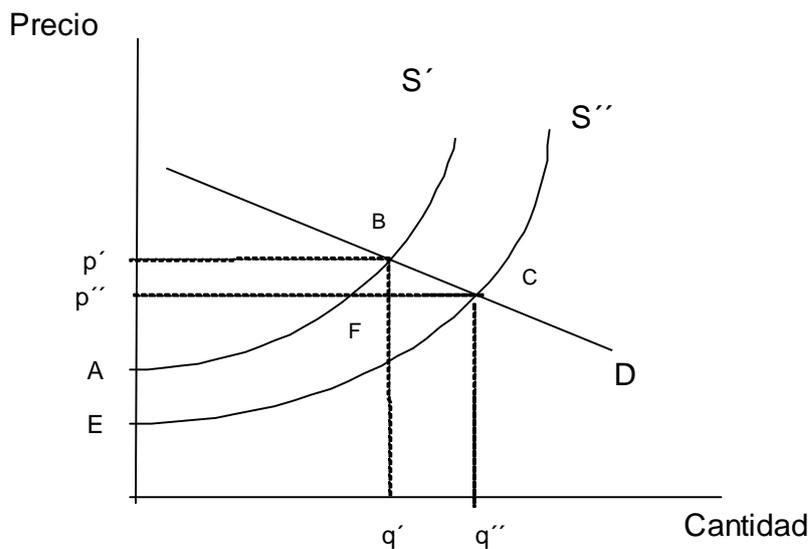


FIGURA 4.2

Ese movimiento hará disminuir el precio de p' a p'' y la cantidad consumida aumentará de q' a q'' , por lo tanto, existirá un cambio en el excedente del consumidor que corresponderá al área $p'BCp''$. Por otra parte, el excedente del productor que antes era $p'BA$ ahora corresponde al área $p''CE$. Si consideramos que parte del excedente ganado por los consumidores correspondió a una pérdida del excedente del productor (el área $p'BFp''$), la ganancia neta de excedentes corresponde a $ABCE$. Entonces, el valor de ese cambio neto en el excedente será el valor atribuible a fa .

Para estimar este valor atribuible a fa , será necesario contar con información de mercado, costo de producción del bien, las condiciones de la oferta -del producto, la curva de demanda del bien y la oferta de factores. Esto permitirá estimar las variaciones en los

precios, cantidades demandas y cantidades ofrecidas, para finalmente estimar las áreas de excedentes.

Para el caso en que f_a sólo afecte a un productor pequeño, el precio del producto en el mercado no se verá modificado, pero sí existirá un cambio en el costo marginal de ese productor. En ese caso existirá un beneficio adicional para el productor cuando el costo marginal disminuya, y una pérdida cuando el costo marginal aumente.

Un caso más simple de estimar se da cuando f_a es sustituto perfecto de otro factor de producción. Si la relación de producción es conocida, la reducción del costo por unidad es de fácil estimación. Por ejemplo, la producción de un bien X requiere del uso de agua con cierta calidad, por lo tanto, es necesario clorarla antes de utilizarla en el proceso de elaboración de X. Un cambio en la calidad del agua, puede producir una disminución de los costos de cloración por unidad de producto. Entonces, los beneficios serán el menor costo. En los casos en que la reducción en los costos no sea tan significativa como para afectar el costo marginal, el cambio en el costo total podría ser considerado como una buena estimación del beneficio del cambio en la calidad del recurso ambiental.

La valoración monetaria se realiza utilizando los precios de mercado, esto se facilita cuando el mercado es bien comportado y cuando el efecto en producción no es lo suficientemente grande como para afectar los precios de los bienes. En los casos en que el mercado presenta distorsiones, como monopolio, control de precios o protecciones, la utilización directa de los precios actuales implicará mucho error, y no estará reflejando la verdadera valoración de las personas.

En el caso de que el efecto en producción implique cambios en los precios, deberá estimarse el nuevo precio de equilibrio para valorar el cambio en producción. Además, en este caso, deberá incluirse el efecto en el cambio del excedente del consumidor.

4.5.2 Otros tipos de beneficios posibles de valor

Aparte de los beneficios posibles de valorar a través de los métodos descritos anteriormente también se pueden estimar beneficios por concepto de:

- Ahorro en costos de mantenimiento y limpieza de tranques y embalses de riego.
- Ahorro en costos de mantenimiento de los sistemas de riego tecnificado
- Ahorro en costos de reparación, mantención y limpieza de equipos de aplicación de productos agroquímicos
- Reducir el aumento de contenido de los sólidos disueltos en agua de riego
- Prevenir pérdidas de productividad por exceso de fertilización nitrogenada.
- Prevenir acumulación de Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc y Aluminio en el suelo evitando riesgos por fitotoxicidad y pérdidas de productividad
- Prevenir acumulación de Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc y Aluminio en el suelo evitando alteración de las condiciones físico-químicas y microbiológicas de suelo riego, a rangos no inferiores a 5.

4.6 CUANTIFICACIÓN DE COSTOS

Según establece la normativa actual, el análisis económico debe dar cuenta de los costos que la norma impone al Estado y fuentes responsables, en este caso particular.

En virtud que efectivamente se produzcan excedencias de la norma de calidad, se hará necesario generar medidas de control que permitan restablecer la calidad de las aguas al valor que la norma señala. Estas acciones las deberán realizar las fuentes puntuales o difusas responsables de dicha superación, acarreándoles por este hecho ciertos costos. Pero dichos costos ya han sido internalizados en parte por algunas empresas a través de la aplicación del DS 90/00, al menos para fuentes nuevas y para aquellas antiguas que se hayan sometido voluntariamente a dicha norma.

El Estado por su parte, se verá obligado a incrementar el monitoreo en la cuenca estableciendo nuevos puntos de control y una mayor cantidad de parámetros a vigilar, situación que redundará en mayores costos también.

4.6.1 Costos de cumplimiento para las fuentes emisoras

4.6.1.2 Gasto en Mitigación

El gasto en mitigación (GM), también llamado por algunos autores como gasto en prevención y mitigación, es un método indirecto que se basa en el comportamiento que desarrollan las personas, a través de su toma de decisiones, para prevenir y/o mitigar los impactos ambientales negativos a que son expuestas. Es decir, cuando los individuos se ven afectados por una disminución en la calidad del ambiente, como puede ser un aumento en el nivel de contaminación aérea, podrán decidir la compra de purificadores de aire que les permita mitigar el efecto de la contaminación. Otro ejemplo se da en el caso de tener agua de bebida de baja calidad, donde las personas utilizan filtros para poder beber el agua.

Este método intenta cuantificar lo que la gente está dispuesta a gastar para prevenir la degradación de la calidad del ambiente. Es decir, busca inferir la disposición a pagar mediante el gasto en bienes de mercado que realizan los individuos para contrarrestar la menor disponibilidad de bienes proporcionados por el medio ambiente natural. En este sentido, se considera que el individuo estará dispuesto a gastar hasta que el costo marginal de mitigar sea igual al mayor valor que asigna al bien ambiental.

El supuesto básico de este método consiste en que los insumos utilizados en la mitigación no proporcionan satisfacción por sí mismos, sino que a través de los efectos producidos en los atributos ambientales. Esto significa que el gasto realizado en el purificador de aire o el doble vidrio corresponde sólo al efecto mitigante que ellos tienen, y no a otros beneficios que puedan producir, como belleza y decoración. En los casos en que no se cumple este supuesto, es decir, que pago más por un doble vidrio que presenta una mejor estética en relación a uno corriente que otorga el mismo nivel de protección contra el ruido, no se debe considerar que todo el monto gastado corresponde a mitigar el impacto negativo del ruido, también se está realizando un gasto adicional por estética. Se debe tener cuidado de no quebrantar este supuesto, ya que ello implicaría sobrestimar el valor del atributo ambiental.

El hecho de que el método GM sea sólo una aproximación del valor que la persona le otorga al atributo queda demostrado en el siguiente análisis. Si se considera que el gasto en mitigación es una forma de comprar calidad ambiental, se puede representar en el siguiente ejercicio una demanda marshaliana por calidad ambiental Q^m , donde el gasto de mitigación $P(Z)$ depende del nivel de contaminación Z . Al mismo tiempo, tenemos la demanda hicksiana Q^h , que representa la cantidad de calidad ambiental consumida dado un nivel de utilidad inicial U_0 . Entonces, en un momento inicial se consume q_0 cantidad de calidad ambiental, a un precio $P(Z_0)$, que corresponde al gasto de mitigación.

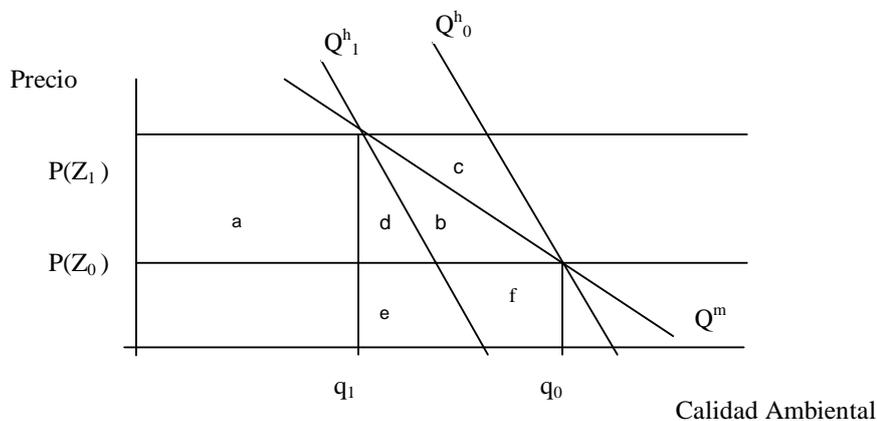


FIGURA 4.1

Si la contaminación aumenta de Z_0 a Z_1 , las personas deben incurrir en mayores gastos de mitigación, es decir, aumenta el precio de la calidad ambiental lo que implica una disminución en la cantidad consumida, por lo cual, en el gráfico se produce un movimiento de q_0 a q_1 .

Esto provoca una disminución del excedente del consumidor que corresponde a las áreas $-(a+d+b)$. Si realizamos el análisis bajo la demanda hicksiana, el cambio en el costo de mitigación produce una disminución en el bienestar que puede representarse por la variación compensatoria que corresponde a las áreas $-(a+b+d+c)$ y la variación equivalente, que se alcanza con el nuevo nivel de utilidad es el área $-(a+d)$. Al utilizar el método GM, en el cual se cuantifican los cambios observados en gastos de mitigación, se estarían calculando las áreas $(e+f -a)$. Es decir, el GM es una aproximación de la valoración del atributo ambiental, pero en ningún caso son estimaciones de la variación compensada o de

la variación equivalente. Esto implica que GM puede estar subestimando o sobrestimando el valor del atributo ambiental.

El individuo realizará el gasto en mitigación si es que el beneficio que le proporciona la mitigación (mayor calidad ambiental) sea mayor que el costo en el que debe incurrir. Si generalizamos este análisis a la sociedad, se puede decir que a la sociedad le beneficia económicamente mitigar hasta el punto en que el beneficio de mitigar es igual al costo de hacerlo. Entonces, existe un nivel óptimo económico de mitigación, es decir, existe un punto en el cual es posible maximizar los beneficios económicos de mitigar, sujeto a la restricción presupuestaria. En otras palabras, cuando existe la posibilidad de mitigar un daño ambiental, no necesariamente se debe llegar a cero nivel de daño, ya que esto puede significar un costo demasiado alto para la sociedad.

Lo anterior puede señalarse en un ejemplo de contaminación en Santiago. Llevar la emisión de partículas a nivel cero significaría cerrar industrias, eliminar transporte y pavimentar todas las calles urbanas. Sin duda esto, tiene un costo demasiado alto para la sociedad, que supera con creces el beneficio económico que puede implicar cero nivel de contaminación. Entonces, se puede decir que, dado que existe una restricción presupuestaria, existirá un nivel óptimo económico de contaminación.

Este nivel óptimo se define como el punto en que el daño marginal prevenido (o beneficio marginal de la mitigación) iguala al costo marginal del control del daño. En los casos en que exista una legislación vigente, será óptimo mitigar el daño hasta el nivel que la ley (o norma) contemple como permisible. En ese caso la aproximación del valor del atributo ambiental estará dado por el gasto de mitigar hasta el nivel permisible. En este análisis se supone que la norma fue definida considerando un nivel de óptimo para la sociedad.

En los casos en que no existe una norma establecida para determinar el nivel óptimo de mitigación es necesario hacer un análisis costo beneficio, para lo cual se debe contar con una función continua del deterioro del índice ambiental. Debido a la limitada disponibilidad

de información es muy difícil llegar a estimar ese nivel óptimo. En los casos en que no sea posible contar con los datos requeridos será imposible determinar el nivel óptimo.

Un caso especial de GM lo constituye el comportamiento que busca la utilización de productos sustitutos. En ese caso se mitiga el daño consumiendo un producto que sea capaz de sustituir el atributo ambiental. Un ejemplo sería la compra de agua envasada en lugares donde el agua de bebida está contaminada.

El concepto de GM está muy relacionado con el de costo de reposición, es así que los gastos efectuados para mitigar un daño ambiental que ya ha ocurrido pueden ser considerados indistintamente de las dos maneras. Sin embargo, para un mejor entendimiento se puede definir a priori que un GM corresponderá a aquellos gastos realizados *ex-ante* de que el efecto ambiental sea percibido por las personas.

El GM es útil en la valoración de efectos físicos fácilmente identificables, que son bienes percibidos por las personas y para los cuales existe la posibilidad de prevenirlos y/o reducirlos.

Limitaciones

- (1) Ignora el excedente del consumidor, por lo cual GM entregará siempre una estimación del valor del impacto ambiental.
- (2) Una limitación es el supuesto de que el gasto realmente ocurre. Esto es razonable para empresas y/o individuos bien informados, con una idea clara de los beneficios y costos de sus acciones. Las personas, en cambio, pueden no realizar el gasto de mitigación por no saber el riesgo ambiental al que están expuestas, o en una otra situación las personas no saben cómo mitigar el impacto ambiental.
- (3) Esta estimación de valor está restringida por la capacidad de pago de la población en riesgo. Este problema se ve aún más claro en los países en desarrollo, donde puede existir la disposición a gastar en protección, pero son gastos no realizables por la restricción presupuestaria. En situaciones donde la distribución del ingreso es muy sesgada, se debe tener mucho cuidado con generalizar valores a partir de información sesgada.

(4) El supuesto de que no hay beneficiarios secundarios asociados a GM, puede producir sobre estimaciones. Por ejemplo, el doble vidrio no sólo protege del ruido, sino que también permite aislación térmica; una plantación forestal no sólo protege de la erosión, sino que también produce frutos y leña.

(5) Cuando los cambios ambientales son recientes o han ocurrido en forma muy rápida, las consecuencias totales de los cambios o daños ambientales pueden ser sólo percibidos por las personas afectadas directamente en el corto plazo. En esos casos un nivel observado de GM puede ser una mínima estimación del valor del daño, ya que el universo de personas afectadas en el largo plazo puede ser mayor, y ese valor no se estaría percibiendo.

4.6.1.3 Tipos de Costos posibles de valorar

En función de las excedencias constatadas a los valores propuestos por tramo y por parámetro, y de las responsabilidades de las distintas fuentes en las mismas, corresponde a una proyección razonable de los esfuerzos que debieran realizar los emisores para restituir la calidad de las aguas al valor de norma.

En función de las excedencias que se produzcan en determinados parámetros, se hará necesario entonces que las fuentes emisoras realicen las inversiones necesarias que permitan recuperar la calidad de las aguas en dichos tramos para los respectivos parámetros.

La metodología aplicada para aproximarse a los posibles costos que deberán enfrentar los emisores para recuperar la calidad de las aguas consistirá en aplicar las tecnologías para el abatimiento de los compuestos o parámetros que presenten excedencia, en los tramos relevantes, al porcentaje del caudal que permita, en función de la eficiencia de las tecnologías, alcanzar los valores de la norma.

Supuestos

Para estimar los costos asociados a una nueva calidad de agua, se supondrá que si la calidad actual del agua de riego es inferior a la calidad propuesta en el anteproyecto de norma de

calidad secundaria de agua, el agricultor deberá incurrir en costos directos que estarían conformados por dos partidas principales:

i. Para el caso de parámetros como la razón de adsorción de sodio (RAS) y la conductividad eléctrica (CE), se producirá un claro aumento en los costos de cumplimiento de la norma para las fuentes emisoras. Este aumento se relaciona con la aplicación de enmiendas calcáreas para habilitar suelos que presenten problemas de sodio, y la aplicación de láminas de agua para el lavado de suelos que presenten potenciales problemas de salinidad.

ii. Por otra parte, los agricultores en ciertas zonas de las cuencas del país han requerido una fertilización nitrogenada menor a lo normal, dado el aporte de nitrógeno a través del agua de riego. Al disminuir el contenido de materia orgánica aportada por el agua, aumentaría la necesidad de fertilizar artificialmente con nitrógeno. La disminución de aporte nitrogenado fue calculada de acuerdo a la necesidad de agua de cultivos según el método de Blaney – Criddle propuesto en el estudio “Necesidad de agua de los cultivos” (FAO 24, 1976).

Se debe tener presente que los costos en que en definitiva se incurrirá, dependerán de las estrategias específicas que se utilicen para el control de la contaminación. En particular, para el caso de la Osmosis Inversa, el funcionamiento de las membranas es crucial a la hora de evaluar los costos, lo que puede traducirse en que los costos proyectados sean inferiores a los que se observen en la realidad.

La Tabla siguiente presenta ejemplos de actividades orientadas a disminuir el nivel de ciertos parámetros y su valorización

Actividad	Unidad	Unidad/ha	Costo/unidad	Total/ha/año
			\$	
Compost	m3	30	13.000	390000
Coberturas vegetales				200000
Implementar manejo Orgánico/Integrado Plagas y Enfermedades				200000
Implementar prácticas de control de erosión de suelo.	m2	15	30000	450000
Implementar y certificar Buenas Prácticas Agrícolas.				3800000
Reducir el pH de suelo vía acidificación de pH agua de riego, a rangos no inferiores a 5.				

Fuente: Análisis del impacto económico en el sector silvoagropecuario del anteproyecto de norma de calidad de aguas del Río Aconcagua (2005).

4.6.2 Costos para el Estado

a) Costos de Fiscalización

Las medidas definidas para el cumplimiento de la norma de calidad secundaria deberían ser fiscalizadas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, quién deberá establecer la forma que permita verificar su cumplimiento.

En la actualidad, la Superintendencia de Servicios Sanitarios realiza la función de fiscalización a las empresas nuevas y a las antiguas que voluntariamente se han acogido a cumplir el DS N°90/00 con anterioridad a la fecha de entrada en vigencia del mismo. Conforme con ello, se pudo constatar con dicho organismo que el número de inspecciones al año era en promedio de una por establecimiento industrial. El costo de dichas inspecciones está asociado al costo de traslado, el costo de personal de la Superintendencia, y el contrato de un laboratorio acreditado a objeto de realizar la toma de muestras y análisis de las mismas.

Considerando los tramos y parámetros que se definan como relevantes en el análisis de la norma secundaria de aguas superficiales para la cuenca del Huasco, una posibilidad es que cualquier regulación adicional sobre la descarga de dichos parámetros no significaría ningún costo adicional al actual para la Superintendencia de Servicios Sanitarios en la medida que son parámetros ya considerados en la fiscalización del cumplimiento del DS N°90/00.

b) Costos de Monitoreo

Los costos incrementales de la norma de calidad secundaria de la cuenca del Huasco considerarán tanto la incorporación de nuevos parámetros a ser monitoreados, ya sea en las estaciones existentes y nuevas que se proponen, como la incorporación de nuevas estaciones pluviométricas y de monitoreo de la calidad de las aguas.

En el primer caso, los nuevos parámetros corresponden a aquellos que no son actualmente monitoreados por la DGA dentro de la cuenca. En el segundo caso, corresponden a estaciones de monitoreo que son necesarias para determinar la calidad de las aguas en tramos donde actualmente existe caudal y no existe monitoreo, o la incorporación de nuevos puntos de monitoreo en sectores de interés.

De manera específica, los mayores costos de la norma provendrán de:

- Incorporación de nuevas estaciones asociadas a tramos actualmente no cubiertos.
- Adición de estaciones en tramos existentes para mejorar la medición de calidad.

4.7 FLUJO DE CAJA

En función de los pasos anteriores, el análisis continúa al comparar los beneficios que se derivan de los impactos evitados con los costos que involucra el hacer cumplir los estándares de la norma con el objeto de construir el flujo de caja que permitirá realizar la evaluación económica final a través de la aplicación de indicadores financieros relevantes.

4.7.1. Supuestos

Se realizará un flujo de fondos expresado en M\$ del año que corresponda para los siguientes escenarios de evaluación:

Escenario proyectado sin norma:

Se asumirá que el parámetro tiene una tasa de incremento similar al promedio histórico. Para estos efectos se cuenta con las estimaciones realizadas en el punto 4.3

Escenario con norma conservadora:

Considera el valor establecido asumiendo una norma conservadora para los parámetros que serán evaluados.

Escenario con norma permisiva:

Considera el valor establecido asumiendo una norma permisiva para los parámetros evaluados

Período de evaluación, Indicadores financieros y tasa de descuento

El período de evaluación para el análisis se estableció en 10 años considerando que la revisión de la norma se realiza al menos una vez cada 5 años según el reglamento de dictación de normas. Se suma a lo anterior el hecho que la información disponible para la evaluación de la norma es débil en muchos casos, lo que justifica se realice una revisión de la misma quizás en un período previo al máximo que contempla el reglamento.

La evaluación económica se realizará a través del indicador VAN aplicándose una tasa de descuento del 10% anual.

4.8 PROYECCIÓN FINAL DE RESULTADOS

4.8.1 Proyección de resultados a nivel de rubro

Tal como se explicó más arriba, los resultados que se obtengan al final de la evaluación económica explicada en los puntos anteriores corresponderán al diferencial de los VAN (Valor Actual Neto) de los flujos proyectados a 10 años tomando como unidad de análisis el efecto de la evolución de cada parámetro relevante sobre una hectárea de los rubros seleccionados. Por lo tanto el paso siguiente consistirá en proyectar los resultados a nivel de rubro multiplicando por el número de hárs del rubro evaluado presentes en la cuenca.

4.8.2 Proyección de resultados a nivel de cuenca

Corresponderá a la agregación de los rubros evaluados. Cabe destacar que de acuerdo con la metodología seguida hasta ahora, los resultados finales a este nivel corresponderán al impacto económico total que un parámetro determinado tendrá sobre los rubros de la cuenca bajo estudio. Por lo tanto el resultado global corresponderá a la suma de los impactos económicos de todos los parámetros considerados.

4.9. LIMITACIONES DE ESTE TIPO DE ESTUDIOS

De lo que es posible valorar

Otro aspecto metodológico a mencionar, es el relativo a los aspectos susceptibles de ser valorados dentro de esta evaluación. Conceptualmente, y en concordancia con la metodología ACB utilizada, corresponde determinar el *Valor Económico Total (VET)* de los activos ambientales que la norma va a proteger como la medida correcta de los beneficios que ésta produce. El VET puede ser descompuesto en los siguientes componentes:

Valor Económico Total	Valor de uso	Directo	Usos consuntivos y no consuntivos directos del recurso
		Indirecto	Usos funcionales
		Valor de Opción	Usos futuros, directos e indirectos
	Valor de no uso	Valor de Existencia	Beneficios derivados del conocimiento que el recurso existe

A partir de la clasificación anterior, y en función de la disponibilidad de información, es posible señalar que la evaluación deberá circunscribirse a valorar principalmente beneficios asociados a usos directos, como son el aprovechamiento del agua para riego.

El uso del agua para riego es aquel que incluye la aplicación del agua desde su origen natural o procedente de tratamiento. Se distingue riego irrestricto y restringido. El primero es el que contempla agua, cuyas características físicas, químicas y biológicas la hacen apta para su uso regular en cada una de las etapas de desarrollo de cultivos agrícolas, plantaciones forestales o praderas naturales. En el riego restringido, en cambio, la aplicación se debe controlar, debido a que sus características no son las adecuadas para utilizarlas en todas las etapas de cultivos y plantaciones. En este acápite, sin embargo, no se desagregan estas clasificaciones de riego, porque no existen antecedentes para hacerlo.

BIBLIOGRAFÍA

AZQUETA, D. 1994. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. MC Graw Hill

BOHN, H., McNEAL, B. Y O'CONNOR, G. 1993. Química de suelos. 3a ed. México. Limus. 370.

BOLT, G.H. and BRUGGENWERT, M.G.M. 1976. Soil chemistry a basic elements. Elsevier Scientific Pub. Co., N.Y., USA. 614 p.

CIREN – ODEPA. 2005. Catastro frutícola, principales resultados III Región. Santiago, Chile. 33 p.

CONAMA. 1996. Análisis general del impacto económico social: Plan de descontaminación para el área circundante a la fundición Caletones de la división El Teniente de Codelco – Chile). 27 p.

EPA. 2001. Análisis Costo – Beneficio de limpieza del aire en el período 1990 – 2020. EPA Science Advisory Board report. Vol 14 (Septiembre 2001): 1 – 90.

FAO. 1987. Estudio FAO riego y drenaje 29: La calidad del agua en la agricultura. Primera edición, Italia. FAO. 174

FIELD, B. 1995. Economía Ambiental. Una Introducción. MC Graw Hill.

FOY, C.D., CHANEY, R.L. y WHITE, M.C. 1978. The physiology of metal toxicity in plants. Annual Review of plants physiology (USA) 29: 511-566.

MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2th ed. San Diego, USA. Academia Press. 889 p.

MAAS, E.V. 1984. SALT tolerance of plants. In: The Handbook of plants Science in Agriculture. B.R. Christie (ed). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

MIDEPLAN.1992. Inversión Pública, Eficiencia y Equidad. MIDEPLAN, Departamento de Inversiones. Chile.

ODEPA. 2001. Agricultura Chilena, rubros según tipo de productor y localización geográfica. Documento de trabajo N° 8. 170 p.

RAZETO, B. 1969. The effects of cooper toxicity on deciduous fruti trees. M.Sc. Davis, Univ. of California, USA. 78 p.

RAZETO, B. 1993. La nutrición mineral de los frutales, deficiencias y excesos. SOQUIMICH. Santiago, Chile.

RENGEL, Z. y ROBISONSON D.L. 1989. Aluminum effects on growth and macronutrient uptake by annual ryegrass. Agronomy Journal (USA) 81: 208-215.

ROY, A.K., SHARMA, A. Y TALUKDER, G. 1998. Some aspects of aluminum toxicity in plants. The Botanical Rewiew (USA) 54: 145-178.

THE TEXAS A&M UNIVERSITY SYSTEM. 1996. Irrigation Quality Standards and Salinity Management Strategies, Texas Agricultural Extension Services.

TURNER, PEARCE Y BATEMAN. 1993 Environmental Economics, An Elementary Introduction. The Johns Hopkins Press.

WINPENNY, J. 1991 Environmental Assessment Sourcebook, vol. I,II,III, Environmental Department, The World Bank Washington D.C.

WINPENNY, J. 1994. Environmental Project and Policy Appraisal: A Field Manual. OECD, Draft.