UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CENTRO DE ECONOMÍA APLICADA

Algunas Aplicaciones de Economía Ambiental en Chile

Raúl O'Ryan
Director, Depto. de Ingenieria Industrial

Mayo, 2007

INTRODUCCION

Economía ambiental

- Contaminación del aire
- Contaminación del agua
- Contaminación de suelos
- Ruido
- Problemas globales y regionales (calentamiento global, lluvia ácida, destrucción capa ozono)
- Manejo de sustancias tóxicas

Economía de recursos

- Recursos renovables (bosques, agua y pesca)
- Recursos no renovables (cobre, producción de alimentos, petróleo y energía).

INTRODUCCION

Temas transversales a las áreas problema

- **Criterios de selección de instrumentos para la regulación ambiental**
  - **Problema de la incertidumbre**
  - **Diseño de instrumentos**
  - **Eficiencia**
  - **Impacto distributivo**
- **Evaluaciones parciales vs generales**
- **Problema de la optimalidad intertemporal (eficiencia dinámica vs eficiencia estática)**
- **Técnicas de valoración**

CONTENIDOS PRESENTACION

- **Enfoques para la Regulación Ambiental**
  - **Caso 1: Costo Efectividad de Instrumentos para Reducir las Emisiones en Santiago**
  - **Caso 2: Análisis Riesgo Costo de una Regulación Ambiental para el Arsénico**
  - **Caso 3: Beneficios Netos de Reducir la Contaminación en Santiago**
- **Instrumentos de Regulación Ambiental**
  - **El Nuevo Modelo de Regulación Ambiental**
  - **Caso 4: Estrategia para el Control de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono: no exactamente lo que ordenó el doctor**
- **Equilibrio parcial vs Equilibrio general**
  - **El Modelo ECOGEM-Chile**
  - **Caso 5: Impuestos Ambientales**
- **Conclusiones y comentarios finales**

ENFOQUES DE REGULACIÓN AMBIENTAL

(1) Asignación de Derechos de Propiedad

(2) Análisis Costo-Beneficio (Enfoque optimizante)

(3) Análisis de Costo-Efectividad

(4) Análisis de Riesgos

(5) Enfoques Voluntarios

Enfoques de Regulación

Acuerdos de Producción Limpia: Compromisos Asociados a Aspectos Normados y no Normados

ACUERDO		Número de Acciones que comprometen materia normada	Número de Acciones comprometidas en APL no normadas
QUIMICO ENVASES Y PINTURAS	% de Acciones evaluadas del Total	33	67
	Cump. Promdo. (%)	88	96
CONSTRUCCION	% de Acciones evaluadas del Total	0	100
	Cump. Promdo. (%)	0	90
PRODUCTORES DE CERDO	% de Acciones evaluadas del Total	40	60
	Cump. Promdo. (%)	75	95
FUNDICIONES	% de Acciones evaluadas del Total	10	90
	Cump. Promdo. (%)	78	87

CASO 1

Costo Efectividad de Instrumentos para Reducir las Emisiones en Santiago

Evaluación de la costo efectividad del uso de permisos transables para Santiago

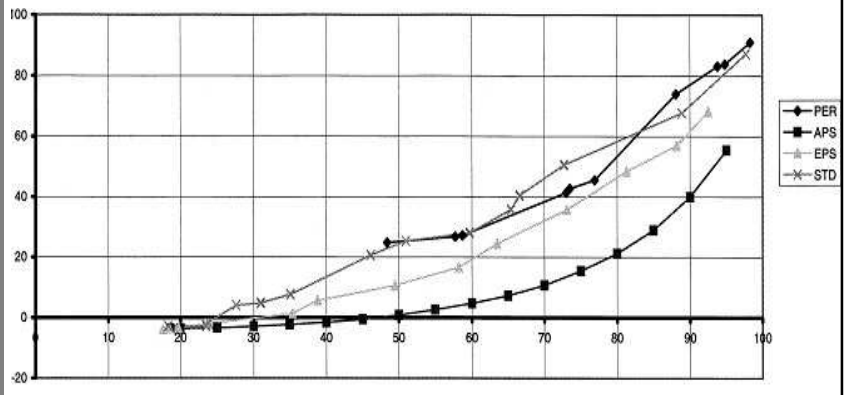
- Sistema de compensaciones (desde 1992)
- Una de las primeras aplicaciones urbanas significativas en el mundo
- Información disponible escasa (inventarios de emisiones)
- Información de opciones de control
- Modelos emisiones – concentraciones (incipientes en la época).
- El problema de la información y de los modelos es un problema hasta el día de hoy en este ámbito.

METODOLOGIA DE EVALUACION

Se consideraron 4 instrumentos y se compararon los costos asociados a cumplir diferentes metas.

- **Mercado**
  - **SPA: Aplicación teóricamente óptima (de mínimo costo) de permisos transables**
  - **SPE: Aplicación subóptima acepta intercambiar permisos sin importar localización de fuentes**
- **Regulación directa**
  - **PER: Exige reducción porcentual igual a cada fuente**
  - **STD: Aplicación de estándares de emisión uniformes a las fuentes**

Costo Efectividad de Instrumentos Regulatorios en Santiago



CASO 2

Análisis Riesgo Costo de una Regulación Ambiental para el Arsénico

EL PROBLEMA DEL ARSENICO EN CHILE

- Hay altas tasas de mortalidad asociadas al arsénico en el norte. Standard Mortality Rate (SMR) para cáncer al pulmón sobrepasa el promedio nacional en 2.6 veces.
- Dadas las altas tasas de mortalidad por cáncer al pulmón y otros se presume que uno de los principales responsables son los altos niveles de arsénico tanto en agua como aire.
- En agua Chile cumplía la norma OMS. Hasta 1980 los niveles eran muy altos.
- En aire en cambio sólo en 1990 empezó la preocupación respecto de las emisiones. Hubo presiones internacionales (acusaciones de dumping), interés por entrar al NAFTA.

EL PROBLEMA DEL ARSENICO EN CHILE

•Interés de las autoridades de salud (importantes impactos en salud, se concentra en aire ya que en agua ya se cumplen las normas).

•El Ministerio de Salud propuso en 1992 una norma de calidad de 0.05 μg/Nm3 como promedio anual para las concentraciones de arsénico.

•En aire existía poca información. Experiencia y normas se referían a casos laborales o en los que no existía el problema. Ambos son muy diferentes a la regulación de población no laboralmente expuesta.

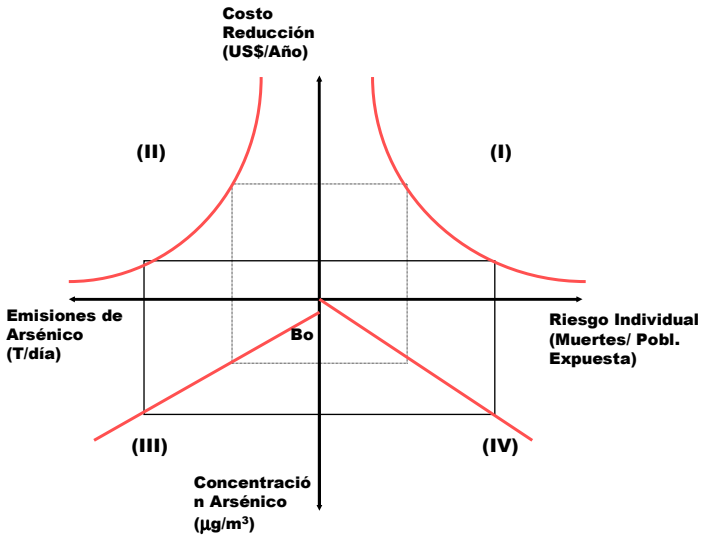
•Importancia del sector minero en Chile. Cualquier regulación afecta a la minería, sector de gran importancia económica para el país. Por ello la regulación debía ser cuidadosamente estudiada.

PREGUNTAS CENTRALES

¿Qué instrumento aplicar, norma de calidad – la cual de acuerdo a nuestra legislación debía ser uniforme para todo el país- o norma de emisión, que podía se diferenciada según el número de afectados y emisiones de cada fundición? ;

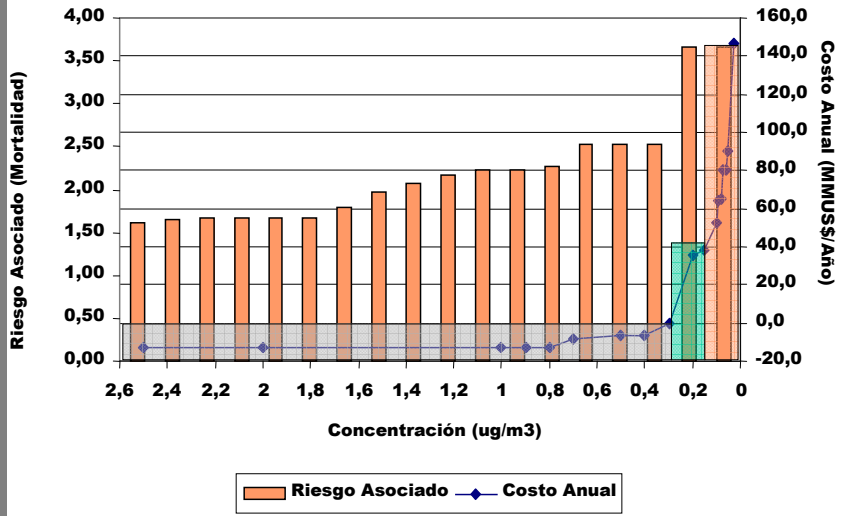
¿Qué valor de norma aplicar?

METODOLOGÍA ANÁLISIS RIESGO COSTO



Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad de Chile
2007

COSTOS DE REDUCCIÓN PARA DISTINTOS VALORES DE NORMA DE CALIDAD DE As



Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad de Chile
2007

IMPACTO EN FUNDICIONES DE DIFERENTES NIVELES DE NORMA DE CALIDAD PARA EL As

Fundición		Norma de Calidad ($\mu g/m^3$)					
		0.70	0.30	0.1	0.09	0.07	0.05
Fundición 1	C. Anual (MUS$)	0.4	6.9	37.4	44.2	44.2	44.2
	Emis (Ton/Día)	0.63	0.49	0.63	0	0	0
	Conc ($\mu g/m^3$)	0.35	0.29	0.10	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Fundición 2	C. Anual (MUS$)	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9	6.4	6.4
	Emis (Ton/Día)	0.18	0.18	0.18	0.18	0	0
	Conc ($\mu g/m^3$)	0.08	0.08	0.08	0.08	No Cumple	No Cumple
Fundición 3	C. Anual (MUS$)	0	0	1.3	2.6	2.6	3.3
	Emis (Ton/Día)	0.83	0.83	0.76	0.41	0.41	0.34
	Conc ($\mu g/m^3$)	0.11	0.11	0.1	0.06	0.06	0.05
Fundición 4	C. Anual (MUS$)	0	0	5.7	9.6	9.6	9.6
	Emis (Ton/Día)	0.12	0.12	0.03	0	0	0
	Conc ($\mu g/m^3$)	0.24	0.24	0.10	0.08	No Cumple	No Cumple
Fundición 5	C. Anual (MUS$)	0	0	0	0	1.2	3.6
	Emis (Ton/Día)	0.24	0.24	0.24	0.24	0.16	0.05
	Conc ($\mu g/m^3$)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.06	0.03
Fundición 6	C. Anual (MUS$)	0	0	1.5	1.5	1.5	7.9
	Emis (Ton/Día)	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03	0.02
	Conc ($\mu g/m^3$)	0.15	0.15	0.06	0.06	0.06	0.04
Fundición 7	C. Anual (MUS$)	0	1.9	15.3	15.3	15.3	15.3
	Emis (Ton/Día)	0.81	0.27	0	0	0	0
	Conc ($\mu g/m^3$)	0.55	0.27	0.08	0.08	No Cumple	No Cumple

Costos y Beneficios de Reducir el Arsénico en Aire y Agua

Water			Air		
As Concentration (mg/l)	Annual Cost (Thousand US$)	Statistical Deaths avoided (person per year)	As Concentration (mg/m3)	Annual Cost (Thousand US$)	Statistical Deaths avoided (person per year)
0,04	0	0	0,40	383	1.13
0,03	10	0,88	0,15	37	1.17
0,02	440	1,76	0,10	37.383	1.33
0,01	10.91	2,64	0,08	44.243	1.36

Conclusiones del Estudio

- Norma de emisión y no de calidad (flexibilidad).
- Importancia de estudios empíricos.
- Necesidad de modelos sofisticados y trabajo interdisciplinario.
- Desarrollo de una política sin necesidad de evaluar en términos monetarios los beneficios.
- La importancia de entender los intereses en juego.

CASO 3

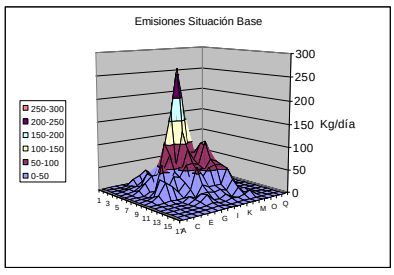
Beneficios Netos de Reducir la Contaminación en Santiago

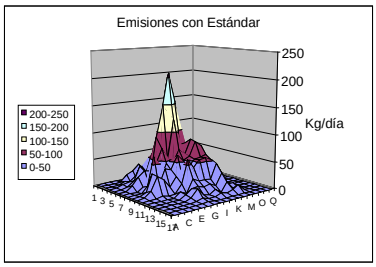
Antecedentes Principales

- **Desde 1994 la Ley de Bases del Medio Ambiente exige realizar análisis de costos y beneficios a los planes y normas ambientales**
- **Otras instituciones públicas han estado involucradas en este tipo de esfuerzos como el Ministerio de Minería y la SECTRA (modelo MODEC, Apheba, entre otros)**
- **Luego de la aplicación del Decreto 4, fuentes fijas reclaman haber realizado un esfuerzo significativo de descontaminación y que no les correspondería hacer más**
- **Como la meta propuesta para estas fuentes no se ha hecho en base a un análisis optimizante de costo-beneficio, cabe la duda de cómo se comparan los *beneficios netos* de aplicar cada tipo de instrumento**
- **Se comparan los costos de aplicar SPA, SPE y normas de emisión parejas (STD)**

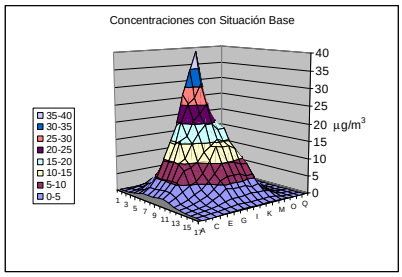
Método de Valoración

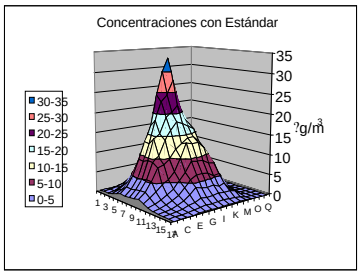
Para realizar la valoración de beneficios ambientales es necesario conocer las emisiones sin política y luego con política (en este caso SPA, SPE ó STD). Por ejemplo, se muestran las variaciones en emisiones para el caso del estándar (STD)



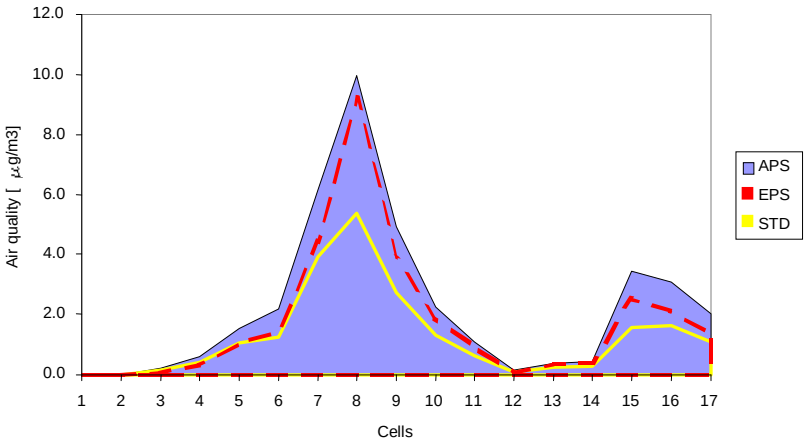


Las emisiones permiten estimar las concentraciones en cada una de las celdas de la grilla.





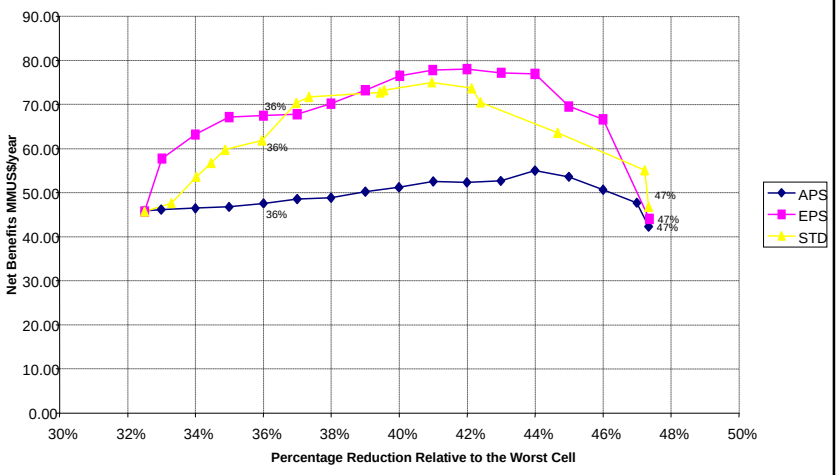
Calidad del aire logrados al aplicar instrumentos que reducen las concentraciones en 36% en la peor celda



Costos unitarios de efectos en salud

Efectos en salud considerados	Dólares de 1998
Mortalidad	700
Bronquitis crónica	140
Admisiones hospitalarias debido a enfermedades respiratorias	1.6
Admisiones hospitalarias debido a enfermedades cardiovasculares	3.5
Visitas a salas de emergencia debido a enfermedades respiratorias	80
Ataques de asma	170
Enfermedades respiratorias menores en niños	170
Síntomas respiratorios agudos	9
Días de actividad restringida	16

Beneficios Netos de Reducir Material Particulado en Santiago Considerando Diferentes Instrumentos de Regulación



Conclusiones del Estudio

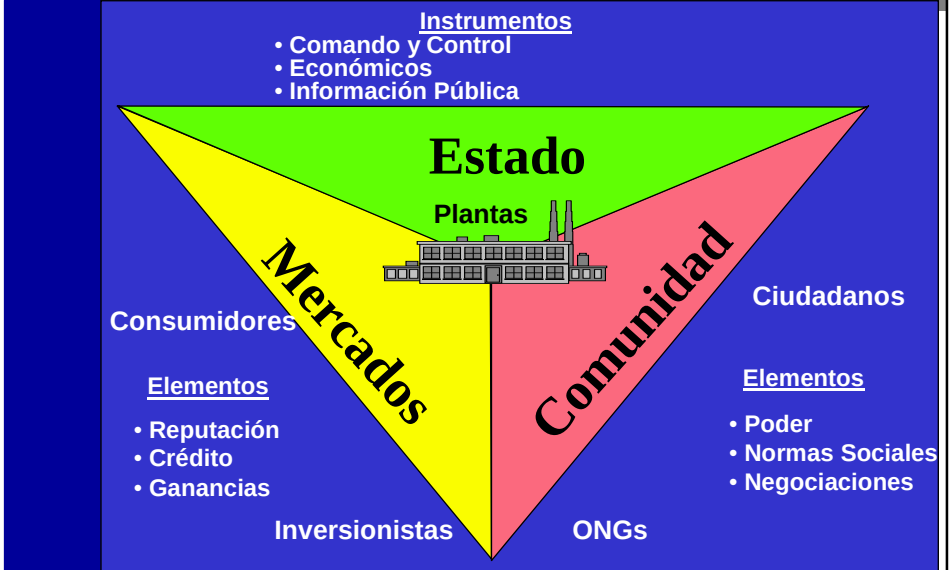
- La valoración entrega información respecto de la posibilidad de exigir mayores reducciones *sumando* los beneficios de diversos impactos en salud (a diferencia del caso 2).

- Se confirma que utilizar EPS es una buena opción.

- Para seguir avanzando en esta línea es crítico consensuar:
  - valores de dosis-respuesta
  - valor monetario de cada efecto (el "valor de la vida" por ejemplo).

INSTRUMENTOS DE REGULACIÓN AMBIENTAL: EL NUEVO MODELO Y CASOS PARA CHILE

EL NUEVO MODELO DE REGULACION



CASO 4

Estrategia para el Control de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono: no exactamente lo que ordenó el doctor

Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad de Chile
2007

Antecedentes Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono en Chile

- En Marzo de 1990 Chile ratificó el Protocolo de Montreal sobre sustancias que Agotan la Capa de Ozono (SAO)

- Chile es básicamente un país importador de SAO
  - CFC-11 38% del consumo PAO
  - CFC-12 32% del consumo PAO
  - Bromuro de metilo 22% del consumo PAO

- La importación de CFC está concentrada en pocas empresas importadoras

- Los usuarios finales de CFC se concentran en empresas grandes y medianas (55%) y el resto está atomizado en empresas pequeñas

Antecedentes Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono en Chile

Se pretende responder las siguientes preguntas:

- ¿qué atributos son relevantes para la autoridad ambiental al momento de seleccionar instrumentos que permitan cumplir las obligaciones contraídas en el Protocolo?

- ¿Cuales son los costos de cumplir con las reducciones comprometidas?

- ¿Hace una diferencia significativa el aplicar instrumentos flexibles?

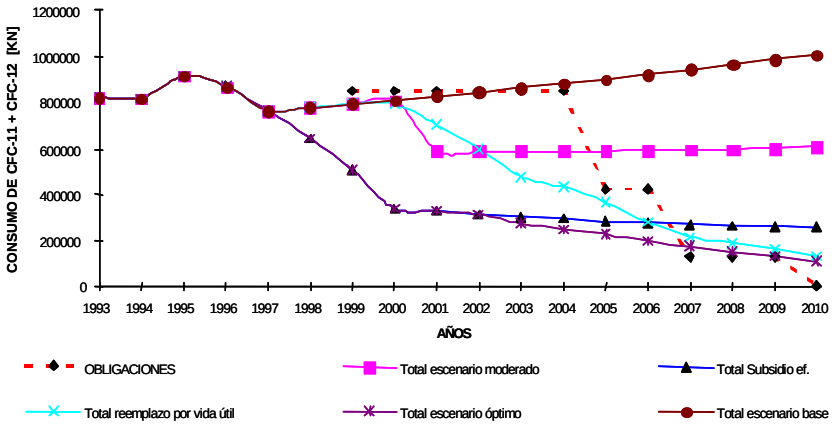
Uso de Instrumentos

- **Los economistas prefieren usar instrumentos flexibles porque ellos son costo-efectivos**

- **Los reguladores valoran atributos como:**
  - **Efectividad**
  - **Simplicidad administrativa, legal e institucional**
  - **Posibilidades de monitoreo y fiscalización.**

Veremos que en este caso la costo efectividad no es lo más relevante...

Comparación de Escenarios con Obligaciones



Evaluación Cualitativa de Instrumentos Regulatorios

Instrumento Regulatorio	Costo / Efectividad	Efectividad	Facilidad Legal	Facilidad Monitoreo y Fiscalización	Aceptabilidad	
					Para Usuarios	Para regulador
NORMA DE PRODUCTO	MEDIA. Es posible evaluar la costo-efectividad media de cada sector, pero no es posible incorporar variaciones de costos dentro de cada sector.	BAJA. No permite reducciones por debajo del 30% del consumo actual. Por lo tanto no permite cumplir metas intermedias.	ALTA. Solo requiere de un trámite administrativo.	BAJA. Es necesario fiscalizar los productos que pudieran contener sustancias controladas.	BAJA. Primeros productores afectados podrían considerarla discriminatoria.	MEDIA. A pesar de tener una alta facilidad legal, requiere manejo de gran cantidad de información técnica para hacerla costo-efectiva
PROHIBICIÓN DE IMPORTACION DE SUSTANCIAS	BAJA-MEDIA. Poco flexible; no permite discriminar entre distintos sectores productivos con distinta costo-efectividad.	MEDIA. Obliga a reducir en exceso o a no cumplir las metas.	ALTA. Solo requiere de un trámite administrativo.	ALTA. Solo requiere control de importaciones de sustancias controladas.	BAJA-MEDIA. Primeros usuarios afectados podrían considerarla discriminatoria.	ALTA. Sencilla de aplicar.

Evaluación Cualitativa de Instrumentos Regulatorios

Instrumento Regulatorio	Costo / Efectividad	Efectividad	Facilidad Legal	Facilidad Monitoreo y Fiscalización	Aceptabilidad	
					Para Usuarios	Para regulador
CUOTAS DE IMPORTACIÓN DE SUSTANCIAS	BAJA-MEDIA. Depende de la asignación inicial, la que difícilmente es costo-efectiva	ALTA. Se ajusta, por definición, a la meta establecida.	BAJA. Requiere ser aprobada en una ley.	ALTA. Solo requiere control de importaciones de sustancias controladas.	MEDIA. Depende del mecanismo de asignación inicial.	BAJA. Requiere una ley.
TARIFA A LA IMPORTACIÓN DE SUSTANCIAS	ALTA. Por definición es costo efectiva. Induce a los productores de menores costos a la reconversión	MEDIA. Alta incertidumbre en el efecto de las Tarifas sobre el consumo	BAJA. Requiere ser aprobada en una ley.	ALTA. Solo requiere control de importaciones de sustancias controladas.	MEDIA. Permite a los productores definir en que momento realizar la reconversión, pero obliga a pagar por cada unidad utilizada.	BAJA Requiere ley y es incierta.
PERMISOS DE IMPORTACIÓN TRANSABLE	ALTA. Alta flexibilidad. Permite transar los derechos asignados.	ALTA. Se ajusta, por definición, a la meta establecida	BAJA. Requiere ser aprobada en una ley.	MEDIA. Requiere control de importa-ciones de sustancias controladas, y adicionalmente el control de la transacción de permisos	ALTA. Permite a los productores definir en que momento realizar la reconversión y, si se regala inicialmente, no obliga a pagar por unidad utilizada.	BAJA. Requiere una ley y controles adicionales.

Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad de Chile
2007

Costos de las opciones regulatorias para cada escenario

	Escenario Pesimista	Escenario Moderado	Escenario Optimista
	VPN [US$ Millones]	VPN [US$ Millones]	VPN [US$ Millones]
Prohibiciones: 2005-2010	8,7**	3,6**	1,1*
Norma De Producto	11,4**	2,9**	0,8*
SPIT	14,4	5,4	1,1
Prohibiciones Adelantadas: 2005-2007	18,8	11,0	4,9

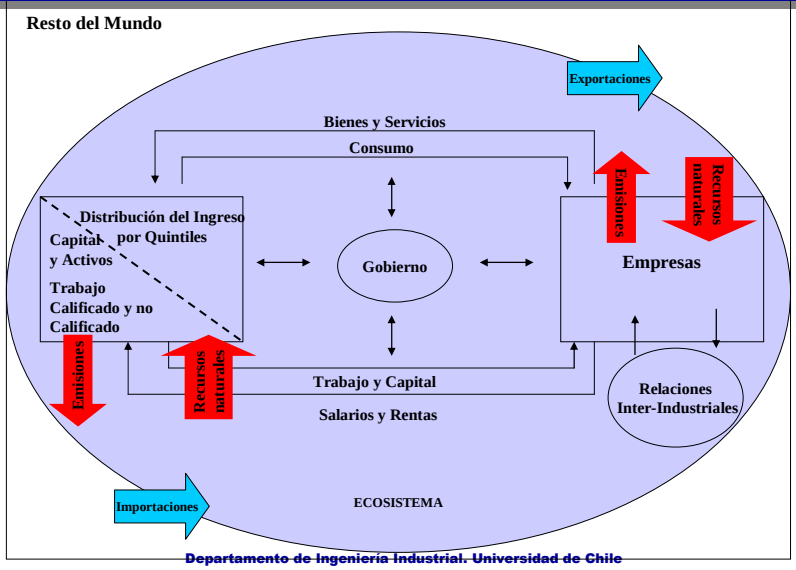
Conclusiones del Estudio

- **Los ahorros de costos de aplicar un SPIT no son muy significativos.**
- **Discusiones con las autoridades de CONAMA señalan que este gasto adicional es un "mal menor" si con ello se evita llevar la discusión de la estrategia al Congreso.**
- **La autoridad no estima importantes los usos potenciales que se pueden dejar de realizar por adelantar prohibiciones.**
- **Al sopesar tanto los antecedentes cuantitativos y cualitativos, *la autoridad se inclina por aplicar prohibiciones por sustancia, adelantando la de CFC12 al 2007*. No exactamente lo que ordenó "el doctor"**

EQUILIBRIO PARCIAL VS EQUILIBRIO GENERAL

El Modelo ECOGEM-Chile

CONCEPTUALIZACION MODELO ECOGEM: FLUJO CIRCULAR DE LA RENTA



CASO 5

Impuestos Ambientales

Impactos de Incluir Impuestos al PM10 y Derivados del Petróleo

	Impactos	Simulación de Impuestos	
		PM10	Derivados del Petróleo
Macro	PIB Real Demanda Final	-0.20%	-0.50%
	Consumo	-0.20%	-0.80%
	Inversión	-0.20%	0.40%
	Exportaciones	-1.50%	-2.00%
	Importaciones	-1.60%	-2.00%
Sectorial	Refinería Petróleo	-11.20%	-20.60%
	Petróleo y Gas Natural	-4.50%	-7.40%
	Otros Transportes	-3.40%	-3.00%
	Transporte Terrestre	-2.20%	-2.30%
	No Renovables	-0.70%	-0.50%
	Alimentos	0.60%	0.00%
	Textiles	1.60%	0.60%
	Construcción	-0.20%	0.30%
	Gas	2.30%	2.20%
	Electricidad	1.30%	1.00%
	Agua	3.30%	2.00%

Impactos de Incluir Impuestos al PM10 y Derivados del Petróleo

Impactos		Simulación de Impuestos	
		PM10	Derivados del Petróleo
Hogares	Ingreso Disponible Real Q1	0.20%	-0.50%
	Ingreso Disponible Real Q2	0.20%	-0.50%
	Ingreso Disponible Real Q3	0.10%	-0.60%
	Ingreso Disponible Real Q4	-0.10%	-0.80%
	Ingreso Disponible Real Q5	-0.50%	-1.00%
Emisiones	SO2	-11.10%	-10.90%
	NO2	-11.00%	-10.80%
	CO	-3.00%	-3.10%
	COV	-1.70%	-3.60%
	PM10	-10.00%	-9.70%

Conclusiones y futuros desarrollos de la línea

•El análisis de equilibrio general entrega información útil para el análisis de políticas en que hay múltiples sectores involucrados.

•Entre las falencias del modelo actual se cuenta su estaticidad, obviando las relaciones dinámicas de la economía, en especial la inversión.

• Se está trabajando actualmente en el desarrollo de un modelo dinámico que permita capturar dichas interrelaciones de mediano y largo plazo.

•También se está trabajando en la estimación de parámetros del modelo, en especial las elasticidades que este emplea.

•Adicionalmente se está trabajando en la incorporación de la calidad ambiental en la función de utilidad (preferencias de los consumidores por una mejor calidad ambiental)

CONCLUSIONES FINALES

- Es fundamental incorporar más evaluaciones empíricas que permitan asegurar que las políticas aplicadas sean relativamente eficientes y eficaces
- El diseño e implementación de los instrumentos debe mejorarse
- Hace falta mayor investigación en "hacer cumplir" (enforcement), la que está desarrollándose en forma muy incipiente
- Es necesario conocer los mercados con los que se está trabajando. No bastan las recetas simplistas de modelos de equilibrio parcial. Los economistas deben salir a terreno!
- Se requiere una mayor capacidad para trabajo interdisciplinario (economistas, ingenieros, abogados), mejor información, etc.
- Los APL han permitido poner bajo control a algunos sectores que con otro tipo de instrumentos serían ineficaces debido a las dificultades de monitoreo y fiscalización

CONCLUSIONES FINALES

- Por ahora la teoría económica ofrece pocas luces respecto de cuando conviene aplicar los APL, qué forma deben tomar y su comparación con la aplicación de instrumentos más tradicionales de regulación.
- Chile ha sido extremadamente descuidado en el tema de las exigencias ambientales internacionales a las que se están viendo sometidas las exportaciones.
- Entender la economía política detrás de ello es crítico para diseñar las instituciones, políticas e instrumentos que permitan defender nuestras exportaciones.
- El campo del manejo de recursos está prácticamente virgen (ejemplo cobre).
- En forma creciente veremos que la aplicación de buena economía a los problemas ambientales será una forma en que los académicos de Latinoamérica publiquen en los mejores Journals del área.