



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE DOCTOR EN ECONOMÍA

Metodología integral para la internalización de
efectos ambientales en las decisiones empresariales.

Gabriela Pesce

BAHIA BLANCA

ARGENTINA

2012

PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctor en Economía, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Economía durante el período comprendido entre el 16 de Septiembre de 2008 y el 29 de Mayo de 2012, bajo la dirección del Doctor Hernán Vigier del Departamento de Economía y la Magíster Regina Durán del Departamento de Ciencias de la Administración.

Lic. Gabriela Pesce



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el / / , mereciendo la calificación de(.....)

DEDICATORIA

A Lucas, por la compañía, la alegría, el amor y la paciencia.

A mi hermosa familia, por el apoyo incondicional y el cariño con el que condimentan mi vida.

A mis queridos amigos, ¡inyecciones de energía!

A quienes me incentivaron, acompañaron y ayudaron en estos primeros pasos de formación académica; especialmente a Regina y a Hernán.

AGRADECIMIENTOS

A mis directores, Dr. Hernán Vigier y Mg. Regina Durán, por la confianza que depositaron en mí y en este trabajo de investigación; por su aliento y por las oportunidades brindadas.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), por la financiación durante mi formación doctoral.

A la Universidad Nacional del Sur, por ser la casa de estudio que me formó y la que me permite desempeñarme como docente.

A mis compañeros de cátedra de Decisiones y Estrategias Financieras y Administración Rural LA, por su apoyo, confianza y aliento.

A los chicos del doctorado, por la compañía y la amistad.

Al Dr. Fernando Tohmé, por su admirable dedicación a la formación de sus alumnos de postgrado.

A todos los que aportaron sugerencias para mejorar este trabajo de investigación, en congresos, seminarios y charlas informales.

RESUMEN

La tesis presenta cuatro propuestas metodológicas desde el punto de vista microeconómico con objetivo de internalizar los efectos ambientales en los análisis económicos y financieros de las organizaciones.

En primer lugar, se estudia cómo valorar los efectos ambientales entendidos como cambios en la calidad ambiental producidos por la actividad económica y cómo realizar la elección del método de valoración más idóneo, con colaboración de una matriz denominada método-factor. Esta herramienta relaciona los modelos de valoración con los atributos o factores que caracterizan el problema ambiental del caso que se está evaluando.

En segunda instancia, se analiza cómo realizar coberturas de riesgos ambientales que afectan a la sociedad y a las firmas a través de instrumentos financieros como los seguros de caución y de responsabilidad civil. Para ello se elabora un modelo y extensiones que ilustran la problemática de asimetrías de información entre el ente potencialmente contaminante y la compañía aseguradora, y el desencuentro entre intereses privados y sociales. Luego se confrontan los resultados encontrados desde el punto de vista teórico con las características de la situación empírica en la Argentina, en la que legalmente se obliga a las personas que realicen actividades riesgosas para el ambiente a contratar un seguro de cobertura suficiente para la recomposición del daño. Las diferencias promueven discernir si los seguros de caución o los de responsabilidad civil son lo que proveen mejores incentivos para aumentar el esfuerzo para prevenir el daño ambiental, para lo cual se desarrolla un modelo mediante la teoría de juegos.

En tercer lugar, se analiza cómo cubrir riesgos ambientales privados a los que se exponen las organizaciones mediante opciones ambientales, un instrumento derivado inexistente en el mercado. Este es un tema innovador que surge de la adaptación de la teoría financiera a la economía ambiental y sirve para la cobertura de los riesgos microeconómicos de empresas potencialmente contaminantes. De este modo se analiza el funcionamiento, la valuación y las limitaciones del derivado cuyo subyacente es una variable ambiental que representa daños o beneficios en el ambiente. El instrumento diseñado se prueba mediante una simulación de Monte Carlo, que permite ilustrar esta reducción en la exposición al riesgo ambiental de las firmas, ante diferentes casos de volatilidad en el nivel de contaminación.

Por último, se considera la problemática de la valuación de empresas que pueden producir daños o beneficios ambientales y se proponen modificaciones en los análisis económicos y financieros tradicionales. El objetivo es estimar qué valor tiene la empresa en términos monetarios, considerando las contingencias ambientales que

puedan surgir, que producen un aumento del riesgo de la firma, un deterioro de los recursos productivos y/o un detrimento de la imagen corporativa.

En conjunto los cuatro abordajes microeconómicos permiten diseñar una metodología para valorar e internalizar los costos ambientales en los análisis económicos y financieros de las organizaciones. De este modo, se favorece la toma de decisiones alineadas con el concepto de sustentabilidad y se promueven políticas que induzcan mediante los incentivos adecuados, a cambios en las conductas de los agentes económicos.

ABSTRACT

The thesis presents four methodological proposals from the microeconomic perspective in order to internalize the environmental effects in the economic and financial analysis of the organizations.

Firstly, we study how to assess the environmental effects understood as changes in environmental quality caused by economic activity and how to make the choice of the most appropriate valuation method, in collaboration with a matrix called factor-method. This tool lists the valuation models with the attributes or factors that characterize the environmental problem of the case being evaluated.

Secondly, we analyze how to hedge environmental risks that affect society and firms through financial instruments such as security insurance and liability insurance. A model and extensions are developed to illustrate the problem of asymmetric information between the potentially polluting entity and the insurance company, and the clash between private and social interests. The results from the theoretical approach and the characteristics of the empirical situation in Argentina are compared. The regulation in that country legally forces the firms engaged in risky activities for the environment to obtain insurance with sufficient coverage for the reconstruction of the damage. Differences promote discern whether the security insurance or liability insurance provides better incentives to increase the effort to prevent environmental damage. Because of that, a model is developed using game theory.

Thirdly, we analyze how to cover environmental risks of private organizations through environmental options, a derivative which does not exist in the market. This is an innovative theme that emerges from the adaptation of financial theory to environmental economics and serves to cover the microeconomic risks of potentially polluting companies. Thus we analyze the performance, valuation and limitations of this derivative whose underlying is an environmental variable representing harm or benefit for the environment. The instrument designed is tested by a Monte Carlo simulation, which illustrates that the firms experience a reduction in exposure to environmental risks, with different cases of volatility in the level of contamination.

Finally, we consider the problem of company valuation with potential environmental costs or benefits. Changes to the traditional economic and financial analysis are proposed to internalize those risks. The objective is to estimate the value of the company in economic terms, considering the environmental contingencies that may arise, resulting in an increase of the risk of the firm, a deterioration of productive resources and/or a detriment of corporate image.

Together the four microeconomic approaches enable to design a methodology to value and internalize environmental costs into economic and financial analysis of the

firms. Thus, it promotes a decision making process in line with the concept of sustainability and policies that induce through appropriate incentives, changes in the behavior of economic agents.

VIII

Certifico que fueron incluidos los cambios y correcciones sugeridas por los jurados.

Firma del Director

Dr. Hernán P. Vigier

Firma de la Co-Directora

Mg. Regina Durán

ÍNDICE**Capítulo I:**

Caracterización del problema de investigación	1
I.1. Contextualización de la investigación y estado del arte	1
I.1.1. Relación actividad económica-medio ambiente-economía	1
I.1.2. Caracterización de los recursos naturales desde el punto de vista económico	3
I.1.3. Definiciones relevantes para la investigación	4
I.1.3.1. Sustentabilidad	5
I.1.3.2. Daño ambiental	6
I.1.3.3. Costo ambiental	7
I.1.3.4. Externalidad	8
I.1.3.5. Riesgo ambiental	9
I.2. Problema de investigación	10
I.2.1. Objetivos de la tesis	10
I.2.2. Preguntas de investigación	11
I.2.3. Abordajes microeconómicos para internalizar la problemática ambiental	12

Capítulo II:

Valuación ambiental y matriz método-factor	16
II.1. Objetivos del capítulo II	17
II.2. Antecedentes sobre el valor de un recurso ambiental	17
II.2.1. ¿Por qué valorar los recursos ambientales?	17
II.2.2. El debate entre la economía ambiental y la economía ecológica	18
II.2.3. Composición del valor de un recurso ambiental	20
II.3. Metodologías de valuación	21
II.3.1. Métodos basados en la función de producción	23

II.3.1.1. Método de la productividad marginal	23
II.3.1.2. Métodos de mercados de bienes sustitutos	24
II.3.1.2.1. Costos de reposición o restauración	25
II.3.1.2.2. Gastos defensivos o costos evitados	25
II.3.1.2.3. Costos de control	25
II.3.1.3. Corolario de la relación opuesta	25
II.3.2. Métodos basados en la función de demanda	26
II.3.2.1. Métodos indirectos o de preferencias reveladas o de mercado de bienes complementarios	26
II.3.2.1.1. Precios hedónicos	26
II.3.2.1.2. Costo del viaje	28
II.3.2.2. Métodos directos o de preferencias declaradas	29
II.3.2.2.1. Método de valoración contingente	29
II.3.2.2.2. Análisis conjunto y experimentos de elección	31
II.3.2.2.3. Subastas experimentales	32
II.4. Atributos del daño ambiental	33
II.5. Matriz método-factor	35
II.6. Consideraciones	40
Capítulo III:	
Cobertura de riesgos ambientales. Parte I: Seguros ambientales	42
III.1. Objetivos del capítulo III	43
III.2. Motivaciones y antecedentes	46
III.2.1. Economía de la información y seguros	46
III.2.2. Seguros ambientales	47
III.2.3. Teoría de juegos en el ámbito ambiental	48
III.3. Modelo teórico de seguros ambientales	49
III.3.1. Objeto del seguro, tipos de seguros y partes intervinientes	49
III.3.2. Descripción teórica del modelo con un principal y un agente	51
III.3.2.1. Prima del seguro	51

III.3.2.2. Esfuerzos, estados de la naturaleza y probabilidades de ocurrencia	53
III.3.2.3. Función de beneficios esperados incrementales de la entidad aseguradora	54
III.3.2.4. Función de utilidad esperada del ente potencialmente contaminante	55
III.3.2.5. El problema a resolver	56
III.3.2.6. Resultados y proposiciones	57
III.3.3. Extensiones al modelo básico	61
III.3.3.1. Modelo con dos principales y un agente	62
III.3.3.2. Modelo con daño compartido	65
III.4. Análisis empírico de los seguros ambientales en la Argentina	69
III.4.1. Metodología y fuentes de información	69
III.4.2. Normativa vigente en la Argentina	69
III.4.3. Entidades oferentes del seguro de caución por daño ambiental	75
III.4.4. Potenciales causas del insuficiente desarrollo del mercado de seguros ambientales en el país	76
III.5. Comparación del modelo teórico y la evidencia empírica en torno a los seguros ambientales	80
III.6. Tipos de seguros ambientales: análisis mediante teoría de juegos	85
III.6.1. El juego de seguros ambientales	85
III.6.1.1. Interrogante en torno al tipo de regulación de los seguros ambientales	85
III.6.1.2. Descripción del juego	86
III.6.2. Funciones de pago	89
III.6.2.1. El valor de la naturaleza para el gobierno	89
III.6.2.2. Función de beneficio para la compañía aseguradora	90
III.6.2.3. Función de pago para el ente potencialmente contaminante	91
III.6.3. Matriz de pagos esperados	93
III.6.4. Solución del juego	94
III.6.4.1. Perfil de estrategias por inducción hacia atrás	94
III.6.4.1.1. Estrategia elegida por el ente potencialmente contaminante	94

III.6.4.1.2. Estrategia elegida por la compañía aseguradora	96
III.6.4.1.3. Estrategia elegida por el gobierno	96
III.6.4.2. Solución integral del juego	97
III.6.4.3. Resultados derivados de alteraciones en el juego	98
III.6.5. Discusión de resultados	99
III.7. Apéndice del capítulo III	101
Capítulo IV:	
Cobertura de riesgos ambientales. Parte II: Opciones ambientales	104
IV.1. Objetivos del capítulo IV	105
IV.2. Motivaciones y antecedentes: derivados no tradicionales	106
IV.3. Modelo teórico de cobertura de riesgos microeconómicos mediante opciones ambientales	110
IV.3.1. Descripción del valor de una empresa que produce daño ambiental	110
IV.3.2. Descripción de las opciones ambientales (OA)	112
IV.3.2.1. Funciones y mecanismos de operación de las OA	112
IV.3.2.1.1. Descripción del nivel de ejercicio de la opción ambiental	112
IV.3.2.1.2. Descripción del subyacente y determinación del ejercicio de la opción	114
IV.3.2.1.3. Pago de la opción en ejercicio y fondo mutuo	116
IV.3.2.1.4. Ajuste en la cantidad de contratos para mejorar la cobertura	117
IV.3.2.2. Valor de las opciones ambientales	118
IV.3.2.2.1. Factores que influyen en el valor	118
IV.3.2.2.2. Proceso de valoración	120
IV.3.2.3. Limitaciones de las opciones ambientales	122
IV.3.3. Efectos de la cobertura ambiental en el valor de la empresa	124
IV.4. Simulación del modelo de cobertura con opciones ambientales	125
IV.4.1. Especificaciones del modelo de simulación	125
IV.4.2. Resultados e interpretaciones	130

XIII

IV.4.2.1. Caso 1: equivolatilidad en la distribución de probabilidad de la contaminación de las empresas	130
IV.4.2.2. Caso 2: empresa con distribución de probabilidad de la contaminación más volátil	130
IV.4.2.3. Caso 3: empresa con distribución de probabilidad de la contaminación menos volátil	131
IV.4.2.4. Comparación entre casos con diferentes volatilidades	131
IV.4.2.5. Interpretaciones generales de los resultados simulados	132
IV.5. Consideraciones	133
IV.6. Apéndice del capítulo IV	134

Capítulo V:

Valuación de empresas que pueden producir daños o beneficios ambientales ..	141
V.1. Objetivos del capítulo V	141
V.2. Antecedentes	142
V.2.1. Relación entre el valor de la empresa y variables ambientales	142
V.2.2. Revisión de las metodologías de valoración de empresas	145
V.2.2.1. Métodos contables o estáticos	146
V.2.2.2. Métodos por múltiplos o de valuación relativa	147
V.2.2.3. Métodos de descuento de flujos de fondos	149
V.2.2.4. Métodos mixtos o compuestos	151
V.2.2.5. Métodos de derechos contingentes	152
V.3. Metodología de valuación de empresas que generan efectos ambientales	152
V.3.1. Ajustes en los métodos contables	154
V.3.2. Ajustes en los métodos por múltiplos	157
V.3.3. Ajustes en los métodos por descuento de flujos de fondos	159
V.3.4. Ajustes en los métodos mixtos	163
V.3.5. Valuación de opciones reales sobre estrategias ambientales	163
V.4. Definición de estrategias que impactan en el desempeño ambiental	164
V.5. Consideraciones	165

Capítulo VI:

Conclusiones	166
VI.1. Consideraciones finales	166
VI.1.1. Resultados encontrados	166
VI.1.2. Limitaciones de la investigación	173
VI.2. Futuras líneas de investigación	173
VI.3. Necesidad de políticas públicas	174
Referencias bibliográficas	176

Capítulo I

CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Temas abordados en este capítulo

I.1. Contextualización de la investigación y estado del arte

I.1.1. Relación actividad económica-medio ambiente-economía

I.1.2. Caracterización de los recursos naturales desde el punto de vista económico

I.1.3. Definiciones relevantes para la investigación

I.1.3.1. Sustentabilidad

I.1.3.2. Daño ambiental

I.1.3.3. Costo ambiental

I.1.3.4. Externalidad

I.1.3.5. Riesgo ambiental

I.2. Problema de investigación

I.2.1. Objetivos de la tesis

I.2.2. Preguntas de investigación

I.2.3. Abordajes microeconómicos para internalizar la problemática ambiental

I.1. Contextualización de la investigación y estado del arte

I.1.1. Relación actividad económica-medio ambiente-economía

En las últimas dos décadas se ha puesto en evidencia una creciente preocupación de la sociedad por impulsar el desarrollo económico, manteniendo simultáneamente un equilibrio respetuoso con el medio ambiente. Se ha propagado el concepto de desarrollo sustentable, entendido en sus tres dimensiones: económica, ecológica y socio-político-cultural. Sin embargo, el mundo entero está sufriendo consecuencias debido al calentamiento global, la contaminación, la pérdida de biodiversidad y la degradación de los recursos naturales (RR.NN.).

Las organizaciones no están ajenas a ésta problemática. Tal como lo plantea la teoría sistémica, son parte integrante de un sistema mayor, la sociedad, y están en

interrelación constante con sus miembros. Por lo tanto, es de vital importancia que las mismas tomen un rol activo en pos de crear un comportamiento con fines de largo plazo y favorecer el desarrollo sustentable. Este desempeño ambientalmente amigable no se debe buscar solo mediante el altruismo de los empresarios, que es una vía económicamente inefectiva. Para incentivar esta conducta, se necesita de políticas públicas, las que acompañadas de una batería de herramientas microeconómicas, permitan incorporar el factor ambiental en el proceso decisorio.

Ciertamente, el crecimiento económico y algunas actividades productivas son generadoras de las principales consecuencias negativas que repercuten sobre el medio ambiente y los recursos naturales (Tabla 1).

Tabla 1: Causas y consecuencias de la degradación de la calidad ambiental

Causas	Consecuencias
Uso intensivo y no sustentable de los RR.NN.	Agotamiento del recurso tierra
Deforestación	Efecto invernadero o calentamiento global
Uso de combustibles fósiles	Polución del agua, el aire y el suelo
Emisiones radiactivas derivadas de la energía nuclear	Reducción de la biodiversidad de la flora y de la fauna
Actividad geotérmica	Disminución de la cantidad de agua
Uso indiscriminado de agroquímicos, aerosoles y otros contaminantes	Problemas de salud de la población
Gases de escape de vehículos, fábricas, residuos, procesos industriales, etc.	Otros
Actividad minera	
Contaminantes naturales	
Otros	

Fuente: Elaboración propia con base en Canter (1999).

Sin embargo, también la ciencia económica, aunque indudablemente no de forma exclusiva, genera y permite diseñar potenciales soluciones para paliar o reducir el impacto negativo de las actividades productivas sobre los recursos naturales.

La economía neoclásica o tradicional ha propuesto soluciones para internalizar estos efectos ambientales negativos que se constituyen como fallas de mercado dentro de la teoría económica, mediante instrumentos regulatorios y fiscales (Pigou, 1932; Coase, 1968; Baumol, 1972). Algunos mecanismos para solucionar el problema de las externalidades ambientales son las regulaciones monetarias tales como impuestos pigouvianos o subsidios, los modelos de negociación en base a derechos de propiedad transables a partir del Teorema de Coase o regulaciones directas. Este tipo de soluciones son efectivas en un entorno de identificación y reversibilidad del daño, así como de factibilidad para establecer controles de contaminación y producción.

La economía ambiental, una rama de la economía que estudia el medio ambiente, propone métodos para valorar cambios en la calidad ambiental y en función de esa información, tomar decisiones acerca de la asignación y uso de los RR.NN. Los principales aportes en este campo son propios de Clawson (1959), Davis (1963), Griliches (1971), Freeman (1979), Ellis & Fisher (1987), Mitchell & Carson (1989), Pearce & Turner (1990), Azqueta Oyarzun (1994), entre otros. En particular, los métodos de valoración ambiental se desarrollan en el capítulo II.

La internalización de costos ambientales significa que los costos de prevención y restauración de la contaminación ambiental deben ser pagados directamente por las partes responsables de la ocurrencia del daño, en lugar de ser financiadas por la sociedad en general (Commission of the European Communities, 2000). Esta es una de las maneras de administrar los daños ambientales que causan las actividades económicas, pero para su implementación se requiere de un gran cúmulo de información ambiental.

Al respecto existe una organización, Global Reporting Initiative, cuya misión es mejorar la calidad, el rigor y la utilidad de los reportes de sustentabilidad para que alcancen un nivel equivalente al de los reportes financieros. La propuesta se basa fundamentalmente en la implementación del balance triple (*triple bottom line*), económico, social y medioambiental, para lo cual se publicó una guía para la elaboración del informe de sostenibilidad (Global Reporting Initiative, 2000).

Otras soluciones microeconómicas serán abordadas en esta investigación, algunas a partir de la adaptación de teorías tradicionales a la economía ambiental y otras propuestas innovadoras desde el punto de vista académico.

I.1.2. Caracterización de los recursos naturales desde el punto de vista económico

Las características de consumo conjunto y su dificultad de exclusión en el manejo de los recursos naturales provocan la existencia de fallas de la economía en este mercado. Según diversos autores, los bienes y servicios ambientales pueden ser caracterizados como bienes públicos, recursos comunes o externalidades (Ilustración 1).

En particular cuando se describe a los recursos naturales como bienes públicos, se fundamenta debido a que su consumo está caracterizado por el principio de no exclusión y de no rivalidad. El principio de no exclusión significa que el consumo de una unidad del bien por un agente no imposibilita su consumo por otro; y el principio de no rivalidad implica que todos pueden obtener beneficios simultáneos de ese bien público (Mas-Colell, Whinston & Green, 1995). Algunos ejemplos de recursos naturales caracterizados como bienes públicos podrían ser el aire o el paisaje natural.

Cuando se considera que los recursos naturales son recursos comunes es porque los mismos no gozan de un derecho de propiedad privada pero a diferencia de los bienes

públicos, los recursos comunes enfrentan problemas de congestión o exceso de uso porque son extraíbles (Ostrom, 1990). Esto genera que en algunos casos sean sobreexplotados, debido a que el costo marginal de la extracción del recurso es cercano a cero para un agente privado. A su vez, los recursos comunes pueden ser locales o globales de acuerdo a la extensión geográfica de su potencial disfrute o utilización. Algunos ejemplos de recursos naturales caracterizados como comunes son los recursos ictícolas o los cursos de agua dulce.

Por último, cuando los recursos naturales o sus servicios ambientales se caracterizan como externalidades se debe a que los impactos en el medio ambiente directamente generados por acciones de algún agente en la economía producen cambios en el bienestar de otro agente o en las posibilidades de producción de una empresa. Este tipo de impactos que causan la variación en el bienestar a terceros producto de transformaciones sobre el medio ambiente se denominan externalidades ambientales, ya sean positivas o negativas. Un ejemplo de externalidad ambiental negativa es el efecto de una papelera sobre la actividad de los pescadores, en donde el recurso natural interviniente es el agua. La floricultura desarrollada en espacios de tránsito para otros individuos puede ser un ejemplo de una externalidad ambiental positiva.

Ilustración 1: Los recursos naturales como fallas de mercado



Fuente: Elaboración propia con base en revisión de literatura.

I.1.3. Definiciones relevantes para la investigación

Se presentan algunas definiciones de conceptos relevantes para el desarrollo de la investigación. Se seleccionan cinco términos que se utilizan en la tesis transversalmente: desarrollo sustentable o sustentabilidad, daño ambiental, costo ambiental, externalidad y riesgo ambiental.

I.1.3.1. Sustentabilidad

De acuerdo con la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, el desarrollo sustentable es aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para resolver también las propias. De esta manera, pone énfasis en la equidad intra e intergeneracional. Se trata de un concepto complejo por su multidimensionalidad, ya que se apoya en tres pilares: económico, ecológico y socio-político-cultural.

El pilar económico de la sustentabilidad se refiere al crecimiento económico de la empresa, sin descuidar la preservación del capital humano, social y natural utilizado para la producción de bienes. El requerimiento para satisfacer el pilar económico implica que la actividad genere una rentabilidad igual o superior al costo requerido del capital invertido.

La sustentabilidad desde el punto de vista ecológico o ambiental implica proteger el medio ambiente y sus elementos constitutivos, reduciendo la contaminación, el consumo excesivo de RR.NN. y conservando el hábitat natural. Asimismo se procura no saturar la capacidad de asimilación de residuos y preservar la calidad ambiental para las generaciones siguientes.

Desde el punto de vista de la perspectiva social, política y cultural se intenta mejorar la calidad de vida de los *stakeholders* de las organizaciones, tanto en los aspectos que tienen relación con la satisfacción de las necesidades básicas como con el progreso humano en general, abordado este no sólo en el ámbito de los trabajadores relacionados con la operación empresarial, sino de forma exógena, con las comunidades de relación más directa o receptoras de un mayor impacto social.

Las perspectivas o pilares de la sustentabilidad son interdependientes, con lo cual la afección sobre uno de ellos puede representar una restricción para el desarrollo de los otros. Por lo tanto, para que exista un desarrollo sustentable deben definirse estrategias que conduzcan a lograr un equilibrio entre los aspectos ambientales, económicos y sociales.

Los conceptos de eficiencia y equidad intergeneracional (Page, 1997) también son elementos fundamentales cuando se define el término sustentabilidad. La eficiencia se refiere a la asignación de recursos entre un conjunto de individuos, en la cual no pueden realizarse reasignaciones de recursos sin empeorar el bienestar de algún individuo. Esa situación óptima de asignación se denomina Pareto eficiente. El principio de equidad intergeneracional indica que las generaciones venideras tienen derecho a recibir un estado de la naturaleza que desde la estabilidad ambiental les brinde las mismas oportunidades de desarrollo que tuvieron las generaciones pasadas.

Dado que los bienes comunes están disponibles libremente, los individuos pueden acceder y disfrutar de ellos. Sin embargo, este acceso está restringido

intergeneracionalmente, con lo cual cada generación es una dictadura sucesiva de la presente (Page, 1997). Como en cualquier otro tipo de externalidad, en las intergeneracionales sucede que sus causantes, no tienen incentivos para comportarse de acuerdo con lo que es mejor para el conjunto, incluyendo las generaciones futuras. Con lo cual la búsqueda de la sustentabilidad tiene que procurar un equilibrio entre los miembros de las generaciones actuales (intrageneracional) y las venideras (intergeneracional).

I.1.3.2. Daño ambiental

Según la Ley General del Ambiente N° 25675/2002, en su artículo 27, se define el daño ambiental como toda alteración relevante que modifique negativamente el ambiente, sus recursos, el equilibrio de los ecosistemas, o los bienes o valores colectivos. Mediante esta definición resulta lógico inferir que el concepto de daño ambiental implica un riesgo inaceptable para la salud humana y la destrucción de un recurso natural o el deterioro del mismo que limite su capacidad de auto-regeneración.

Otra definición alternativa para daño ambiental propuesta por la corriente del derecho lo caracteriza como aquel que afecta al ambiente o alguno de sus elementos constitutivos negativamente, incluyendo los daños sufridos por el hombre en su persona o su patrimonio a través del detrimento de la calidad de algún elemento del ambiente.

Según la legislación en otros países latinoamericanos, daño ambiental es toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes.

A los fines de la investigación, se adopta una definición propia de daño ambiental que permite conceptualizar los factores que caracterizan cada caso. Para ello se define el daño ambiental como toda alteración negativa reversible o irreversible en la calidad ambiental, sea perceptible o no, generada y/o sufrida por uno o varios sujetos o agentes en sus actividades de producción o consumo.

A modo ilustrativo, se enumeran algunos de los daños ambientales más graves de la historia a nivel mundial:

- En Chernobyl (Ucrania), en el año 1986, la explosión de un reactor de energía nuclear.
- En Bhopal (India), en el año 1984, la emisión a la atmósfera de isocianato de metilo por parte de la planta de Union Carbide.
- En Kuwait, en el año 1991, numerosos incendios petroleros causados por las fuerzas militares iraquíes tras prender fuego a 700 pozos petrolíferos.
- En Love Canal (Estados Unidos), en el año 1977, la filtración de productos químicos tóxicos en los sótanos de los hogares producto del entierro de

desechos perjudiciales en la década de 1940 y 1950 por parte de una empresa local.

- En Alaska, en el año 1989, el vertido al mar de 38.800 toneladas de petróleo por parte del buque Exxon Valdez.
- En Tokaimura (Japón), en el año 1999, el accidente en una planta nuclear por una sobrecarga de uranio.
- En el Mar de Aral (Asia Central, entre Uzbekistán y Kazajistán), en la década del 1960, la reducción drástica de la superficie con agua del mar por desviación de los cursos de ríos que concluyen a él.
- En Séveso (Italia), en el año 1976, la explosión en una planta química del norte del país que emanó dioxinas a la atmósfera.
- En Minamata (Japón), en el año 1956, se produce un brote de enfermedades neurológicas graves y permanentes por la contaminación del mar con mercurio por parte de la petroquímica Chisso.
- En Three Mile Island (Estados Unidos), en el año 1979, un accidente nuclear a causa de una fusión parcial del núcleo del reactor.
- En Basilea (Suiza), en el año 1986, los vertidos de extinción detonan un proceso de contaminación severa del río Rhin, entre otros.

I.1.3.3. Costo ambiental

El costo ambiental en su sentido estricto es la expresión en términos económicos del deterioro de la calidad ambiental.

En términos amplios, puede incluir otros conceptos como los costos derivados de la prevención del daño ambiental, los costos de gestión del riesgo ambiental, los costos para mejorar la imagen corporativa o los costos de resarcimiento producto del daño ambiental.

Dentro de los costos de prevención del daño ambiental se pueden encontrar conceptos tales como los costos provenientes de un plan de gestión medioambiental, estudios de impacto ambiental, análisis de laboratorios, investigaciones, costos de la adecuación tecnológica a los requerimientos medioambientales como regalías o cánones por el uso de determinadas maquinarias, técnicas o *know-how*, amortización de activos ambientales, costos de la gestión de residuos, de emisiones y de efluentes, costos de auditorías medioambientales, etc.

Los costos de gestión del riesgo ambiental comprenden los costos de los planes internos y externos de emergencia, la formación del personal, las primas de seguro ambiental, la evaluación de riesgos, los costos derivados de la obtención de información medioambiental, entre otros.

Entre los costos para mejorar la imagen corporativa relativa al vínculo de la empresa con el medio ambiente se encuentran, por ejemplo, los costos por la implementación de publicidad ecológica y/o de marketing medioambiental.

Por último, los costos de resarcimiento producto del daño ambiental incluyen los costos de restauración o reposición para alcanzar el nivel de calidad ambiental previo a que se produzca su daño o detrimento, los costos derivados de compensaciones, indemnizaciones o juicios por haber causado algún tipo de daño ambiental y contra terceros.

En el desarrollo de esta investigación se refiere al costo ambiental como aquel concepto en término estricto, es decir como la expresión en términos económicos del deterioro de la calidad ambiental, a excepción que explícitamente se aclare lo contrario.

I.1.3.4. Externalidad

En relación al concepto de externalidad es fundamental distinguirlo del concepto de costo ambiental. Surge así una cuestión que cabe preguntarse, ¿todos los costos ambientales son externalidades? Indiscutiblemente, cuando hay externalidades, los costos ambientales no son considerados en las cuentas de la empresa y de los consumidores, por lo tanto los precios no reflejan esas influencias de un agente económico sobre otro. En pos de desarrollar esta discusión, se presenta a continuación, una revisión del concepto de externalidad.

Las externalidades fueron estudiadas por diversos autores desde hace ya varias décadas, entre los que se destacan Marshall (1890), Pigou (1932), Coase (1968) y Baumol (1972), entre otros. Las mismas son fallas de mercado que están presentes cuando el bienestar de un consumidor, o las posibilidades de producción de una empresa, están directamente afectados por acciones de otro agente en la economía sin asumir costos. Se excluyen entonces efectos que estén contemplados en los precios, ya que de este modo, deja de existir la falla de mercado.

Otra definición generalmente aceptada de externalidad desde el ámbito de la economía se expresa en los siguientes términos: “una externalidad es la influencia de una actividad de consumo o productiva sobre el resto de las actividades de consumo o productivas” (Pearce y Turner, 1995).

Atendiendo a las definiciones anteriores, se encuentra que las externalidades se generan, sólo si el agente económico que la sufre no es compensado por el que las genera. Cuando este hecho se produce, las externalidades desaparecen, lo que en términos económicos se traduce por la internalización de las mismas. Obviamente, este hecho no lleva aparejada su eliminación en el plano material.

Dada la revisión presentada del concepto, se encuentra que existe un elemento clave en la definición de una externalidad: se trata de una falla de mercado, por lo que el

efecto (la externalidad) no se encuentra reflejado en el sistema de precios de una economía. Entonces, los costos ambientales son externalidades, siempre y cuando el deterioro ambiental no se refleje en los precios de los bienes.

Consecuentemente cabe preguntarse hasta qué punto el mercado incorpora naturalmente el daño ambiental en los precios. Varios factores influyen en esta manifestación de la información en los precios, y por lo tanto, en el valor de la empresa. Las imperfecciones del mercado, la racionalidad limitada de los agentes, la percepción del daño y del riesgo ambiental, la no completitud de la información y las asimetrías de la misma¹ van en detrimento de la internalización de la externalidad mediante el mercado.

Por otro lado, muchos efectos ambientales producen consecuencias sobre el mismo agente generador del daño. Por ejemplo, una empresa que al producir genere efectos ambientales que disminuyan la capacidad productiva futura. Así se presenta una internalización forzosa del daño ambiental, a través del detrimento de los recursos productivos, y por ende del patrimonio de la empresa, en tanto el daño sea percibido y reconocido.

I.1.3.5. Riesgo ambiental

El riesgo ambiental es la desviación de la calidad ambiental respecto a su nivel deseado o esperado. Es la potencial ocurrencia de un efecto ambiental, positivo o negativo, principalmente a causa de las actividades de producción y/o de consumo. A pesar que puede incluir modificaciones positivas en el medio ambiente, las más trascendentales para su estudio son las ocurrencias potenciales negativas por la relevancia que poseen para la sociedad, dado que cuando se materializan producen daños ambientales.

Otras definiciones abordan el concepto de riesgo ambiental como la posibilidad de que se produzca un daño o catástrofe en el medio ambiente debido a un fenómeno natural o a una acción humana. De este modo, los riesgos ambientales pueden clasificarse como riesgos naturales, que son aquellos producidos por fenómenos naturales como erupciones volcánicas o terremotos; y riesgos antropogénicos, debidos a las acciones humanas, aunque las circunstancias naturales pueden condicionar su gravedad.

Dos parámetros son fundamentales en la determinación de los riesgos ambientales: la probabilidad de ocurrencia del fenómeno que afecta directa o indirectamente el medio ambiente; y las consecuencias del daño ambiental.

¹ No todos los agentes conocen la misma información respecto a los posibles efectos ambientales de una determinada decisión, por lo tanto, no todos descuentan igual esta información en el valor de los activos.

I.2. Problema de investigación

I.2.1. Objetivos de la tesis

El objetivo de la tesis es internalizar los efectos ambientales en las decisiones empresariales. Para ello, se busca proponer instrumentos económico-financieros que provean de incentivos adecuados para gestionar las organizaciones en pos de un desarrollo sustentable.

Para que la condición de desarrollo sustentable no dependa exclusivamente de la voluntad de los empresarios, el Estado como planificador central debe proveer de regulaciones que generen incentivos para tomar decisiones y conductas tendientes a proteger el medio ambiente. Asimismo, la ciencia tiene la responsabilidad de analizar y diseñar herramientas que permitan la internalización de efectos ambientales desde el punto de vista microeconómico. Para ello es necesario establecer, mediante algunas proposiciones, qué interrelaciones existen entre una firma potencialmente contaminante y su entorno ambiental.

La primera proposición es que una firma potencialmente contaminante puede modificar (reducir o incrementar) la calidad ambiental de su entorno, mediante actos voluntarios o involuntarios. Ese cambio se puede cuantificar monetariamente mediante métodos de valoración propuestos por la economía ambiental.

La segunda proposición determina que un contrato de seguro ambiental, regulado bajo determinadas condiciones, puede generar incentivos para que los agentes potencialmente contaminantes realicen un esfuerzo alto en pos de reducir la probabilidad de ocurrencia de un daño ambiental. Paralelamente, este tipo de seguros permite diseñar una cobertura de los riesgos ambientales percibidos por la sociedad.

La tercera proposición establece que puede existir algún instrumento financiero que permita cubrir los riesgos ambientales microeconómicos, referidos a la pérdida de valor de las empresas potencialmente contaminantes ante eventos ambientales negativos. Dicho instrumento tiene sus orígenes en el campo de las finanzas corporativas.

Por último, la cuarta proposición establece que el valor de una empresa potencialmente contaminante se reduce ante la potencial ocurrencia de daños ambientales, lo que establece la necesidad de determinar métodos de valoración para firmas expuestas a este tipo de riesgos.

A partir de las proposiciones anteriores, se establecen los siguientes objetivos secundarios para el presente trabajo de investigación:

- Determinar qué características o atributos de cada caso en particular son determinantes desde el punto de vista teórico en la elección de la metodología de valoración ambiental más adecuada para su utilización. Para esto se diseña la denominada matriz método-factor.

- Diseñar un contrato de seguros ambientales que determine, entre otras variables, el monto asegurable y la prima, de modo tal que se provean incentivos adecuados a los agente para realizar un esfuerzo alto por prevenir el daño ambiental.
- Distinguir los incentivos económicos del seguro de caución ambiental tal como está regulado en la Argentina.
- Determinar si el seguro de caución ambiental o el de responsabilidad civil provee mejores incentivos en pos de aumentar el esfuerzo por parte del ente potencialmente contaminante para reducir la probabilidad de ocurrencia de daños ambientales.
- Diseñar un instrumento financiero que permita la cobertura de riesgos ambientales para la empresa potencialmente contaminante, adaptando la teoría financiera a la escuela de la economía ambiental. La herramienta a diseñar es una opción ambiental.
- Estudiar y proponer alternativas de ajustes sobre los métodos tradicionales de valuación de empresas en pos de lograr determinar el valor de aquellas firmas que pueden producir daños o beneficios ambientales.

I.2.2. Preguntas de investigación

Fundamentalmente, se abordan cuatro preguntas de investigación, cada una de las cuales se emprende en los siguientes capítulos:

P₁: ¿Cómo valorar cambios en la calidad ambiental y qué métodos utilizar en cada caso?

P₂: ¿Qué características deben tener los contratos de seguros para realizar una cobertura de riesgos ambientales y cuál tipo de regulación provee de mejores incentivos para prevenir el daño ambiental?

P₃: ¿Pueden ser las opciones un instrumento financiero adecuado para la cobertura de los riesgos ambientales a los que se expone una firma? ¿Bajo qué condiciones?

P₄: ¿Cómo valorar una empresa que puede producir daños o beneficios ambientales? ¿Mediante qué vías se internalizan los riesgos ambientales en el valor de la firma y qué métodos pueden utilizarse para estimar el valor?

Para abordar la primera pregunta, se debe analizar qué ventajas y limitaciones presentan los métodos de valoración de la calidad ambiental existentes y qué factores determinan el uso de una u otra metodología.

La segunda pregunta referida a la cobertura de riesgos ambientales se aborda en varias secciones. En la primera parte se desarrolla un modelo teórico de seguros ambientales y se analiza cómo debe ser dicho contrato para arrojar los mayores incentivos para el cuidado del medio ambiente. Luego se analiza la situación de los

seguros ambientales en la Argentina desde un punto de vista empírico, detallándose cómo se regulan y cuál es su grado de desarrollo actual. A posteriori se compara el modelo de seguro teórico versus la situación empírica, encontrándose algunas similitudes y varias diferencias. A partir de allí, se intenta responder si desde el punto de vista de los incentivos, son mejores los seguros de caución o de responsabilidad civil mediante un ejercicio de teoría de juegos.

Para responder la tercera pregunta se diseña cómo es el funcionamiento de las opciones ambientales, adaptando la teoría financiera al problema de economía ambiental. Luego se realiza una simulación de Monte Carlo para verificar la idoneidad de este instrumento financiero para la cobertura de riesgos ambientales que reducen el valor de la empresa.

La cuarta pregunta es abordada mediante un análisis de los métodos de valoración de empresas y un ajuste de los mismos en pos de incorporar, mediante diferentes canales, el riesgo ambiental de una firma potencialmente contaminante.

I.2.3. Abordajes microeconómicos para internalizar la problemática ambiental

La tesis presenta principalmente cuatro propuestas metodológicas desde el punto de vista microeconómico para internalizar los efectos ambientales en los análisis económicos y financieros de las organizaciones. Cada uno de dichos abordajes se asocia a una de las preguntas de investigación.

En primer lugar, se estudia cómo valorar los efectos ambientales entendidos como cambios en la calidad ambiental producidos por la actividad económica y cómo realizar la elección del método de valoración más idóneo, con colaboración de una matriz denominada método-factor. En segundo lugar, se analiza cómo realizar coberturas de riesgos ambientales que afectan a la sociedad y a las firmas a través de instrumentos financieros como los seguros de caución y de responsabilidad civil. En tercer lugar, se analiza cómo cubrir riesgos ambientales privados a los que se exponen las organizaciones mediante opciones ambientales, un derivado financiero inexistente en el mercado. Por último, se considera la problemática de la valuación de empresas que pueden producir daños o beneficios ambientales y se proponen modificaciones en los análisis económicos y financieros tradicionales.

El principal objetivo de la valoración económica de los RR.NN. es estimar costos y beneficios ambientales en términos monetarios, una unidad homogénea que permite su comparación. Esta no es una tarea sencilla, ya que existen varios métodos de valoración, de entre los cuales se deben seleccionar los más adecuados de acuerdo al caso; o para ser más rigurosos, los menos inadecuados dadas sus limitaciones. Existen estudios que describen un conjunto de modelos de valoración ambiental (Dixon & Hufschmidt, 1986; Azqueta Oyarzun, 1994; Abad, 1996; May & Seroa da Motta, 1994;

Seroa da Motta, 1998; Barzev, 2002; May, Lustosa & da Vinha, 2003; Lomas *et al.*, 2005; Vásquez Lavín, Cerda Urrutia & Orrego Suaza, 2007; Cristeche & Penna, 2008; y otros), entre los que se destacan metodologías basadas en la función de producción, como la valoración a través de la productividad marginal, los costos de reposición, los costos de control y los gastos defensivos; y metodologías fundamentadas sobre la función de demanda, de forma indirecta a través de preferencias reveladas como en el caso de los precios hedónicos o el costo del viaje; y de modo directo mediante preferencias declaradas, como la valuación contingente, los experimentos de elección, las subastas experimentales, entre otras. Una revisión crítica de estas metodologías se aborda en el capítulo II del presente trabajo de investigación.

Para la orientación en el dilema de la elección de la metodología de valoración, se propone una herramienta denominada matriz método-factor, en la que los modelos de valoración se relacionan con los atributos o factores que caracterizan el problema ambiental del caso que se está evaluando. Un efecto ambiental es caracterizado, no taxativamente, por atributos o factores como la tangibilidad del bien afectado, la existencia de regulación estatal, la apropiabilidad del daño para determinar si el efecto ambiental es una externalidad, la individualización o identificación de los sujetos productores y receptores del daño y su atomización, el grado de reversibilidad del daño, la afección sobre la función de producción o de demanda, el efecto ocultamiento del daño, el nivel de cultura ambiental y la postura de la sociedad ante el medio ambiente, entre otros. Así, el problema se simplifica a la caracterización del efecto ambiental a valorar, siendo la elección de la metodología una consecuencia de lo anterior.

Las empresas potencialmente contaminantes y los individuos de la sociedad representados mediante el Estado, están sujetas a riesgos ambientales, que pueden ser cubiertos mediante instrumentos financieros como seguros u opciones. En pos de abordar la problemática de la cobertura de riesgos ambientales, dos elementos de los tratados anteriormente resultan fundamentales. En primer lugar, cómo valorar el potencial daño ambiental. En segundo lugar es necesario determinar riesgos sobre qué tipo de daños son asegurable; y en esta cuestión los factores ayudan a tipificar la naturaleza de la condición de asegurabilidad.

Un modo de internalizar los costos ambientales puede ser promovida mediante contratos de seguros. En relación a este tema, en la Argentina, la Ley General del Ambiente N° 25675/2002 obliga a las personas que realicen actividades riesgosas para el ambiente, los ecosistemas y sus elementos constitutivos a contratar un seguro de cobertura suficiente para la recomposición del daño. Esta temática ha generado el desarrollo de trabajos respecto a la fuerza de disuasión, la posibilidad de asegurar y la compensación en torno a la responsabilidad ambiental (Faure, 2003; Tolosa, 2005). En este punto, se presenta un análisis de los seguros ambientales, confrontando un modelo creado desde el punto de vista teórico y la situación empírica en la Argentina. Las

diferencias promueven discernir si los seguros de caución o los de responsabilidad civil son lo que proveen mejores incentivos para aumentar el esfuerzo para prevenir el daño ambiental. Un análisis profundo de estas coberturas, incluyendo el diseño de los incentivos que deben proveer dichos instrumentos, se desarrolla en el capítulo III.

En el capítulo IV se aborda un tema innovador como alternativa de cobertura de riesgos ambientales. Se trata de un instrumento financiero diseñado a partir de la adaptación de la teoría financiera a la economía ambiental, denominado opción ambiental, que sirve para la cobertura de los riesgos microeconómicos de empresas potencialmente contaminantes. De este modo se analiza el funcionamiento, la valuación y las limitaciones del derivado ambiental, un instrumento financiero cuyo subyacente es una variable ambiental que representa daños o beneficios en el ambiente. El instrumento diseñado se prueba mediante una simulación de Monte Carlo, que permite ilustrar esta reducción en la exposición al riesgo ambiental de las firmas, ante diferentes casos de volatilidad en el nivel de contaminación.

Nuevamente la tipificación de daños ambientales y los métodos de valuación ambiental resultan necesarios para determinar bajo qué casos es posible cubrir riesgos ambientales mediante opciones y cómo valorar este tipo de instrumentos.

En el capítulo V se estudia cómo valorar firmas potencialmente contaminantes o descontaminantes. La generación de costos ambientales disminuye el valor de las firmas a través de varias vías, como por ejemplo la reducción del patrimonio neto por deterioro de los recursos productivos de la empresa, la pérdida de valor de mercado por detrimento de su imagen corporativa, el incremento del riesgo del negocio, entre otros.

La utilidad de este capítulo es estudiar cómo incorporar el riesgo ambiental dentro del proceso de valuación de empresas. El interés de la valuación con la internalización de efectos ambientales puede generarse al momento de tomar decisiones de inversión para un agente externo a la firma, para evaluar fusiones o adquisiciones entre empresas, para analizar el otorgamiento de financiamiento o subsidios estatales, para gestionar el riesgo diversificable, etc. El objetivo es evaluar qué valor tiene la empresa en términos monetarios, considerando las contingencias ambientales que puedan surgir. Un modo de definir el conjunto de firmas sujetas a este tipo de ajuste en su valor sería mediante el nivel de complejidad ambiental determinado según lo establece la regulación de la Ley General del Ambiente, tomando dicho índice como una variable proxy de su riesgo ambiental.

Para la estimación del valor de la empresa sujeta a riesgos ambientales es necesario estimar el valor esperado del daño, para lo cual nuevamente se recurre a las herramientas desarrolladas en el capítulo II. Por otro lado, si la empresa tiene posiciones sobre instrumentos de cobertura de riesgos ambientales, que es la temática abordada en los capítulos III y IV, el efecto negativo sobre su valor es atenuado. Inversamente, el valor de la empresa determina a qué coberturas puede acceder de acuerdo a sus

características económico-financieras, como la solvencia, la situación patrimonial, el tamaño, etc. Ninguno de estos atributos es tenido en cuenta por las regulaciones del seguro ambiental en la Argentina, que determinan que el seguro de caución es obligatorio solamente de acuerdo al nivel de complejidad ambiental de la empresa.

En conjunto los cuatro abordajes microeconómicos permiten diseñar una metodología para valorar e internalizar los costos ambientales en los análisis económicos y financieros de las organizaciones, reformulando las herramientas tradicionales. De este modo, se favorece la toma de decisiones alineadas con el concepto de sustentabilidad y se promueven políticas que induzcan mediante los incentivos adecuados, a cambios en las conductas de los agentes económicos.

Capítulo II

VALORACIÓN AMBIENTAL Y MATRIZ MÉTODO-FACTOR

Temas abordados en este capítulo

II.1. Objetivos del capítulo II

II.2. Antecedentes sobre el valor de un recurso ambiental

II.2.1. ¿Por qué valorar los recursos ambientales?

II.2.2. El debate entre la economía ambiental y la economía ecológica

II.2.3. Composición del valor de un recurso ambiental

II.3. Metodologías de valuación

II.3.1. Métodos basados en la función de producción

II.3.1.1. Método de la productividad marginal

II.3.1.2. Métodos de mercados de bienes sustitutos

II.3.1.2.1. Costos de reposición o restauración

II.3.1.2.2. Gastos defensivos o costos evitados

II.3.1.2.3. Costos de control

II.3.1.3. Corolario de la relación opuesta

II.3.2. Métodos basados en la función de demanda

II.3.2.1. Métodos indirectos o de preferencias reveladas o de mercado de bienes complementarios

II.3.2.1.1. Precios hedónicos

II.3.2.1.2. Costo del viaje

II.3.2.2. Métodos directos o de preferencias declaradas

II.3.2.2.1. Método de valoración contingente

II.3.2.2.2. Análisis conjunto y experimentos de elección

II.3.2.2.3. Subastas experimentales

II.4. Atributos del daño ambiental

II.5. Matriz método-factor

II.6. Consideraciones

II.1. Objetivos del capítulo II

El capítulo tiene por objetivo presentar una revisión crítica de los métodos de valuación ambiental y diseñar una herramienta que oriente al evaluador de un daño en la elección de qué métodos son los más idóneos según el caso que se intenta analizar, de acuerdo a sus características.

Para ello, en primer lugar se exponen algunos conceptos fundamentales, entre los que se incluye la composición del valor de un recurso ambiental, desagregándolo en conductores de valor por el uso (directo, indirecto y de opción) y el valor de no-uso (pasivo o de existencia).

Luego, se discuten los sustentos teóricos de diversas metodologías de valuación ambiental basadas en la función de producción, como la valoración a través de la productividad marginal, los costos de reposición, los costos de control y los gastos defensivos. También se revisan metodologías fundamentadas sobre la función de demanda, de forma indirecta a través de preferencias reveladas, como en el caso de los precios hedónicos o el costo del viaje; y de modo directo mediante preferencias declaradas, como la valuación contingente, los experimentos de elección y las subastas experimentales.

Asimismo, a partir de la definición de daño ambiental, se determina un conjunto de factores que caracterizan parcialmente cada problemática ambiental y que deben ser tenidos en cuenta antes de la selección de la metodología de valoración a utilizar. Entre estos atributos se encuentran la tangibilidad del bien afectado, la existencia de regulación estatal, la apropiabilidad del daño, el grado de reversibilidad, entre otros.

Las metodologías de valoración se relacionan con los atributos o características del problema ambiental, conformando una matriz denominada método-factor, que provee orientación para la elección del método más adecuado.

La valoración de recursos ambientales e internalización en los análisis económicos y financieros permite obtener información útil no sólo para el sector privado en sí mismo, sino también para orientar políticas públicas que incentiven a los agentes a tomar decisiones en pos de un bienestar inter-generacional.

II.2. Antecedentes sobre el valor de un recurso ambiental

II.2.1. ¿Por qué valorar los recursos ambientales?

Los ecosistemas naturales proporcionan flujos de bienes y servicios tanto directos como indirectos a los agentes económicos y a la sociedad en general. El hecho es que el mecanismo de mercado funciona como si el medio ambiente y los recursos naturales carecieran de valor, y además son de acceso abierto, por lo que su operación es imperfecta. La depredación que se produce por la falta de instrumentos para limitar el

uso de recursos de este tipo se conoce como la *Tragedia de los Recursos Comunes* (Hardin, 1968). Por ejemplo, bienes ambientales como el aire o el agua intervienen en procesos de producción de bienes privados habitualmente con un costo marginal nulo dado que no tienen un precio en el mercado. Para soslayar esta dificultad, debe considerarse que tomar decisiones tanto públicas como privadas que influyen sobre los RR.NN. requiere de conocimiento acerca del valor (o rango de valores) de los mismos y de sus efectos². De este modo, se logra que esas decisiones tengan base en información relevante, no excluyente, pero al menos más completa.

El principal objetivo de la valuación económica del uso de los RR.NN. es estimar costos y beneficios ambientales en términos monetarios, una unidad homogénea que permite su comparación. Esta no es una tarea sencilla por las dificultades e incertidumbres asociadas a las problemáticas ambientales, adicionado al hecho de que existen varios métodos de valoración, entre los cuales se deben seleccionar los más adecuados de acuerdo al caso; o para ser más rigurosos, los menos inadecuados dadas sus limitaciones.

II.2.2. El debate entre la economía ambiental y la economía ecológica

El conocimiento del valor se puede enfocar desde diversas escuelas, entre las que se destacan la economía ambiental (*environmental economics*) y la economía ecológica (*ecological economics*). Según Page (1991), resulta fascinante como dos campos conceptualmente complementarios se han asociado con preceptos tan opuestos sobre la interrelación del hombre con el medio ambiente. La primera escuela se basa en instrumentales económicos como el mercado para el cálculo del valor ambiental, mientras que la segunda critica el concepto de valuación económica fundamentándose principalmente en modelos de las ciencias biológicas, como los propuestos por la ecología.

La economía ambiental es una disciplina que establece bases teóricas a partir del cuerpo de conocimiento económico en pos de optimizar el uso y conservación del medio ambiente y de los RR.NN. en el marco de instrumentos de mercado. Para ello, estima mediante medidas monetarias, los cambios en la calidad ambiental y utiliza este criterio para la toma de decisiones.

Algunos de los métodos que propone la economía ambiental se basan en la variación de la productividad marginal, los costos de restauración, los precios hedónicos, el costo del viaje, la valuación contingente, las subastas experimentales, entre otros. Los mismos son desarrollados en la sección II.3 de este capítulo, y cuentan con utilidad práctica en la actualidad. Sin embargo, son criticados por su imprecisión, su

² Obsérvese que se habla de *valor* y no de *precio*.

carencia de sustento de la teoría ecológica y por el uso de unidades monetarias para su conmensurabilidad.

Algunos de los principales autores y trabajos dentro de este campo del conocimiento son Freeman (1979, 1993), Dixon & Hufschmidt (1986), Cummings, Brookshire & Schulze (1986), Smith, Desvousges & Fisher (1986); Ellis & Fisher (1987), Baumol & Oates (1988), Mitchell & Carson (1989), Pearce & Turner (1990), Kahneman & Knetsch (1992), Field (1994), Azqueta Oyarzun (1994), Finus (2000), Figge (2005). En la región latinoamericana se destacan Seroa da Motta (1998), Vásquez Lavín, Cerda Urrutia & Orrego Suaza (2007) y Conte Grand & D'Elia (2012).

Por su lado, la economía ecológica es un campo interdisciplinario que intenta abordar la problemática ambiental a través del estudio de la interacción entre la sociedad y la naturaleza. La economía ecológica adopta la teoría de sistemas para la comprensión de los fenómenos ecológicos y los integra a los estudios de los límites físicos y biológicos debidos al crecimiento económico (Pegue, 2009). Esta disciplina utiliza indicadores para la evaluación de bienes y servicios ambientales, tales como la huella ecológica, el agua virtual, el retorno de la energía sobre la inversión (EROI), la apropiación humana de la producción primaria neta de la fotosíntesis (HANPP), las emisiones de gases de efecto invernadero, etc.

Uno de los principales métodos de los que se vale la economía ecológica es el análisis multicriterial (Prato, 1999; Falconí & Burbano, 2004). El mismo se presenta como un instrumento para resolver problemas dependientes de objetivos diversos de naturaleza multidimensional. Se evalúan diferentes alternativas a través de una batería de criterios, y no sólo un valor monetario único, poniendo de manifiesto los conflictos o *trade-off* existentes. También se emplean dentro de esta disciplina el análisis del ciclo de vida, el balance de masas, los métodos energéticos como el de energía incorporada, el análisis exergético y emergético, entre otros. Los mismos reciben críticas por la débil definición de las metodologías, la excesiva utilización de la teoría ecológica y el alejamiento de los problemas cotidianos de gestión.

Los exponentes más renombrados de esta disciplina son Georgescu-Roegen, (1971), Passet (1979), Costanza (1991), Daly (1980), Daly & Cobb (1993), Daly & Farley (2004), Martínez Alier (1995), Odum (1996), Prato (1999), Batabyal (2000), Holling (2001), Brown & Ulgiati (2002), Álvarez, Lomas, Martín, Rodríguez & Montes (2006), Díez & Etxano (2008), Muradian, Corbera, Pascual, Kosoy & May (2010); y a nivel nacional, Pengue (2009).

Ma & Stern (2006) realizan una comparación entre la producción académica de ambas escuelas y encuentran que, a pesar de existir un solapamiento entre los temas y las referencias de las publicaciones provenientes de las mencionadas corrientes, los artículos sobre economía ambiental citan principalmente aportes económicos, mientras que los de la economía ecológica reseñan fuentes interdisciplinarias, como trabajos

derivados de las ciencias naturales y las ciencias ambientales. En relación a los temas tratados por las disciplinas, el más citado en los artículos de economía ambiental es la valuación de no mercado, seguido por otros tópicos como política ambiental, crecimiento económico, gestión del medio ambiente y de los recursos naturales. Contrariamente, las publicaciones en el campo de la economía ecológica no tratan la cuestión de la valuación económica y abordan con más énfasis temas como la contabilidad medioambiental, la sustentabilidad y la curva ambiental de Kuznets.

II.2.3. Composición del valor de un recurso ambiental

El valor económico de un recurso ambiental (*VERA*) o valor económico total puede ser desagregado en su valor de uso y su valor de no uso (Randall, 1987; Pearce & Turner, 1990). Cada uno de ellos puede ser descompuesto en sus conductores de valor (Ilustración 2):

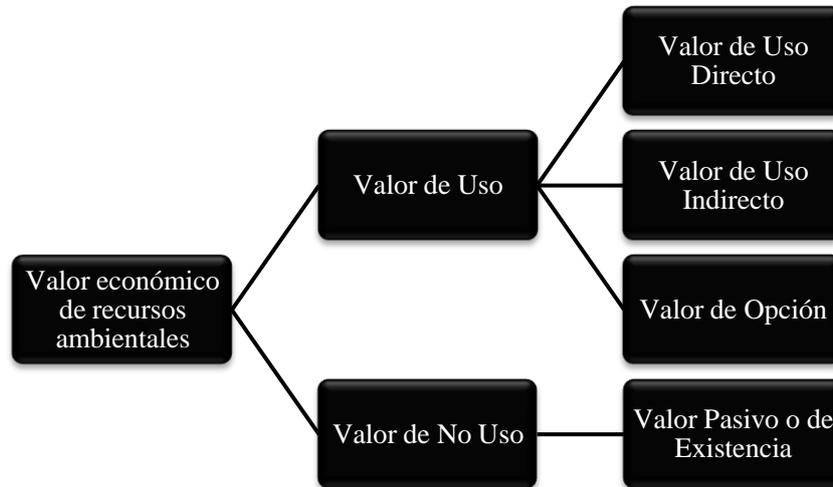
Valor de uso (*VU*): En la literatura, este valor suele estar conformado por tres conceptos; el valor de uso directo, el valor de uso indirecto y el valor de opción.

- Valor de uso directo (*VUD*): Se produce por la utilización de un recurso ambiental por parte de un individuo, a través de su extracción, recreación o cualquier otra actividad de producción o consumo.
- Valor de uso indirecto (*VUI*): Se presenta cuando el beneficio actual del recurso se deriva de las funciones ecosistémicas, apropiados o consumidos indirectamente hoy.
- Valor de opción (*VO*): Son los bienes y servicios ambientales de usos directos e indirectos que serán apropiados o consumidos en el futuro. Algunos autores consideran el valor de opción como un componente del valor de no uso, por tratarse de un aprovechamiento futuro.

Valor de no uso (*VNU*): Se compone por lo que se conoce como valor de existencia o valor pasivo (Krutilla, 1967).

- Valor pasivo o de existencia (*VE*): Refleja cuestiones morales, culturales, éticas o altruísticas en relación a los derechos de existencia de especies no humanas o de preservación de riquezas naturales, aunque estas no representen un uso actual o futuro para un individuo.

Ilustración 2: Composición del valor económico de un RR.NN.



Fuente: Elaboración propia con base en revisión de literatura.

La composición de este valor se puede expresar analíticamente del siguiente modo: $VERA = VU + VNU$, con $VU = VUD + VUI + VO$. Por lo tanto, el valor se compone por los conductores presentados en la Ecuación 1.

$$VERA = VUD + VUI + VO + VE$$

Ecuación 1

En principio, considérese que los métodos de valuación³ no son capaces de captar todos estos componentes del valor de un recurso ambiental. Por lo tanto, deben sumarse los resultados arrojados por distintas metodologías para obtener el *VERA*. Sin embargo, debe ponerse especial atención para evitar inconsistencias o dobles cómputos: entre estos conductores de valor no hay solapamientos, pero los valores que arrojan cada una de las metodologías pueden contemplar varios conductores. Si más de una de ellas capta el mismo conductor, no deben adicionarse para evitar solapamientos. Asimismo, si se suponen situaciones contrapuestas para aplicar los métodos, tampoco es correcto sumar los resultados obtenidos.

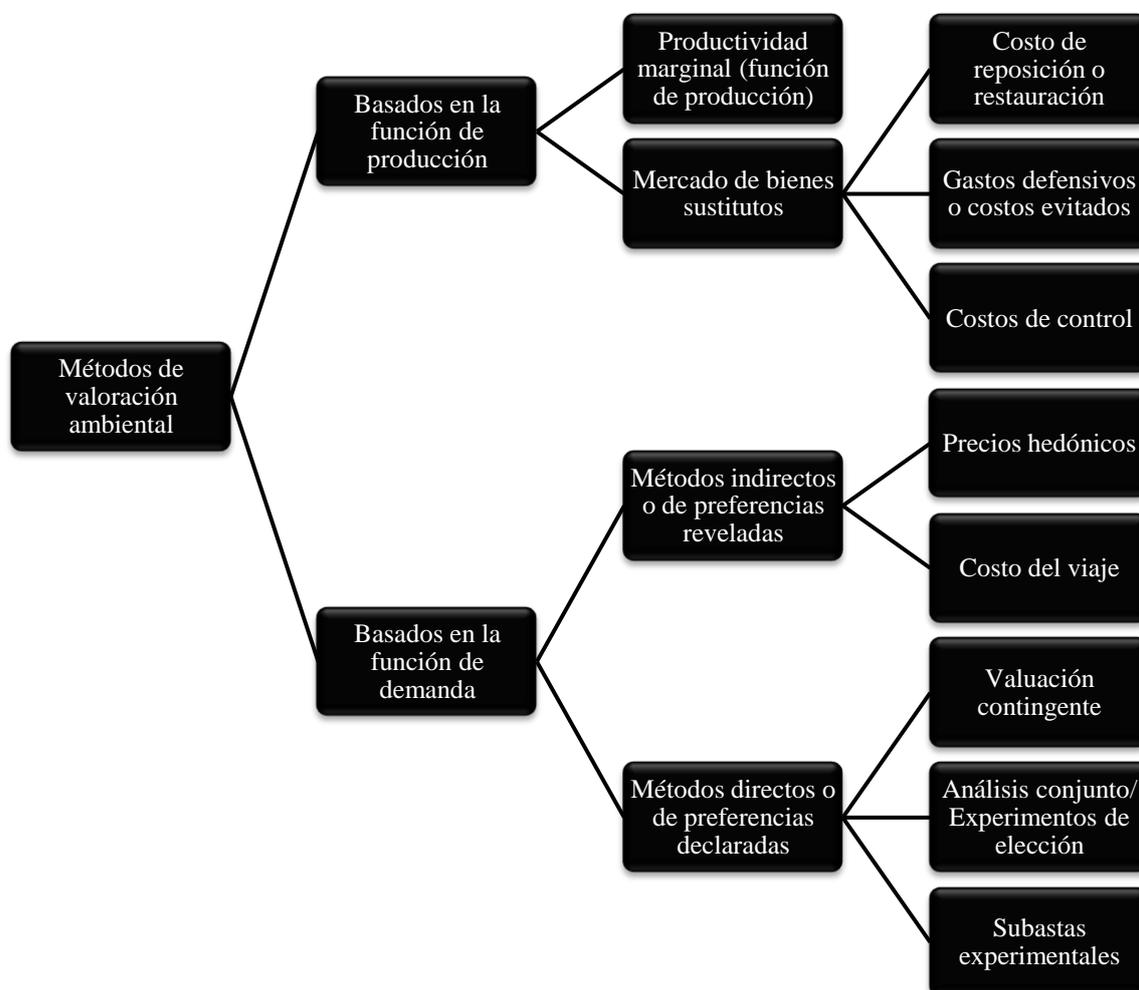
II.3. Metodologías de valuación

Existen diversas metodologías de valoración, cuya validez no puede ir más allá de la que les otorga la aceptación de las mismas. Estos métodos pueden aplicarse cuando existen varios estados de la naturaleza o grados de calidad ambiental entre los cuales se puede elegir, cuando las leyes de la entropía y la termodinámica aún no limitan el crecimiento, es decir, no suponen una restricción insalvable (Azqueta Oyarzun, 1994, p. 22).

³ En este trabajo se usa indistintamente el término “valoración” que “valuación”.

En la Ilustración 3 puede observarse una clasificación de los métodos de valoración más mencionados en la literatura relativa a la economía ambiental. Resumidamente, los métodos basados en la función de producción estiman los costos ambientales mediante cambios en las funciones de producción o de costos de una empresa, mientras que los que se sustentan en la función de demanda, estiman la pérdida de calidad ambiental mediante las funciones de utilidad de los individuos. Dentro de esta última familia de métodos, los indirectos son los que buscan la revelación de las preferencias a través de una conducta observada en el mercado, mientras que los directos procuran una declaración de las preferencias por parte de los individuos, pudiendo trabajar sobre mercados hipotéticos o experimentales. Una discusión de la consistencia de los métodos directos versus los indirectos puede encontrarse en Smith, Desvousges & Fisher (1986).

Ilustración 3: Métodos de valoración ambiental



Fuente: Elaboración propia con base en revisión de literatura.

A continuación se describe cada uno de los métodos, resaltando sus ventajas y limitaciones.

II.3.1. Métodos basados en la función de producción

Los primeros aportes para el desarrollo de estos métodos son de Ellis & Fisher (1987) y Freeman (1979, 1993).

Se supone una *función de producción* de un bien Z , tal que su nivel de producción se exprese del siguiente modo:

$$Z = F(X; E)$$

Ecuación 2

Donde:

X Es un conjunto de insumos formado por bienes y servicios privados cuya matriz de precios es p_X .

E Representa un bien o recurso ambiental que es utilizado gratuitamente; es decir, su precio de mercado p_E es igual a cero.

Entonces, la *función de beneficios* en la producción de Z está dada por la expresión presentada en la Ecuación 3.

$$\pi = p_Z * Z - p_X * X - p_E * E = p_Z * F(X; E) - p_X * X$$

Ecuación 3

Asumiendo que la variación de Z es marginal, y por ende no afecta su precio, la derivada de la función de beneficios (π) respecto al recurso ambiental (E) es:

$$\frac{\partial \pi}{\partial E} = p_Z * \frac{\partial F(X; E)}{\partial E}$$

Esto indica que la variación en el beneficio de la empresa que utiliza el recurso ambiental es igual al precio de su producto multiplicado por la variación de $Z = F(X; E)$ ante cambios en E .

Esta familia de métodos es ideal cuando el recurso ambiental constituye un factor de producción de un bien privado y asume que las variaciones en la oferta del recurso ambiental no alteran los precios de mercado.

II.3.1.1. Método de la productividad marginal

Este método, también conocido como valoración por efectos en la función de producción, supone que p_Z es conocido, por lo que el valor económico de E (VE_E) se estima como se presenta en la Ecuación 4.

$$VE_E = p_Z * \frac{\partial F(X; E)}{\partial E}$$

Ecuación 4

Generalmente es difícil determinar cómo influye E en F con precisión dado que E se corresponde con un flujo de bienes o servicios ambientales generados por un recurso ambiental que depende de su nivel de stock y/o de su calidad. Para ello se estiman las llamadas *funciones de dosis-respuesta*.

Sin embargo, es probable que para captar los ajustes del mercado (alteraciones de precio y cantidad) se deba trabajar con modelos de equilibrio general, que consideran los efectos intrasectoriales en la economía debido a alteraciones en el punto de equilibrio en un determinado mercado.

Vale la pena resaltar una de las principales limitaciones de este método, que es que VE_E en este caso representa solamente el valor de uso directo e indirecto relativo a los bienes y servicios ambientales utilizados en la producción. No puede capturar el valor de opción o de existencia, por lo que este método subestima el valor correcto de E cuando el uso en el futuro o el valor pasivo es positivo.

Concluyendo, el valor de E viene dado por el costo de oportunidad de no preservar los recursos ambientales productivos. ¿Es esto entonces un buen indicador del valor de un RR.NN.? Esto es una medida de corto plazo que sólo refleja el valor de los RR.NN. por sus servicios en la producción de un bien privado hoy.

II.3.1.2. Métodos de mercados de bienes sustitutos

Cuando la provisión de E es gratuita, su pérdida de calidad o escasez puede inducir al uso de otros bienes para sustituir a E . Esto implica que aumenta la demanda de sustitutos perfectos⁴ (S).

Así, para mantener la producción de Z constante, una unidad menos de E es compensada por una unidad más de S .

$$Z = F(X; E + S)$$

Ecuación 5

Luego, la variación de E es valorada a través del precio de S (p_S).

$$VE_E = p_S * \Delta E$$

Ecuación 6

Estos métodos también admiten que variaciones en E o Z no alteran los precios de sus sustitutos perfectos, y por lo tanto, no inducen a variaciones en el excedente del productor-consumidor.

Se pueden generalizar los métodos basados en mercado de bienes sustitutos en tres tipos de fácil aplicación dependientes de qué es lo que se suplanta:

⁴ Un sustituto perfecto tiene elasticidad sustitución infinita.

II.3.1.2.1. Costos de reposición o restauración

Según este método, el costo de la sustitución está dado por los gastos incurridos por los usuarios en bienes sustitutos para garantizar un nivel deseado de E .

II.3.1.2.2. Gastos defensivos o costos evitados

Representan los gastos o esfuerzos económicos que realizan los usuarios en bienes sustitutos para no alterar el producto de Z que depende de E .

II.3.1.2.3. Costos de control

Los daños ambientales también pueden ser valorados por los costos de control que son incurridos por los usuarios para evitar la variación de E , antes de que el daño se produzca. Posiblemente, para que estos costos sean explícitos se requiere de regulaciones o normas legales que prohíban dicho deterioro en E .

En cuanto a la composición del valor económico de los recursos ambientales, estas técnicas de valoración basadas en los mercados de bienes sustitutos permiten cubrir la parte correspondiente al valor de uso, incluyendo el de opción, aunque el valor de existencia sigue sin ser contenido.

II.3.1.3. Corolario de la relación opuesta

Del análisis anterior, surge este corolario que aporta una inconsistencia detectada entre la valoración de los métodos presentados previamente. En los casos en que el nivel de producción está directamente relacionado con el daño ambiental y éste deteriore la capacidad productiva de los recursos, los valores de costos ambientales que arroja el método de la productividad marginal y los métodos basados en el mercado de bienes sustitutos son inversos.

Es decir, si el nivel de producción aumenta, el costo de restauración del daño (método del costo de reposición) se incrementa, mientras que el valor por efectos en la función de producción (método de productividad marginal) se reduce. Por ello, uno podría preguntarse: ¿cuál es la magnitud real del daño ambiental si los resultados de ambos métodos son opuestos?

Casos habituales de este problema se presentan, por ejemplo, en la valoración de impactos ambientales producidos por la agriculturización (Pesce, Vigier & Durán, 2008) y por los sistemas de labranza (Durán *et al.*, 2010), entre otros.

II.3.2. Métodos basados en la función de demanda

Este conjunto de métodos asume que la variación en la disponibilidad del recurso E altera el nivel de bienestar de las personas, y por lo tanto, es posible identificar las disposiciones a pagar o a aceptar en relación a estos cambios.

Estimada la función de demanda (D) para E , el valor económico de una variación del recurso ambiental está dado por la variación en el excedente del consumidor (EC), tal como se presenta en la Ecuación 7.

$$\Delta EC = \int_{P_1}^{P_2} D dp$$

Ecuación 7

Donde:

P_1 y P_2 Son las medidas de las disposiciones a pagar o aceptar relativas a la variación en la disponibilidad de E .

D Es la función de demanda del recurso ambiental E .

EC Es el excedente del consumidor.

II.3.2.1. Métodos indirectos o de preferencias reveladas o de mercado de bienes complementarios

Los mercados de bienes y servicios privados complementarios a bienes y servicios ambientales pueden ser utilizados para medir el valor de uso de un recurso ambiental.

Existe una función de utilidad U (Ecuación 8) donde X es un vector que representa las cantidades de bienes privados y E es el bien o servicio natural sin precio de mercado, pero complementario de X .

$$U = U(E; X)$$

Ecuación 8

Como E influye en la demanda de X , ésta se estima para distintos niveles del recurso ambiental, e indirectamente se puede determinar la demanda de E . Con ella es posible analizar la variación en el excedente del consumidor.

II.3.2.1.1. Precios hedónicos

Las funciones de precios hedónicos surgen a partir de las aportaciones de Griliches (1971), quien desarrolla la técnica inicialmente para estimar el valor en el

cambio de calidad de bienes de consumo; y Rosen (1974) que mediante esta técnica analiza la diferenciación de productos en competencia perfecta.

Aplicado a la economía ambiental, la base de este método es la identificación de atributos o características de un bien compuesto privado cuyos atributos son complementarios a bienes o servicios ambientales. Identificando esta complementariedad, es posible mensurar el precio implícito del atributo ambiental en el precio de mercado, cuando se aíslan las demás particularidades.

En términos formales, sea P_i el precio de un bien privado i , cuya función puede expresarse como en la Ecuación 9.

$$P_i = f(\alpha_{i1}; \alpha_{i2}; \dots; E_i)$$

Ecuación 9

Donde:

α_{in} Representa los n atributos del bien privado i

E_i Es el nivel del bien o servicio ambiental asociado a ese bien i .

$f(.)$ Es la función estimada en base a las observaciones de P_i , denominada función hedónica de precio.

El valor implícito de E es la derivada parcial de $f(.)$ respecto a E , que representa el precio marginal del bien ambiental (Ecuación 10).

$$VE_E = p_E = \frac{\delta f}{\delta E}$$

Ecuación 10

Mediante esta medida se estima la función de precios hedónica, a partir de la tangencia de la valoración marginal en cada uno de sus puntos para ciertos demandantes y ciertos oferentes (Rosen, 1974; Conte Grand, 2001).

Es importante recalcar que para arribar a las curvas de oferta y demanda (no marginales) del bien ambiental debe estimarse cada función con variables explicativas exógenas, lo cual permitiría realizar análisis de cambios en el bienestar (Conte Grand, 2001).

Es habitual la utilización de este método para la valoración de atributos ambientales en torno a propiedades inmobiliarias o establecimientos rurales.

Este precio estimado cubre los valores económicos de uso directo e indirecto y el de opción, pero no el valor de no uso o de existencia. Una limitación importante de este método, es que el atributo ambiental debe ser valorado en el mercado para que a través de precios observables, pueda estimarse el valor implícito de E . Por lo tanto, no permite valorar cambios en la calidad ambiental que no sean perceptibles por los individuos. De

ese modo, el mercado no los valora y por lo tanto los precios no reflejan esa información. Esto implica que en esos casos, la *DAP* será nula.

II.3.2.1.2. Costo del viaje

Los aportes precursores de este método pueden encontrarse en Clawson (1959), Knetsch (1963) y McConnell (1980).

Este método estima una demanda de *E* con base en las actividades recreacionales, asociadas complementariamente al uso de *E*. La curva de demanda de estas actividades puede ser construida con base en los costos del viaje al sitio natural donde *E*, el bien o servicio ambiental, es ofrecido.

A través de una investigación basada en cuestionarios, se estima la tasa de visita V_i de cada zona *i* (Ecuación 11). Esta medida se correlaciona estadísticamente con los valores de costo de viaje (*CV*) y otras variables socioeconómicas zonales (X_{in}).

$$V_i = f(CV; X_{i1}; \dots; X_{in})$$

Ecuación 11

Con estos datos, se puede determinar la curva de demanda para las actividades recreacionales del sitio (f'), que revela la *DAP* de acuerdo al número de visitas. Luego, la variación del excedente del consumidor (*EC*) se evalúa como se presenta en la Ecuación 12.

$$\Delta EC = \int_P^{CV} f' dCV$$

Ecuación 12

Donde:

P Es el valor de la entrada o ticket de admisión al sitio. Es mayor o igual a 0; éste último caso, si la entrada es gratuita.

CV Es el costo del viaje o costo para visitar el sitio.

El método de costo del viaje tiene cobertura sobre el valor de uso directo e indirecto, pero no contempla ni el de opción ni el de existencia.

Una de las críticas principales a este método es que los individuos que no visitan el sitio no son considerados al estimar el valor económico del RR.NN. Esto puede generar un sesgo de truncamiento dado que la población que no viaja puede, de todos modos, otorgar un valor desconocido de opción o de existencia al sitio, conductores que este método no capta.

De todos modos, el método en la actualidad se utiliza también para la estimación de demandas individuales basadas en el costo de viaje, con lo cual provoca que el sesgo de truncamiento pierda relevancia.

II.3.2.2. Métodos directos o de preferencias declaradas

Dentro de esta familia de métodos se suelen definir dos categorías: los métodos de mercados hipotéticos y los experimentales. La valoración contingente, el análisis conjunto y los experimentos de elección pertenecen al primer conjunto, mientras que la subasta es una técnica a partir de la cual el mercado no se genera a través de respuestas de individuos, sino de conductas específicas de los agentes mediante la asignación de los recursos monetarios que se les brindan a los participantes.

II.3.2.2.1. Método de valoración contingente

Los trabajos pioneros de este método de valoración son Ciriacy-Wantrup (1947), Davis (1963), Cummings, Brookshire & Schulze (1986), Mitchell & Carson (1989), Kahneman & Knetsch (1992).

Ante la ausencia de un mercado donde observar un bien, este método simula la creación del mismo mediante encuestas, individuales o grupales, en las cuales las personas opinan acerca de cuánto pagarían por él y luego se pondera y multiplica por la población relevante. Este modelo utiliza como unidad las disposiciones marginales a pagar (*DAP*), o bien, las disposiciones a vender sus permisos o disposiciones a aceptar (*DAA*).

Desde la perspectiva microeconómica, la *DAP* y la *DAA* se corresponden con las medidas de bienestar *hicksianas*: la variación compensadora y la variación equivalente respectivamente. La variación compensadora es el monto máximo de dinero que un individuo está dispuesto a pagar para acceder a un cambio favorable, o bien, la cantidad de dinero mínima que un individuo está dispuesto a aceptar como compensación por un cambio desfavorable. Esto implica que el individuo tiene derecho a la situación inicial a diferencia del concepto de variación equivalente, donde se supone que el individuo tiene derecho a la situación final. Por ello, la variación equivalente se interpreta como la cantidad máxima de dinero que un individuo está dispuesto a pagar por evitar un cambio desfavorable, o bien, el monto mínimo que está dispuesto a aceptar como compensación por renunciar a una modificación favorable. Ante un cambio en la calidad ambiental, la variación compensadora mide la *DAP* y la variación equivalente la *DAA* (Vásquez Lavín, Cerda Urrutia & Orrego Suaza, 2007).

Al momento de comparar las estimaciones de ambas medidas de bienestar, se encuentra que la *DAA* es generalmente mayor que la *DAP*. Esto puede ser explicado esencialmente mediante dos argumentos. Uno de ellos, conocido como “efecto

dotación” (*endowment effect*), bautizado por Thaler (1980), que establece que para un individuo un bien vale más cuando el mismo es parte de su patrimonio. Es decir que para un consumidor el valor de perder un bien que es suyo es mayor al de ganar ese mismo bien cuando no lo posee. Este efecto puede interpretarse como un fenómeno que surge de la aversión a las pérdidas. El otro argumento se conoce como “efecto sustitución” y es propuesto por Hanemann (1991), quien fundamenta que cuando un bien no tiene sustitutos, la *DAA* es infinita porque nada puede compensar la pérdida del mismo; mientras que la *DAP* necesariamente depende de la restricción presupuestaria del individuo. La evidencia empírica no es clara al respecto de dichos efectos, pero la sugerencia de expertos es preguntar sobre la *DAP* para no sobredimensionar la valuación.

Considere las medidas de *DAP* y *DAA*, relativas a la disponibilidad, en cantidad o calidad, de un recurso ambiental E , que junto con el nivel de riqueza Y , mantiene un nivel de utilidad (U) inicial del consumidor. Formalmente, note las igualdades de la Ecuación 13.

$$U(E^0; Y^0) = U(E^-; Y^+) = U(E^+; Y^-)$$

Ecuación 13

Donde:

$$U(E^-; Y^+) = U(E^-; Y^0 + DAA)$$

$$U(E^+; Y^-) = U(E^+; Y^0 - DAP)$$

Estas expresiones representan diferentes puntos con distintas combinaciones de renta y de provisión de recursos ambientales, que se encuentran en una misma curva de indiferencia relativa a un determinado nivel de utilidad. Como la función de utilidad U no es observable directamente, el método de valoración contingente estima los valores de *DAA* y *DAP* sobre un mercado hipotético creado a través de cuestionarios.

La metodología habitual para aplicar este método consiste en el diseño de un cuestionario en el cual se describe a los entrevistados un determinado bien ambiental. Además, se construye un escenario donde se provee el bien por valorar, definiendo claramente las distintas alternativas y los derechos de propiedad. Luego, se pregunta a los individuos ya sea por su disposición a pagar por una mejora en la calidad o cantidad de un recurso; o bien por su disposición a aceptar una compensación monetaria para renunciar a un cambio favorable desde la perspectiva de la utilidad del individuo o para aceptar un cambio desfavorable. Si bien las preguntas pueden tener formato abierto

(*open ended*)⁵, la recomendación del panel de expertos que surge por el juicio en el caso Exxon Valdez es utilizar preguntas cerradas (*close ended*), tipo referéndum⁶.

Este método proporciona en forma directa la valoración del recurso a través de la declaración de las preferencias de los individuos, y no de la inducción de ellas a través de la observación de conductas en el mercado, permitiendo captar el valor de no uso de los recursos naturales. Sin embargo, recibe varias críticas por el sesgo que produce el nivel cultural y el grado de afectación de los encuestados. Asimismo, se cuestiona el incentivo que tienen los entrevistados para considerar en forma seria y responsable las consecuencias de sus respuestas y para hacer un esfuerzo mental por ser exactos. Existe un gran nivel de arbitrariedad que podría dificultar la obtención de un resultado legítimo y verificable.

II.3.2.2.2. Análisis conjunto y experimentos de elección

El método del análisis conjunto fue desarrollado inicialmente por Luce & Tukey (1964). Al breve tiempo, aparecieron una serie de contribuciones teóricas sobre el método (Krantz, 1964) y el desarrollo de diferentes algoritmos (Young, 1969; Green & Srinivasan, 1978).

Este método parte de dos supuestos fundamentales: el bien puede definirse mediante una serie de atributos específicos y la utilidad total del agente proviene de la utilidad proporcionada por cada una de esas características o atributos. Así, la valoración de cada atributo nace al descomponer las valoraciones globales realizadas por sujetos entrevistados sobre diferentes recursos hipotéticos que se le ofrecen. La información para delimitar las preferencias a través del análisis conjunto parte de solicitar la manifestación de preferencias globales por una serie de productos, ya sea ordenándolos en orden decreciente de preferencia o asignando una probabilidad de compra. Algunas opciones para preguntar sobre las preferencias pueden ser mediante la presentación de una serie de alternativas que incluyen características respecto a la calidad o cantidad de recursos naturales, la situación presupuestaria (costos) y otras características, siendo el encuestado solicitado para establecer un orden de preferencias entre ellas. Otra alternativa es preguntar sobre la disposición de cada individuo a cambiar su conducta a determinado costo para prevenir un deterioro de la calidad ambiental. Esta preferencia global se desagrega a través de un algoritmo en sus componentes parciales de utilidad total que representan la contribución de cada nivel de cada atributo a la formación de la utilidad total.

⁵ Una pregunta con formato abierto puede ser formulada mediante el interrogante “¿cuánto está dispuesto a pagar por una determinada mejora?”

⁶ Una pregunta con formato cerrado se plantea a través de cuestionamientos como “¿está dispuesto a pagar \$X por una determinada mejora?”

Los experimentos de elección pertenecen a la familia de técnicas de análisis conjunto y comparten el objetivo básico de estimar valores que no surgen del mercado a través de la medición de la disposición al pago (*DAP*) o a ser compensado (*DAA*) para conseguir una determinada mejora o evitar un daño derivado de las actividades de producción o consumo. La base del comportamiento de elección para su utilización es la Teoría de la Utilidad Aleatoria. Los entrevistados pueden emplear una variedad de estrategias para realizar sus elecciones. La más común y directa es la optimización: se les pide a los individuos que elijan aquella opción que haga máximo su bienestar (Álvarez-Farizo, Gil & Howard, 2005). Esto supone comparar el impacto en términos de los costos y beneficios esperados y elegir aquella opción que más le satisfaga.

Tanto el análisis conjunto como los experimentos de elección, por ser de la misma familia de métodos que la valoración contingente, con lo cual también buscan una declaración de preferencias de los individuos bajo situaciones hipotéticas, heredan sus debilidades.

II.3.2.2.3. Subastas experimentales

Algunos trabajos pioneros en el desarrollo del método de las subastas experimentales se materializan en Shoegren (1990), Shogren, Fox, Hayes & Roosen (1999) y Shogren, List & Hayes (2000), entre otros.

Las subastas son una institución económica de asignación de recursos y fijación de precios (Osborne & Rubinstein, 1994; Gintis, 2000). La teoría de las subastas, a través de las cuales se materializan múltiples transacciones económicas en la actualidad, ha sido utilizada como medio para comprender muchos fenómenos de formación de precios. En particular, de entre los diferentes tipos de subasta conocidos, se ha constatado que las subastas de segundo precio y puja sellada, aplicadas de forma repetida, son reveladoras de las preferencias de los individuos, puesto que el incentivo de los participantes es exponer el verdadero valor que conceden al bien considerado.

En las últimas décadas se han realizado estudios experimentales utilizando el marco teórico de las subastas, para testear la aceptación de los individuos en relación a nuevos productos o cambios en los bienes o servicios existentes (por ejemplo, Gil & Soler, 2006).

Los métodos experimentales (Friedman & Sunder, 1994) permiten que los investigadores controlen determinadas variables para testear hipótesis teóricas, con lo se reducen los sesgos de la valoración contingente. El control del entorno económico y la repetición del experimento refuerzan la validez interna y externa de sus resultados.

Metodológicamente, esta técnica simula un mercado a través del uso de incentivos económicos para los agentes y productos reales; es decir, se utiliza dinero real con el cual pueden comprarse los productos sujetos a la subasta experimental. De

este modo se incita a los individuos a realizar un esfuerzo cognitivo para decidir su consumo. En función de los datos que se desprenden del experimento, se deduce el valor de cada atributo, tal como en otras metodologías que nacen de la función de demanda.

Este método reduce los problemas del mercado hipotético, ya que crea un mercado, en lugar de suponerlo. Sin embargo, es difícil imaginar la realización de una subasta experimental con algunos RR.NN. reales. Por ejemplo, ¿es posible subastar aire puro? Con otros recursos, como el agua o la tierra, sería factible realizar experimentos de este tipo.

II.4. Atributos (o factores) del daño ambiental

A partir de la definición de daño ambiental presentada en el capítulo precedente, se define un efecto ambiental mediante algunas características o atributos, que configuran el contexto, tanto *ex-ante* como *ex-post* de la ocurrencia del daño ambiental. Dentro de este conjunto pueden encontrarse la tangibilidad del bien afectado, el grado de reversibilidad del daño, la existencia de regulación estatal, la apropiabilidad del daño, la aleatoriedad del fenómeno, la afección sobre la función de producción o de demanda, la individualización o identificación de los sujetos productores y receptores del daño, la existencia de tecnologías alternativas, el efecto ocultamiento del daño, el nivel de cultura ambiental, entre otros.

Es importante destacar que no se busca realizar una enumeración taxativa de los factores característicos de un daño ambiental, sino identificar los más trascendentales para la orientación de la elección de la metodología de valoración más adecuada y otros objetivos que se abordan en los capítulos posteriores.

A continuación, se describen cada uno de los atributos elegidos para dicha caracterización.

- **Tangibilidad del bien afectado:** Se refiere a daños que se expresen a través de impactos que se perciban y encuadren de manera precisa en el espacio. No se requiere de los mismos métodos para valorar la pérdida de productividad de un suelo como consecuencia de una técnica de producción inadecuada, que la emisión de gases con efecto invernadero. Esta comparación no versa sobre la gravedad del daño, sino acerca de las fronteras del efecto en el espacio, y la percepción de las mismas por parte de los agentes.

- **Grado de reversibilidad del daño:** Este atributo permite conocer si el efecto ambiental que se evalúa, puede revertirse; es decir, si existe la capacidad de volver al estado o condición ambiental anterior, de retornar al nivel de calidad previo a que el daño se produzca y en qué plazos. Esto implica determinar la frontera del efecto en el

tiempo: ¿Es infinita (daño irreversible)? ¿El daño se puede revertir en el mediano plazo o puede ser repuesto inmediatamente?

- **Existencia de regulación estatal:** Determina si existe un marco legal que proteja los RR.NN. y limite el accionar de agentes privados en pos del bienestar social. También incluye la existencia de multas o sanciones por violación de estas leyes ambientales. Además cabe preguntarse si el Estado hace explícito el valor que se da a los recursos naturales de patrimonio común. Esta información determina un rumbo en las expectativas que se pueden generar respecto al accionar de los agentes.

- **Apropiabilidad o internalización del daño:** Este factor hace referencia a la cuestión de si los efectos ambientales son externalidades o no. Para describir este atributo es importante recordar la distinción entre costos ambientales y externalidades presentada en el capítulo anterior. Varios de los métodos de valoración toman como *input* precios de mercado para obtener el daño ambiental, pero conociendo que esos efectos ambientales pueden no estar reflejados en la información de mercado ineludiblemente, se debe tener precaución de qué datos se toman como insumo para el cálculo de los costos ambientales.

- **Grado de aleatoriedad del fenómeno:** Este factor depende de la independencia de la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental respecto a los actos de producción o consumo de los agentes. Si el fenómeno no es aleatorio depende total o parcialmente de la acción humana, ya sea voluntaria o involuntariamente. En estos casos la regulación estatal puede colaborar en la prevención del daño ambiental. De lo contrario, si la probabilidad de ocurrencia es independiente, el acaecimiento obedece a eventos de la naturaleza no afectados por los agentes económicos; y por lo tanto, no controlables por el ser humano. Simultáneamente esto se relaciona con el tipo de regulación que se establezca entre sistemas de responsabilidad subjetiva u objetiva, dado que ante daños ambientales que dependen de fenómenos aleatorios no hay necesidad de demostrar culpa o dolo.

- **Afección sobre la oferta o sobre la demanda:** Se considera para determinar si el efecto ambiental bajo análisis afecta, ya sea positiva o negativamente, la función de producción de un agente privado o la función de utilidad de los consumidores (o en sentido general, de la sociedad); o ambas. Esto es importante para establecer quiénes son los sujetos que dan valor a ese efecto ambiental o RR.NN.

- **Individualización o identificación de los sujetos productores y receptores del daño:** Este factor se orienta hacia la posibilidad de identificación de quién o quiénes producen y sufren los efectos ambientales. Si los agentes están atomizados o no se pueden individualizar, se presenta una dificultad adicional dado que la curva de demanda o de oferta del bien ambiental tiene subyacente un conjunto de preferencias o características de producción desconocidas o no identificadas. Asimismo, este atributo obstaculiza las políticas que puedan orientarse para controlar, prohibir o sancionar las actividades productoras de daños ambientales; o para compensar a los damnificados de

esas actividades. Por ejemplo, compensar a quienes sufren los efectos del calentamiento global sería prácticamente inviable por la atomización de los receptores del daño, que seríamos los pobladores de todo el planeta (aunque posiblemente algunos en mayor y otros en menor medida).

- **Existencia de tecnologías alternativas:** Se refiere a la disponibilidad de otras formas de producción o consumo, sustitutivas pero con consecuencias menos perjudiciales en el medio ambiente y los recursos naturales.

- **Efecto ocultamiento:** Refleja el cúmulo de información no disponible acerca de los efectos ambientales producto de las decisiones de producción o consumo. El encubrimiento puede provenir del Estado o de organizaciones privadas. Este atributo también incluye la no transparencia en las posibilidades de acceso a la justicia para cursar reclamos y las posibles soluciones en el ámbito ambiental. En principio, esto afecta la percepción de la causa potencial y gravedad del daño ambiental, al igual que la identificación de los sujetos responsables.

- **Nivel de cultura ambiental y postura ante el medio ambiente:** Se refiere al conocimiento de la temática ambiental que posea la población y su actitud ante alteraciones en la calidad ambiental y el medio natural por actividades de consumo y/o producción. Este factor está altamente influenciado por las características de la zona de pertenencia, su nivel sociocultural general y la idiosincrasia de la población. También se manifiesta mediante el grado de acción de la población, que mide la propensión a reaccionar o manifestarse en contra ante actividades, actuales o futuras, que dañen o puedan dañar la calidad del medio ambiente y los recursos naturales. Este atributo puede estar potenciado por el nivel de conocimiento ambiental, lo que implica que puede haber poblaciones con un nivel de cultura ambiental considerable pero con bajo grado de acción individual. Dicha situación provoca que las personas prefieran que esa actividad no se realice (o se realice de un modo más inocuo para el medio ambiente), pero debido al bienestar de su pasividad o comodidad, esperan que otros resuelvan el problema. Agentes con este tipo de actitudes se conocen como *free-riders*. Este factor puede producir que las disposiciones a pagar o a aceptar de las personas se encuentren sesgadas por su nivel de cultura ambiental. Este hecho implica, por ejemplo, que una población con un alto nivel de cultura ambiental otorgue un mayor valor al agua pura (es decir, no contaminada) o al aire limpio, que una población con iguales características pero menor nivel de cultura ambiental.

- Otros atributos.

II.5. Matriz método-factor

Si bien existen algunos intentos de orientar a los evaluadores de daños ambientales sobre qué metodología de valuación utilizar, ninguna de las relevadas bibliográficamente (Dixon & Hufschmidt, 1994; Dixon & Pagiola, 1998; Seroa da Motta, 1998; entre otros) presenta una caracterización del daño tan completa

Como propuesta en esta tesis, las metodologías de valoración se relacionan con los atributos o características del problema ambiental, conformando una matriz a la que se denomina método-factor, que provee orientación para la elección del método más adecuado. Ilustrativamente, la matriz tiene el formato presentado en la Tabla 2, en la cual en las n filas se presentan los métodos de valoración ambiental y en las i columnas, los atributos del daño ambiental.

En cada celda de la matriz $[F_i, M_n]$, se presentan ideas de lo adecuado que puede resultar cada método de acuerdo a sus características. Para cada caso, hay un conjunto de los factores que resultan determinantes.

Tabla 2: Matriz método-factor en su representación genérica

Método/Factor	Factor 1	Factor 2	...	Factor i
Método 1	F1, M1	F2, M1	...	$F_i, M1$
Método 2	F1, M2	F2, M2	...	$F_i, M2$
...
Método n	F1, M_n	F2, M_n	...	F_i, M_n

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se expone la matriz método-factor en su forma extendida, que tiene una dimensión de ocho filas (n) por diez columnas (i).

Tabla 3: Matriz método-factor para la valoración de RR.NN.

Factor Método	Tangibilidad del bien afectado	Grado de reversibilidad del daño	Existencia de regulación estatal	Apropiabilidad del daño	Grado de aleatoriedad del fenómeno	Afección sobre oferta o demanda	Identificación de sujetos productores/receptores	Existencia de tecnologías alternativas	Efecto ocultamiento	Nivel de cultura y postura ambiental
Productividad marginal	Sólo cuando el bien afectado es un recurso productivo	Factor no determinante	Factor no determinante	No es adecuado si el daño no es apropiable	Dificulta la estimación de la función de producción	Es adecuado cuando el RR.NN. produce un bien privado	Es adecuado si los receptores del daño son identificables.	Factor no determinante	Si se conoce la función de dosis respuesta, factor no determinante	Factor no determinante
Costos de restauración	Factor no determinante	No es propicio si el daño es irreversible	Factor no determinante	No es conveniente si el daño no es apropiable	Factor no determinante	Es adecuado cuando el RR.NN. produce un bien privado	Es adecuado si los medios receptores del daño son identificables	Deben existir tecnologías para la restauración del daño	Si hay efectos ambientales que se desconocen no serán considerados en el valor de restauración	Factor no determinante
Costos evitados o inducidos	Sólo cuando el bien afectado es un recurso productivo	Sólo es posible que sea adecuado si existe regulación estatal o el costo de restauración es mayor al costo evitado		No es adecuado si el daño no es apropiable en una función de producción	Factor no determinante	Es adecuado cuando el RR.NN. tiene un bien sustituto perfecto	Factor no determinante	Es fundamental un sustituto para la aplicación del método de costos inducidos	Factor no determinante	Factor no determinante

(Continúa en la página siguiente)

Factor Método	Tangibilidad del bien afectado	Grado de reversibilidad del daño	Existencia de regulación estatal	Apropiabilidad del daño	Grado de aleatoriedad del fenómeno	Afección sobre oferta o demanda	Identificación de sujetos productores/receptores	Existencia de tecnologías alternativas	Efecto ocultamiento	Nivel de cultura y postura ambiental
Control de costos	Factor no determinante	Puede ser propicio si el daño no es reversible (preocupación por evitar el daño)	Es conveniente si existen regulaciones sobre el daño ambiental	Es más adecuado si el efecto ambiental es apropiable	Puede ser adecuado si el fenómeno no es aleatorio	Es adecuado cuando existen mecanismos para evitar que el daño se produzca	Los productores del daño deberían ser identificables para que se regule adecuadamente	Fundamental para sustituir el acto de producción o consumo por otro menos nocivo para el ambiente	Pueden influir indirectamente en la existencia de regulación estatal y en la presión ejercida sobre el ente contaminante	
Precios hedónicos	Si el bien afectado no es tangible difícilmente se encuentren precios de mercado	Factor no determinante	Factor no determinante	Si el daño no es apropiable, los precios no reflejan el atributo del impacto ambiental (externalidad)	Si el fenómeno es aleatorio difícilmente los precios de mercado capturen el potencial daño ambiental	Es adecuado cuando el RR.NN. o la calidad ambiental es un atributo de un bien demandado	Fundamental para conocer en los precios de qué bienes descontar la información	Factor no determinante	Información no disponible no puede ser descontada en los precios de mercado	Fundamental para la incorporación de información en precios
Costos del viaje	No es pertinente si se trata de un servicio ambiental sin demanda	Factor no determinante	Factor no determinante	Factor no determinante	Factor no determinante		Puede influir en la demanda de un RR.NN.	Factor no determinante	Puede influir en la demanda de un RR.NN.	Influye en la demanda de un RR.NN.

(Continúa en la página siguiente)

Factor Método	Tangibilidad del bien afectado	Grado de reversibilidad del daño	Existencia de regulación estatal	Apropiabilidad del daño	Grado de aleatoriedad del fenómeno	Afección sobre oferta o demanda	Identificación de sujetos productores/receptores	Existencia de tecnologías alternativas	Efecto ocultamiento	Nivel de cultura y postura ambiental
Valoración contingente y sus diversas modalidades	Dificultad en determinar DAP o DAA cuando el daño no es fácilmente perceptible	Si el daño es irreversible la DAA o DAP pueden subvalorar el RR.NN.	Factor no determinante	La apropiabilidad del daño puede influir en la DAP o DAA declarada	Factor no determinante	Es adecuado cuando el RR.NN. o la calidad ambiental es un atributo de un bien demandado	Receptores de daño determinan parte de la muestra a encuestar	Factor no determinante	La información no disponible puede distorsionar (subvalorar) la DAA o DAP	Fundamental en el sesgo de valoración ambiental: se puede subvalorar o sobrevalorar la DAA o DAP del RR.NN.
Subasta experimental	Si el RR.NN. no es tangible, la realización de una subasta experimental es irrazonable	Si el daño es irreversible la DAA o DAP pueden subvalorar el RR.NN.	Factor no determinante	Es importante que se pueda apropiar el recurso o el atributo para que el método resulte adecuado	Si el fenómeno es aleatorio, la subasta experimental es más difícil de operativizar		Factor no determinante	Factor no determinante	La información no disponible sesga el precio fijado mediante la subasta	Fundamental en el sesgo de valoración ambiental: se puede subvalorar o sobrevalorar el precio del RR.NN.

Fuente: Elaboración propia.

II.6. Consideraciones

Se ha presentado una revisión crítica de las metodologías de valoración de los recursos naturales, aportando un listado no taxativo de atributos que definen una tipificación o categoría de daño ambiental y una matriz método-factor, que brinda orientación para la elección de los métodos a aplicar según las características del caso a estudiar. Los problemas ambientales, desde el diagnóstico hasta su intervención, necesitan de recursos por lo que es importante incorporar más información para la toma de decisiones.

Dado que todos los métodos presentan debilidades o limitaciones, se cree conveniente que al analizar decisiones que influyan sobre los RR.NN. se aplique un conjunto de metodologías, para obtener no sólo un valor, sino un posible rango de valores que colabore para determinar las posibilidades de acción o regulación más adecuadas.

En relación al corolario de la relación opuesta que se ha propuesto en la sección II.3.1.3 comparando los métodos basados en la función de producción, se puede afirmar que la contradicción que el mismo establece se presenta para casos definidos según los siguientes atributos: daños reversibles relacionados directamente con el nivel de producción, que afectan un recurso productivo el cual se constituye como un insumo en la función de producción de un bien privado.

En cuanto a los métodos que utilizan los precios de mercado para la valoración ambiental es fundamental contar con un gran caudal de datos en pos de lidiar con las ineficiencias informativas y los ruidos de mercado, tales como las variaciones en precios debidos a factores no identificables como atributos del bien.

Por último, en los casos en los que se utilicen metodologías basadas en la percepción de los agentes y en los cambios en su bienestar, el evaluador no puede olvidar los potenciales sesgos de valoración que pueden presentarse por el nivel educativo, económico, social, cultural y el grado de afectación de las personas encuestadas. Asimismo, debe estudiarse detenidamente el modo de realizar las preguntas para no inducir determinadas respuestas.

La valoración de recursos ambientales permite obtener información útil no sólo para el sector privado en sí mismo, sino también para orientar políticas públicas. El diseño de las mismas debe adecuarse para generar incentivos para que los agentes internalicen estos fenómenos ambientales en los análisis económicos y financieros, y como consecuencia tomen decisiones en pos de un bienestar inter-generacional.

Dichos vínculos se reflejan en los capítulos posteriores, en los que se demuestra la importancia de conocer el valor de daños potenciales, ya sea para que los mismos puedan ser asegurables, para poder calcular primas a tal efecto, también para valuar firmas potencialmente contaminantes, así como para el diseño de políticas que

incentiven económicamente conductas que apoyen un desarrollo sustentable de las actividades económicas. Asimismo, la tipificación de daños mediante sus factores permite identificar en qué casos es adecuada la utilización de determinado instrumento económico-financiero, como los seguros o las opciones ambientales para la cobertura de riesgos, o el método de valuación de empresas que se recomienda adaptar para la internalización de dichos riesgos ambientales.

Capítulo III

COBERTURA DE RIESGOS AMBIENTALES

PARTE I: SEGUROS AMBIENTALES

Temas abordados en este capítulo

III.1. Objetivos del capítulo III

III.2. Motivaciones y antecedentes

III.2.1. Economía de la información y seguros

III.2.2. Seguros ambientales

III.2.3. Teoría de juegos en el ámbito ambiental

III.3. Modelo teórico de seguros ambientales

III.3.1. Objeto del seguro, tipos de seguros y partes intervinientes

III.3.2. Descripción teórica del modelo con un principal y un agente

III.3.2.1. Prima del seguro

III.3.2.2. Esfuerzos, estados de la naturaleza y probabilidades de ocurrencia

III.3.2.3. Función de beneficios esperados incrementales de la entidad aseguradora

III.3.2.4. Función de utilidad esperada del ente potencialmente contaminante

III.3.2.5. El problema a resolver

III.3.2.6. Resultados y proposiciones

III.3.3. Extensiones al modelo básico

III.3.3.1. Modelo con dos principales y un agente

III.3.3.2. Modelo con daño compartido

III.4. Análisis empírico de los seguros ambientales en la Argentina

III.4.1. Metodología y fuentes de información

III.4.2. Normativa vigente en la Argentina

III.4.3. Entidades oferentes del seguro de caución por daño ambiental

- III.4.4. Potenciales causas del insuficiente desarrollo del mercado de seguros ambientales en el país
- III.5. Comparación del modelo teórico y la evidencia empírica en torno a los seguros ambientales
- III.6. Tipos de seguros ambientales: análisis mediante teoría de juegos
 - III.6.1. El juego de seguros ambientales
 - III.6.1.1. Interrogante en torno al tipo de regulación de los seguros ambientales
 - III.6.1.2. Descripción del juego
 - III.6.2. Funciones de pago
 - III.6.2.1. El valor de la naturaleza para el gobierno
 - III.6.2.2. Función de beneficio para la compañía aseguradora
 - III.6.2.3. Función de pago para el ente potencialmente contaminante
 - III.6.3. Matriz de pagos esperados
 - III.6.4. Solución del juego
 - III.6.4.1. Perfil de estrategias por inducción hacia atrás
 - III.6.4.1.1. Estrategia elegida por el ente potencialmente contaminante
 - III.6.4.1.2. Estrategia elegida por la compañía aseguradora
 - III.6.4.1.3. Estrategia elegida por el gobierno
 - III.6.4.2. Solución integral del juego
 - III.6.4.3. Resultados derivados de alteraciones en el juego
 - III.6.5. Discusión de resultados
- III.7. Apéndice del capítulo III

III.1. Objetivos del capítulo III

En la primera sección de este capítulo se realiza un resumen de los principales antecedentes en el tema de la economía de la información y los seguros desde el punto de vista económico, los seguros ambientales y la teoría de juegos aplicada en el ámbito ambiental. A posteriori, se presenta el desarrollo desde un abordaje teórico, de un modelo económico de seguro ambiental con transferencia de riesgos y algunas extensiones, considerando asimetrías de información entre la compañía aseguradora y el ente potencialmente contaminante. Desde el punto de vista empírico, se analiza el marco

regulatorio vigente en la Argentina y se describe el mercado de seguros ambientales. Luego, se comparan las características que emergen del modelo teórico respecto de aquellas observadas empíricamente. Los resultados sugieren que existe similitud en algunas nociones, como la existencia de algún incentivo para el agente para aumentar su esfuerzo para prevenir el daño ambiental o la señalización del mismo, mientras que en otras se presentan diferencias sustanciales, como la transferencia de riesgo y la determinación del monto asegurable.

Las diferencias encontradas entre la propuesta teórica y la evidencia empírica motivan el estudio de las interacciones estratégicas entre tres jugadores, el Estado, la compañía aseguradora y el ente potencialmente contaminante, bajo distintas regulaciones del seguro ambiental para detectar cuál de ellas es la que provee de mayores incentivos para la reducción de la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental. El Estado es quien establece la regulación legal para el seguro ambiental, mediante un seguro de caución o uno de responsabilidad civil. La compañía aseguradora decide entre ofrecer o no el seguro. Y finalmente, el ente potencialmente contaminante debe optar entre contratar o no el seguro, y qué nivel de esfuerzo realizar para prevenir el daño ambiental. Asimismo, la naturaleza participa del juego determinando la distribución de probabilidad del evento aleatorio que produce el daño ambiental. En la solución del juego, arribada mediante inducción hacia atrás (*backward induction*), el seguro no se contrata. Sin embargo, una mirada optimista permite sugerir que el agente realiza un esfuerzo alto para prevenir el daño ambiental y minimizar la destrucción de los recursos naturales a causa de actividades humanas, que es uno de los objetivos más importantes de la regulación.

Dos temas fundamentales del capítulo II colaboran a desarrollar la temática principal de este apartado: la tipificación de daños ambientales y las metodologías de valoración de la calidad ambiental.

En primer lugar, la tipificación de daños ambientales permite determinar qué tipo de daño es asegurable por su naturaleza. De este modo y desde el punto de vista teórico, se tipifica el caso asegurable como un daño reversible, cuya frontera del efecto en el espacio es reconocible por lo que el bien afectado es tangible, existe regulación estatal al respecto, el fenómeno que produce el daño no es plenamente aleatorio con lo cual su ocurrencia depende del nivel de esfuerzo de uno o varios agentes, los sujetos productores del daño son identificables, al igual que los medios receptores del mismo y existen tecnologías que permitan la restauración de sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Los factores relacionados con la apropiabilidad del daño, el efecto ocultamiento y el nivel de cultura ambiental no son sustanciales para delimitar los casos de daño ambiental que resultan asegurables. Es dable aclarar que esta tipificación se plantea a los efectos de la investigación, no desde el punto de vista normativo según las regulaciones vigentes en la Argentina.

En segundo lugar, las metodologías de valoración ambiental permiten conocer el valor del daño potencialmente asegurable. Esta información resulta sustancial para la valoración de primas para seguros de cobertura suficiente para la recomposición del daño ambiental que debería contratar toda persona física o jurídica, que realice actividades riesgosas para el ambiente, los ecosistemas y sus elementos constitutivos, según lo establece el Art. 22 de la Ley General del Ambiente N° 25675/2002 en la Argentina. A pesar de que esta ley se encuentra en vigencia hace varios años, aún son escasas las empresas aseguradoras que ofrecen este tipo de coberturas y existe un gran número de entes potencialmente contaminantes que deciden no contratar la póliza. Según la Superintendencia de Seguros de la Nación, actualmente existe una breve lista de aseguradoras que ofrecen un seguro de caución por daño ambiental de incidencia colectiva. Dichas entidades son: Prudencia Compañía Argentina de Seguros Generales S.A.; Escudo Seguros S.A.; Nación Seguros S.A.; Testimonio Compañía de Seguros S.A.; TPC Compañía de Seguros S.A.; El Surco Compañía de Seguros S.A.; Provincia Seguros S.A.

Considerando este marco regulatorio y los antecedentes existentes, el objetivo de este capítulo es proponer qué características de los contratos de seguros ambientales proveen de incentivos adecuados a los agentes de modo que realicen acciones tendientes a promover el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales. De este modo, se reduce el riesgo ambiental al que se encuentra expuesta la sociedad y las organizaciones potencialmente contaminantes.

Este capítulo ofrece al lector un análisis de los seguros ambientales desde el punto de vista teórico y empírico. A partir de la investigación efectuada, se pueden realizar mejoras en el proceso de toma de decisiones empresariales que impliquen externalidades o afecciones sobre el medio ambiente; y propuestas de política para optimizar la situación en torno a la gestión y cuidado de los recursos naturales, y a la regulación existente en la Argentina. Esta última, si bien representa un avance relevante en pos del desarrollo sustentable del país, contiene algunos aspectos en su reglamentación que pueden revisarse para maximizar los incentivos brindados para prevenir el daño. Entre estos aspectos mejorables se encuentran la figura del seguro de caución para dar cumplimiento a la Ley General del Ambiente, la ampliación de la gama de instrumentos posibles para dar cumplimiento a dicha ley, el aumento del desarrollo del mercado de seguros ambientales, entre otros. En conjunto con otros trabajos interesantes sobre el tema (Vinocur & Schatz, 2010; Dopazo Fraguío, 2002; entre otros), se busca realizar un análisis que colabore en el proceso de mejoramiento de los instrumentos de cobertura de riesgos ambientales desde el punto de vista microeconómico, en conjunto con un mejor desarrollo económico y ecológico del país, sin menoscabar ninguna de dichas dimensiones, pero con incentivos concretos para asegurar el cumplimiento de uno de los objetivos finales de las regulaciones

ambientales: la reducción de los efectos negativos de las actividades humanas sobre los recursos naturales.

III.2. Motivaciones y antecedentes

III.2.1. Economía de la información y seguros

Los manuales tradicionales de microeconomía (Mas-Colell, Whinston, & Green, 1995; Kreps, 1995; Fernandez de Castro & Tugores Ques, 1992; Macho Stadler & Pérez Castrillo, 1994; entre otros) exhiben uno o varios capítulos dedicados al estudio de la teoría de la economía de la información, presentando los problemas que surgen bajo determinadas situaciones particularmente debido a las asimetrías de información o las acciones ocultas: la selección adversa y el riesgo moral. Desde el punto de vista teórico, se caracteriza una situación de selección adversa como aquella en la cual las decisiones de un individuo dependen de sus características privadas de una manera que afecta negativamente a los participantes no informados del mercado. Por ello se suele afirmar que la selección adversa se presenta cuando el principal no logra reconocer el tipo del agente antes de la firma del contrato. Por otro lado, el riesgo moral es una situación en la cual el principal no puede observar las acciones o decisiones del agente durante el desarrollo de la relación contractual. Por este motivo se suele afirmar que la asimetría en el riesgo moral ocurre después de la firma del contrato.

Rothschild & Stiglitz (1976) presentan hace ya más de tres décadas un modelo básico sobre equilibrio en el mercado de seguros competitivos. Exhiben dos casos, el primero donde los demandantes del seguro son idénticos en términos de su riesgo; y el segundo, donde existen dos tipos de demandantes: uno de alto riesgo y otro de bajo riesgo, característica que la aseguradora no puede observar. En el primer caso, existe un equilibrio agrupador (*pooling*) mientras que en el segundo solo existe equilibrio si se ofrecen dos contratos diferentes (*separating*), de entre los cuales los individuos elegirán de acuerdo a su riesgo, solucionando el problema de selección adversa al revelar su tipo mediante el escudriñamiento. El contrato para el individuo de bajo riesgo no resulta atractivo para el de riesgo alto riesgo, lo cual asegura el cumplimiento de la condición de compatibilidad de incentivos, al evitar el mimetismo del más riesgoso con el menos riesgoso; y por otro lado los de bajo riesgo también se sitúan en una curva de indiferencia superior a la situación sin seguro, lo cual deviene del cumplimiento de la condición de participación. Los resultados principales son que el equilibrio (si existe) depende de la especificación de precios y cantidades, no sólo de precios; que los individuos más riesgosos ejercen una disipación de externalidades sobre los de bajo riesgo; y que la estructura del equilibrio, al igual que su existencia, sólo ocurre bajo un gran número de supuestos que con información perfecta son inconsecuentes.

III.2.2. Seguros ambientales

Particularmente en relación a la cuestión ambiental, en la Unión Europea existe un documento llamado *White Paper on Environmental Liability* (Commission of the European Communities, 2000) en el que se provee un régimen legal con un enfoque de la responsabilidad ambiental, focalizado principalmente en el daño a la biodiversidad de áreas naturales protegidas. El mismo busca explorar cómo el principio de “quien contamina paga”⁷ puede servir de mejor manera a las intenciones de cooperación de la región, teniendo en cuenta que evitar el daño ambiental es el objetivo principal de las políticas. Si el mencionado principio no se aplica para cubrir los costos de restauración del daño ambiental, puede suceder que el mismo no se remedie, o bien que el Estado, y en definitiva los individuos de la sociedad contribuyentes mediante sus impuestos, paguen por ello. Por el contrario, si el contaminador debe pagar por el daño que causa, el mismo no contaminará más allá del nivel en el que el costo marginal de la restauración sea equivalente al costo de evitarlo. De esta forma, la responsabilidad ambiental previene el daño y permite internalizar los costos ambientales. También promueve una mayor precaución, lo que resulta en una reducción del riesgo y alienta la inversión en investigación y desarrollo para mejorar el conocimiento y la tecnología en torno a la prevención y/o restauración de daños ambientales.

Laffont (1995) estudia los conflictos potenciales entre la reducción de costos y la asunción de riesgos, en un contexto de regulación de un monopolio natural. Una de las principales conclusiones a las que arriba es que los seguros de grandes riesgos, como los ambientales, no pueden ser dejados en manos del mercado.

Asimismo, no todos los daños ambientales son susceptibles de ser regulados mediante un seguro que determine responsabilidad ambiental. Algunas de las condiciones principales son que el contaminador debe ser un actor identificable, el daño debe ser concreto y cuantificable y debe existir una relación causal entre el daño y el contaminador (Commission of the European Communities, 2000).

Con base en el *White Paper on Environmental Liability*, Faure (2003) estudia la *asegurabilidad*⁸ del riesgo ambiental en general, y la responsabilidad ambiental de daños sobre los recursos naturales en particular. Los análisis contenidos en esta investigación no se centran solo en la cobertura del daño vía seguros (en el sentido tradicional), sino también en acuerdos de seguridad financiera, tales como fondos de compensación y otras alternativas. El análisis realizado tiene un enfoque principalmente legal, más que económico. Se distinguen casos de accidentes ambientales unilaterales,

⁷ En inglés dicho principio se conoce como *the polluter pays principal*.

⁸ El diccionario de la Real Academia Española no ampara *asegurabilidad* como un término válido. Aún así, es de uso generalizado en el mundo de los seguros, probablemente por la traducción literal de la palabra en inglés: *insurability*. La definición del término utilizada en esta tesis es “posibilidad de ser asegurable”.

lo que implica que la víctima no afecta la probabilidad de ocurrencia del evento; y bilaterales en los que el damnificado también influye en el riesgo de accidente. En ambas situaciones, es necesaria una distinción entre actividades riesgosas y no riesgosas. Teniendo en cuenta esa tipificación de casos, se analiza bajo qué circunstancias es conveniente utilizar sistemas de responsabilidad subjetiva o *negligence rules*, esto es cuando existe necesidad de prueba de culpa o dolo; y bajo cuáles otras es conveniente sistemas de responsabilidad objetiva o *strict liability rules*, en las que es irrelevante demostrar la culpa o dolo. La responsabilidad estricta u objetiva establece la obligación de reparar todo daño que se produzca en el ejercicio de cierta actividad para que surja la obligación de indemnizar y prescinde de la culpa como criterio de atribución, es decir, la calificación de la conducta efectiva del autor del daño resulta indiferente.

A nivel local, Tolosa (2005) realiza un análisis de las cuestiones que son interesantes para el estudio de la responsabilidad civil por daños al ambiente para generar incentivos adecuados en pos de alcanzar una solución eficiente en materia de prevención. Se distingue entre daños jurídicos individuales y colectivos, siendo estos últimos aquellos en los que el perjuicio recae sobre los miembros de una comunidad o de un grupo, pudiendo afectar a numerosas víctimas, identificadas o no, actuales y/o futuras. La responsabilidad civil funciona adecuadamente bajo tres condiciones: que las víctimas reclamen por sus daños con una alta probabilidad (cercana a 1); que los responsables sean solventes para afrontar el daño que eventualmente deban compensar; y que el ente contaminador sea identificable. Bajo circunstancias en las que una determinada actividad genera riesgos que implican aumentar la probabilidad de causar daños tanto individuales como colectivos, la utilización conjunta de la regulación administrativa *ex ante* y la responsabilidad civil es una alternativa superior en relación a la utilización exclusiva de esta última. Las normas de responsabilidad civil generan incentivos para que aquellos que generen riesgos superiores al promedio exigido en la regulación, inviertan en un nivel de precaución mayor, lo que constituirá una alternativa superior respecto a la posibilidad de utilizar cualquiera de los dos instrumentos en forma exclusiva.

III.2.3. Teoría de juegos en el ámbito ambiental

La teoría de juegos es una herramienta formal utilizada para analizar la interacción estratégica entre agentes, permitiendo entender el fenómeno de la toma de decisiones (Osborne & Rubinstein, 1994; Gintis, 2000; Rahwan, Larson & Tohmé, 2009). Uno de sus campos de aplicación es la economía ambiental. Los tópicos de investigación teórica y empírica incluyen la evolución y gestión de los recursos naturales, las políticas ambientales y la valuación de efectos ambientales.

Diversos modelos basados en la teoría de juegos han permitido entender numerosos problemas en el campo de la economía ambiental. En general, las aplicaciones tienen relación con los acuerdos ambientales internacionales (Finus, 2000), los recursos compartidos internacionalmente, tales como la pesca (Sumaila, 1997; Hannesson, 1997; Levhari & Mirman, 1980), y la gestión de otros recursos naturales (Reinganum & Stokey, 1985), los derechos de pastoreo (Runge, 1981; Heltberg, 2002), juegos de producción estocástica (Flam & Ermoliev, 2008), incentivos de contaminación, restauración y control (Finus & Rundshagen, 1998; Harrison & Antweiler, 2003), la asignación óptima del agua (Parrachino, Dinar & Patrone, 2006; Suzuki & Nakayama, 1976); el calentamiento global (Fankhauser & Kverndokk, 1996; Eyckmans & Finus, 2006), la lluvia ácida (Mäler & de Zeeuw, 1998) y otros (Ferraro, 2008; Sumaila, Dinar & Albiac, 2008).

III.3. Modelo teórico de seguros ambientales

III.3.1. Objeto del seguro, tipos de seguros y partes intervinientes

Para profundizar en el problema de los seguros ambientales, es fundamental delimitar algunos conceptos. Se recuerda que, según se presentó en el capítulo I, *daño ambiental* puede definirse como aquel que afecta al ambiente o alguno de sus elementos constitutivos negativamente, incluyendo los daños sufridos por el hombre en su persona o su patrimonio a través del detrimento de la calidad de algún elemento del ambiente. De este modo el concepto de daño puede subdividirse en dos tipos: el daño ambiental indirecto o civil, mediante el cual una o varias personas sufren un deterioro sobre sí mismos (su salud, su calidad de vida) o sus bienes, a causa de la degradación ambiental; y daño ambiental directo o puro, que ocurre sobre algún elemento del ambiente, con abstención de que éste se traduzca en un daño sobre personas. A este último también se lo conoce como daño de incidencia colectiva.

En relación al tipo de seguros, se pueden distinguir principalmente dos regulaciones diferentes: los seguros de responsabilidad civil y los seguros de caución.

En los seguros de responsabilidad civil, la cobertura se extiende sobre daños indirectos. Una característica significativa es que existe transferencia de riesgos del contaminador hacia la compañía aseguradora. De este modo, la aseguradora es responsable del pago por el daño ocasionado hasta el monto de la suma asegurada, a partir del cual debe responder el ente que ocasiona la contaminación.

Mediante los seguros de caución solo se brinda garantía que en caso de que el daño ocurra, existe el dinero suficiente para recomponerlo. No hay traslado de la responsabilidad ni de riesgos, dado que el contaminador sigue siendo responsable por el daño ocasionado y la aseguradora solo actúa como garantía del cumplimiento de la recomposición de un daño, pudiendo repetir contra el ente contaminante el monto que

afronte (tal vez con un diferencial temporal). Bajo los seguros de caución, la cobertura se extiende habitualmente sobre daños directos o de incidencia colectiva.

Asimismo, se distingue entre dos clases de accidentes: aquellos en donde la conducta del damnificado influye (accidente bilateral), o no (accidente unilateral), en el riesgo o daño ambiental. En el ámbito de los seguros ambientales que tienen en cuenta el daño ambiental puro, solamente pueden existir accidentes unilaterales por la naturaleza del bien afectado. El caso que se analiza desde el punto de vista teórico contempla accidentes unilaterales.

En cuanto a las figuras intervinientes en el problema relacionado con un contrato de seguros por daños ambientales coexisten varias partes. En primer lugar, la entidad aseguradora a la que se hace referencia con la letra I; en segundo lugar, el ente potencialmente contaminante, llamado C; en tercer lugar, el Estado representado por la letra G; y por último, la víctima o damnificado, identificado con la letra V. No todas las figuras participan en el primer modelo teórico presentado en esta sección, en el que en particular se analiza la conducta de la entidad aseguradora y su interrelación con el ente potencialmente contaminante. Sin embargo, para los fines descriptivos del problema, merece la pena tener presente todos los potenciales participantes (Tabla 4), quienes directa o indirectamente aparecerán en las extensiones al modelo básico.

Tabla 4: Partes intervinientes en el problema de seguros ambientales

Entidad aseguradora (I)	Ente potencialmente contaminante (C)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ofrece una prima cierta a cambio de restituir el dinero para la restauración del daño causado, en caso que el evento ocurra. ▪ Desconoce el tipo y el esfuerzo que hace C para no perjudicar la calidad medioambiental. ▪ Participa en el rol del PRINCIPAL en la relación asimétrica de información. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Puede trasladar parte del riesgo de accidente a I o tiene su garantía de cobertura en caso de contratar un seguro. ▪ Conoce su propio tipo y es quien decide el nivel de esfuerzo a realizar para reducir la probabilidad de ocurrencia de un evento que provoque un daño ambiental. ▪ Desempeña el rol del AGENTE en la relación asimétrica de información.
Estado (G)	Víctima o damnificado (V)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Establece las leyes y regulaciones para proteger el medio ambiente y sus elementos constitutivos. ▪ Puede funcionar como mediador en el problema de la valoración ambiental (valor del daño causado). ▪ Puede desempeñarse como un PRINCIPAL, que maximiza la utilidad social sujeto a condiciones para la participación del resto de las figuras. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La víctima puede estar constituida por un individuo o grupo de individuos, la sociedad en general y/o generaciones futuras. ▪ Puede ser representada mediante el Estado.

Fuente: Elaboración propia.

Los seguros ambientales constituyen un caso de selección adversa en simultáneo con riesgo moral. Como se indicó, el primer problema se presenta antes de la firma del contrato, porque la entidad aseguradora (principal) desconoce el riesgo ambiental del ente potencialmente contaminante (agente); y el segundo, se presenta luego de la firma del contrato, dado que el principal desconoce el esfuerzo que hará el agente por evitar o reducir la probabilidad del accidente que ocasione el daño ambiental.

A continuación se presenta una variedad de modelos de seguros ambientales, comenzando con el más simple. En primer lugar (III.3.2), participa una entidad aseguradora como principal y una empresa potencialmente contaminante en el rol del agente, asegurando una suma igual al valor del daño y existiendo una transferencia del riesgo entre las partes. Luego se presentan extensiones al modelo básico, en los que se incorporan participantes y otras variantes. En III.3.3.1, se agrega un principal adicional, el Estado, que maximiza la utilidad social esperada de los individuos; y por último, en III.3.3.2, se presenta un caso en donde el monto asegurado es menor al valor del daño ambiental para incentivar aún más el esfuerzo por evitar el accidente.

III.3.2. Descripción teórica del modelo con un principal y un agente⁹

III.3.2.1. Prima del seguro

La prima del seguro ambiental (P) es una función creciente en la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental y el monto de cobertura. La expresión es presentada en la Ecuación 14.

$$P = F[p(e), I_A]$$

Ecuación 14

Donde:

$p(e)$ es la probabilidad de ocurrencia del accidente que provoca el daño ambiental.

I_A es el monto asegurado, que puede ser menor o igual a la magnitud del daño ambiental.

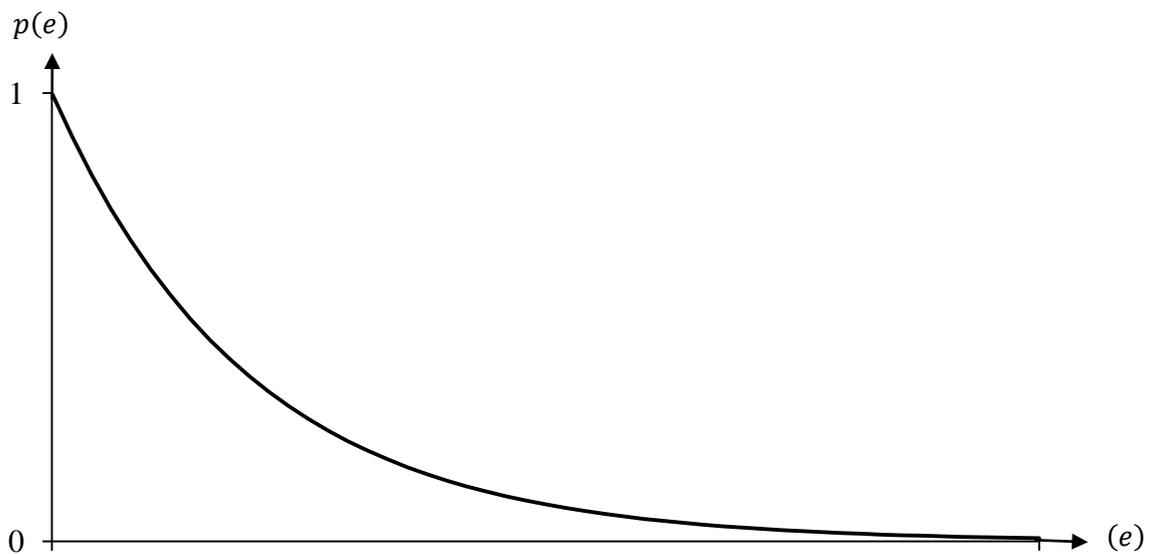
La probabilidad de ocurrencia del daño ambiental ($p(e)$) durante el período depende del esfuerzo (e) que realice la persona física o jurídica potencialmente contaminante (C) para evitarlo, una variable no observable directamente por la empresa aseguradora (I). Por lo que en este caso el agente es el ente potencialmente contaminante (C) y el principal, la entidad aseguradora (I). La probabilidad de ocurrencia del accidente que provoca el daño ambiental disminuye con el aumento del esfuerzo del agente, pero a tasa decreciente. Esto implica que:

⁹ Una versión preliminar de esta sección de la tesis fue publicada en el *Journal of Insurance Markets and Companies: Analyses and Actuarial Computations*, Volume 1, Issue 3 (Pesce, Terceño, Vigier & Durán, 2010).

$$\frac{\partial p(e)}{\partial e} < 0 \quad \wedge \quad \frac{\partial^2 p}{\partial e^2} < 0$$

Si el esfuerzo del agente fuese una variable continua, la probabilidad de ocurrencia del evento que produce daño ambiental puede asociarse a la presentada en la Ilustración 4. En el límite, cuando el esfuerzo del agente tiende a infinito, la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental tiende a cero. Por el contrario, cuando el esfuerzo tiende a cero, el límite de la probabilidad de ocurrencia del daño es igual a 1. Formalmente podría tratarse de una función exponencial del tipo $p(e) = \exp^{-e}$.

Ilustración 4: Probabilidad de ocurrencia del evento que produce daño ambiental en función del esfuerzo



El monto asegurado (I_A), en este primer modelo, se supone equivalente a la magnitud del daño ambiental (D^T), que es calculada a través de la metodología de valoración de recursos naturales que mejor se adapte a las características del caso de daño ambiental que se intenta valorar, para ello, uno puede valerse de la matriz método-factor que ha sido desarrollada en el capítulo II. A modo de ejemplificación, D^T cuando el daño es completamente reparable puede ser calculado como en la Ecuación 15.

$$D^T = \sum_{t=0}^T \frac{RC_t}{(1+k)^t}$$

Ecuación 15

Donde:

RC_t son los costos de restauración del período t , los cuales son actualizados a una tasa de costo de capital k y agregados en el tiempo.

El horizonte temporal T refiere a la cantidad de unidades temporales que consume la restauración completa del daño.

Cuando el daño no es reparable se podría utilizar para su valuación alguna metodología basada en las funciones de demanda a través de preferencias declaradas, tales como valoración contingente, análisis conjunto o experimentos de elección. El dinero en casos de daños irreversibles no se puede utilizar para su restauración, pero puede constituir un fondo para la compensación a los damnificados, o utilizarse para regulaciones directas por parte del Estado. Sin embargo, el valor de daños irreversibles suele ser muy alto para la sociedad, por lo que no sería recomendable que este tipo de daños sea asegurable (tanto por la irreversibilidad de la calidad ambiental como por el monto que este seguro debería cubrir), sino que deberían utilizarse otros instrumentos de política para evitar su acaecimiento, aplicando el principio precautorio. Debido a esto, los casos en los que no hay modo de restablecer un nivel de calidad ambiental aceptable, no serán considerados como objeto del seguro ambiental propuesto teóricamente.

Cuando el daño afecta la función de producción de una empresa puede utilizarse el método de la variación en la productividad de la firma; y cuando el daño no es una externalidad, por lo que el efecto ambiental se encuentra reflejado en el sistema de precios de una economía, puede recurrirse a la valoración mediante funciones de precios hedónicos.

Por último, es dable comentar que la prima para un contrato de seguro ambiental calculada como $P = p(e) * I_A$, cumple con lo que se conoce como prima actuarialmente justa, que es igual a la probabilidad de ocurrencia del evento por el monto del daño. En este caso, solo se establece que la prima es función de esas variables, pero no se especifica la forma funcional.

III.3.2.2. Esfuerzos, estados de la naturaleza y probabilidades de ocurrencia

En este modelo simple se supone que el agente sólo puede realizar dos tipos de esfuerzo: esfuerzo alto o bajo, denotados por e^H y e^L respectivamente¹⁰.

Asimismo, se reconocen dos estados de la naturaleza. En uno de ellos, que acaece con una probabilidad $p(e)$, el daño ocurre (D); y en el otro, no ocurre (ND).

Entonces, las probabilidades de acaecimiento de D y ND, considerando el esfuerzo del agente son:

- $p(e^H)$, la probabilidad de ocurrencia de D, siendo que el agente realiza un esfuerzo alto; y su complemento, la probabilidad de que no ocurra D (es decir, ND) bajo el mismo nivel de esfuerzo $[1 - p(e^H)]$.

¹⁰ Para una versión del modelo en la que la variable esfuerzo sea continua debe trabajarse en la solución bajo el enfoque del primer orden (*first order approach*).

▪ $p(e^L)$, la probabilidad de ocurrencia de D, siendo que el agente realiza un esfuerzo bajo; y su complemento, la probabilidad de que ocurra ND bajo el mismo nivel de esfuerzo $[1 - p(e^L)]$.

Por lo descripto anteriormente, se cumple que $p(e^H) < p(e^L)$; y por lo tanto, $[1 - p(e^H)] > [1 - p(e^L)]$.

III.3.2.3. Función de beneficios esperados incrementales de la entidad aseguradora

Se llama π_I a la función de beneficios esperados incrementales de la entidad aseguradora. Su expresión se presenta en la Ecuación 16.

$$\pi_I = P(e) - C_A - p(e) * I_A^{11}$$

Ecuación 16

Donde:

El primer término representa el cobro de la prima que depende del esfuerzo. Como el esfuerzo es una variable no observable, el principal busca variables correlacionadas con el mismo para establecer el monto de la prima, como por ejemplo, los costos afrontados para la prevención del daño ambiental. Esto es un mecanismo habitual de señalización en los casos en los que el agente no puede revelar directamente su tipo y el principal no puede realizar un monitoreo permanente de las actividades que el agente realiza. Uno de los casos más difundidos de señalización se da cuando el propietario de una firma intenta inferir la productividad inobservable de un trabajador mediante su nivel educativo o costos de la educación (Mas-Colell, Whinston, & Green, 1995). En el caso bajo estudio, se espera que aquellos entes potencialmente contaminantes que tengan mayores costos para prevenir el daño sean los que realicen un esfuerzo más alto respecto al resto de las firmas. Los costos pueden estar representados por amortizaciones de inversiones en tecnologías limpias, mayores costos productivos por procesos de saneamiento, montos de capacitación en prevención de daños ambientales, entre otros.

El segundo término ($-C_A$) es una variable que incluye los costos administrativos, de auditorías y controles de la aseguradora sobre el ente potencialmente contaminante, para verificar el esfuerzo que realiza durante la vida del contrato.

Finalmente, el último término es el que agrega el riesgo a la función de beneficios esperada, y representa la esperanza del costo del accidente, que en forma desagregada se puede expresar como se presenta en la Ecuación 17.

¹¹ Esta función surge de la siguiente expresión: $\pi_I = p(e) * [P(p(e)) - C_A - I_A] + (1 - p(e)) * [P(p(e)) - C_A]$. Aplicando la propiedad distributiva en ambos términos y simplificando, se obtiene la expresión presentada en el planteo del problema a resolver.

$$p(e) * I_A + (1 - p(e)) * 0 = p(e) * I_A$$

Ecuación 17

El margen de beneficios de la entidad aseguradora depende de la estructura de su mercado. Si el mismo es competitivo el beneficio es nulo. En este caso se supone que existen beneficios excedentes por lo que el mercado no es competitivo. Los mismos serán maximizados en la solución del problema, sujeto a determinadas restricciones.

III.3.2.4. Función de utilidad esperada del ente potencialmente contaminante

Se denomina $E(u_C)$ a la función de utilidad esperada del ente potencialmente contaminante. Este agente puede tratarse de una persona física o jurídica. El análisis no debería cambiar sustancialmente dado que las empresas son dirigidas por personas sujetas de ser demandadas¹², aunque es más tradicional hacer el análisis para un individuo. De este modo, se pueden reflejar las preferencias ante el riesgo. En este caso se supone que el agente es adverso al riesgo, por lo que su función de utilidad es estrictamente convexa y tiene dominio tanto para números reales positivos como negativos. La expresión analítica de la utilidad esperada ponderando los resultados en cada uno de los estados de la naturaleza se presenta en la Ecuación 18.

$$E(u_C) = p(e) * u[I_A - P(e) - C(e)] + (1 - p(e)) * u[-P(e) - C(e)]$$

Ecuación 18

Donde:

$p(e)$ es la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental.

$u(*)$ es la función de utilidad del agente.

I_A , expresado dentro de la función de utilidad es el ahorro que se obtiene por no tener que afrontar el costo de restaurar el daño ambiental¹³.

$P(e)$ el costo de la prima del contrato de seguro.

¹² Esta idea se sustenta por lo señalado en el Art. 31 de la Ley General del Ambiente (25675/2002), que establece que “en el caso de que el daño sea producido por personas jurídicas la responsabilidad se hace extensiva a sus autoridades y profesionales, en la medida de su participación”. Además se fortalece con el hecho de que en juicios existentes en la Argentina sobre daños ambientales, se encuentra en riesgo el patrimonio personal de los propietarios, dado que entre las medidas cautelares solicitadas por la parte demandante, se encuentra la no disposición de dividendos.

¹³ Esta idea puede parecer extraña: si el daño ocurre, el agente ahorra el costo de restaurarlo por poseer un seguro. Esto puede suceder en los casos donde el Estado presente normas y controles estrictos que obliguen al ente a restaurar el 100% del daño con su patrimonio, en caso que el evento ocurra y no se posea un seguro. Detrás de este comentario, subyace un supuesto implícito que determina que el patrimonio del ente potencialmente contaminante es suficiente para afrontar la restauración por el monto del daño.

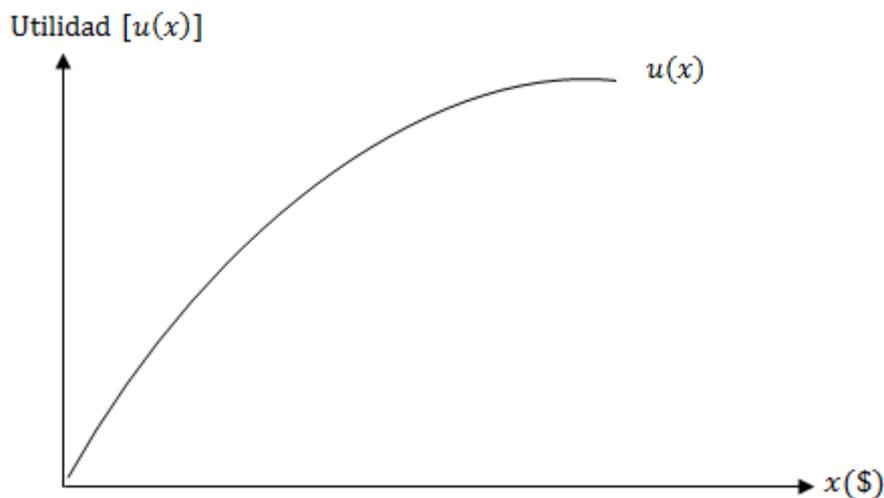
$C(e)$ es el costo del esfuerzo para evitar el accidente. Este último término es una forma de señalar la variable no observable: el esfuerzo. Los costos aumentan positivamente con el esfuerzo, esto es:

$$\frac{\partial C(e)}{\partial e} > 0$$

La derivada segunda de la función de costos del esfuerzo puede ser alguno de los siguientes casos: con presencia de economías de escala, lineal o con esfuerzos cada vez más costosos (<0 ; $=0$; >0 respectivamente).

Se supone que la probabilidad de quiebra del ente potencialmente contaminante es nula, con lo cual puede afrontar los pagos necesarios relacionados con la cobertura u ocurrencia del daño ambiental.

Ilustración 5: Función de utilidad de un agente adverso al riesgo



III.3.2.5. El problema a resolver

El problema a resolver implica maximizar el beneficio esperado del principal en relación a la prima P , en función de la cual el agente elegirá el nivel de esfuerzo e (Ecuación 19), sujeto a las condiciones de participación del agente (Ecuación 20) y a la condición de compatibilidad de incentivos o de incentivos relativos (Ecuación 21). Obsérvese que el monto de la cobertura en este modelo básico, si bien no es exógeno, no es una variable a optimizar, dado que su valor se determina mediante una valuación teórica del daño.

$$\max_{e,P} \pi_I = P(e) - C_A - p(e) * I_A$$

Ecuación 19

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$E(u_C) = p(e^H) * u[I_A - P(p(e^H)) - C(e^H)] + (1 - p(e^H)) * u[-P(p(e^H)) - C(e^H)] > \bar{u}_C$$

Ecuación 20

$$\begin{aligned} E(u_C(e^H)) &= p(e^H) * u[I_A - P(p(e^H)) - C(e^H)] + (1 - p(e^H)) * u[-P(p(e^H)) - C(e^H)] \geq E(u_C(e^L)) \\ &= p(e^L) * u[I_A - P(p(e^L)) - C(e^L)] + (1 - p(e^L)) * u[-P(p(e^L)) - C(e^L)] \end{aligned}$$

Ecuación 21

Donde:

La primera restricción implica que la utilidad esperada del agente realizando un esfuerzo alto es mayor a un valor constante \bar{u}_C , conocido como la utilidad de reserva.

La segunda restricción significa que la utilidad esperada del agente haciendo el esfuerzo alto tiene que ser igual o superior a la utilidad esperada derivada de un esfuerzo bajo.

El análisis del problema se realiza desde una perspectiva gráfica, utilizando el modelo de la Caja de *Edgeworth*. Dado que las funciones se definieron genéricamente, arribar a una solución analítica no agregaría información relevante, debido a que las condiciones también quedarían expresadas en términos indefinidos.

III.3.2.6. Resultados y proposiciones

A continuación se presentan las matrices de resultados para el principal (Tabla 5) y para el agente (Tabla 6), teniendo en cuenta el tipo de esfuerzo que realiza el agente y el estado de la naturaleza; es decir, si ocurre el daño ambiental (D) o no (ND). En la última fila de cada caso se presenta el valor esperado bajo esa especificación del problema.

Tabla 5: Matriz de resultados para el principal

Si el esfuerzo del agente es alto (H)

Si D $\pi_I(D) = P(p(e^H)) - C_A - I_A$

Si ND $\pi_I(ND) = P(p(e^H)) - C_A$

VALOR ESPERADO $E(\pi_I(e^H)) = p(e^H) * [P(p(e^H)) - C_A - I_A] + (1 - p(e^H)) * [P(p(e^H)) - C_A]$

Si el esfuerzo del agente es bajo (L)

Si D $\pi_I(D) = P(p(e^L)) - C_A - I_A$

Si ND $\pi_I(ND) = P(p(e^L)) - C_A$

VALOR ESPERADO $E(\pi_I(e^L)) = p(e^L) * [P(p(e^L)) - C_A - I_A] + (1 - p(e^L)) * [P(p(e^L)) - C_A]$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Matriz de resultados para el agente

Si el esfuerzo del agente es alto (H)

Si D $u_C(D) = u[I_A - P(p(e^H)) - C(e^H)]$

Si ND $u_C(ND) = u[-P(p(e^H)) - C(e^H)]$

UTILIDAD ESPERADA $E(u(e^H)) = p(e^H) * u[I_A - P(p(e^H)) - C(e^H)] + (1 - p(e^H)) * u[-P(p(e^H)) - C(e^H)]$

Si el esfuerzo del agente es bajo (L)

Si D $u_C(D) = u[I_A - P(p(e^L)) - C(e^L)]$

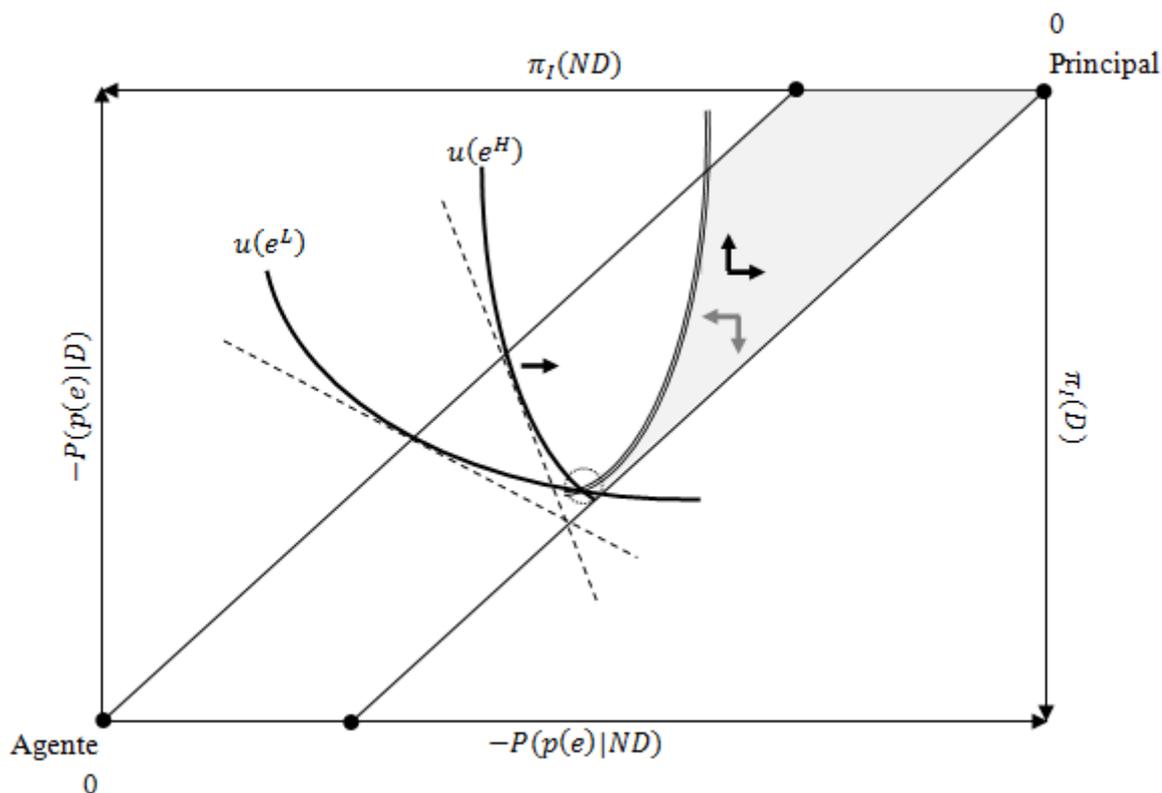
Si ND $u_C(ND) = u[-P(p(e^L)) - C(e^L)]$

UTILIDAD ESPERADA $E(u(e^L)) = p(e^L) * u[I_A - P(p(e^L)) - C(e^L)] + (1 - p(e^L)) * u[-P(p(e^L)) - C(e^L)]$

Fuente: Elaboración propia.

Se presentan los resultados y la dinámica del problema gráficamente en la Ilustración 6. Para ello se trabaja con un modelo tipo Caja de *Edgeworth*, en donde el origen del agente está situado en el vértice inferior izquierdo y el del principal en el superior derecho. Los ejes del agente cuantifican la variable $(-P)$, es decir el valor de la prima a pagar con signo negativo, en cada uno de los estados de la naturaleza (D o ND). Esto implica que a mayor $(-P)$ (es decir, cuanto menor sea la prima P en valores absolutos), más utilidad obtendrá el agente (*ceteris paribus* el resto). Los ejes del principal cuantifican los beneficios obtenidos en ambos estados posibles de la naturaleza.

Ilustración 6: Dinámica del problema principal-agente



Fuente: Elaboración propia.

Las rectas a 45° que parten del origen del agente y del principal respectivamente (que terminan en círculos rellenos para ser identificables) son las líneas de certeza. Sobre las mismas, el resultado que obtiene cada uno de los participantes del problema es el mismo independientemente del estado de la naturaleza que acaezca. La función $u(e^L)$ es la curva de indiferencia del agente cuando realiza el esfuerzo bajo, mientras que $u(e^H)$ corresponde al caso en que realiza el esfuerzo alto. Obsérvese que la pendiente de dicha curva de indiferencia es más elevada (en valores absolutos). La curva de indiferencia dado el esfuerzo bajo e^L , corta la línea de certeza del agente con una pendiente igual al cociente de las probabilidades $-(1-p(e^L))/p(e^L)$ que corresponden a e^L ; mientras que la curva de indiferencia cuando el esfuerzo es alto e^H presenta una pendiente de $-(1-p(e^H))/p(e^H)$, mayor a la primera en valores absolutos¹⁴. Esto sucede porque las probabilidades de ocurrencia del daño (y no daño) dependen del esfuerzo que realice el agente, por ello las curvas presentan pendientes diferentes.

Para que se cumpla la restricción de participación del agente, la utilidad esperada del esfuerzo alto tiene que ser mayor a la utilidad de reserva \bar{u}_C . La utilidad será mayor en los puntos ubicados hacia arriba y a la derecha de la Caja de *Edgeworth*.

¹⁴ Recuérdese que $p(e^H) < p(e^L)$, y por lo tanto, $[1-p(e^H)] > [1-p(e^L)]$, por los motivos explicados en la sección III.3.2.2, sobre esfuerzos y probabilidades de ocurrencia.

Además, debe cumplirse la condición de compatibilidad de incentivos, para lo cual el contrato ofrecido debe situarse sobre la curva con trazo doble (en caso de cumplimiento de la restricción con igualdad) o a su derecha¹⁵. Las flechas en negro señalan el área hacia la cual se cumplen las restricciones del agente.

Por otro lado, el principal trata de maximizar sus beneficios, para lo cual buscará contratos ubicados hacia abajo y a la izquierda que son los que proveen los mejores resultados para él. Las flechas en gris representan la dinámica de maximización del beneficio del principal. La zona factible de contratos se encuentra sombreada en gris y el contrato límite se encuentra encerrado en un círculo discontinuo: en ese punto de intersección el principal maximiza sus beneficios, cumpliendo con las restricciones de participación y de compatibilidad de incentivos del agente para que el mismo realice el esfuerzo alto.

A partir del análisis anterior, se desprenden cuatro proposiciones que caracterizan el resultado.

Proposición I. *La oferta de contratos de seguros ambientales con prima constante no arroja los incentivos adecuados para que los agentes realicen el esfuerzo alto.*

La explicación de esta proposición es intuitiva. Si la prima cobrada es la misma, el beneficio de un mayor esfuerzo lo absorbe el principal, dado que el mismo obtendrá $\pi_I = \bar{P} - C_A - p(e^H) * I_A$, siendo el último término menor a $p(e^L) * I_A$. Sin embargo, el agente nunca elegirá realizar el esfuerzo alto (e^H), dado que con la prima constante, la utilidad esperada del mismo es $p(e^H) * u[I_A - \bar{P} - C(e^H)] + (1 - p(e^H)) * u[-\bar{P} - C(e^H)]$ en el caso de hacer el esfuerzo alto; y $p(e^L) * u[I_A - \bar{P} - C(e^L)] + (1 - p(e^L)) * u[-\bar{P} - C(e^L)]$ para el esfuerzo bajo; siendo $C(e^H) > C(e^L)$ y $p(e^H) < p(e^L)$.

Proposición II. *Un agente adverso al riesgo obtiene una mayor utilidad si traslada el riesgo al principal, mediante un contrato de seguro ambiental. Por el contrario, un agente neutral al riesgo prefiere la opción del auto-seguro.*

La explicación de esta proposición reside en el resultado tradicional que surge del caso en que el esfuerzo es no observable y el agente es neutral al riesgo (lo mismo sucede bajo perfecta observabilidad del esfuerzo). En este caso, el contrato óptimo consiste en trasladar el riesgo del negocio al agente, tal como si este fuese el “dueño” del proyecto, y de este modo, elegirá el esfuerzo más alto. Esta situación ilustrada no

¹⁵ La ilustración gráfica de la restricción de compatibilidad de incentivos para el agente depende de la forma funcional de su función de utilidad. En este caso se suponen funciones de utilidad con aversión al riesgo, por lo que la restricción presenta una curvatura de ese tipo. Asimismo se supone que las funciones de utilidad de ambos agentes solo se cruzan una vez (*single-crossing condition*). La curva con trazo doble contiene todas las intersecciones entre $u(e^H)$ y $u(e^L)$ para distintos niveles de utilidad.

refleja un marco en donde el seguro sea una alternativa viable. Justamente, en ese escenario el agente prefiere auto-asegurarse.

***Proposición III.** Cualquier contrato por fuera del área sombreada en gris en la Ilustración 6 constituye un contrato sin incentivos óptimos para el agente, por lo que el esfuerzo por evitar el daño ambiental del ente potencialmente contaminante será menor (en el caso de solo dos tipos de esfuerzo, será el esfuerzo bajo), la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental será mayor y por lo tanto, la prima cobrada también será mayor.*

La proposición III se deriva del no cumplimiento de la condición de compatibilidad de incentivos del agente. Sin embargo, otra sentencia deriva de la misma: la asimetría de la información tiene un costo para el principal dado que la prima cobrada es menor que en el caso con información perfecta, por lo que los beneficios que este obtiene son menores.

***Proposición IV.** El área sombreada de gris en la Ilustración 6 determina un espacio de contratos factibles, más sólo uno de ellos maximiza el beneficio esperado para el principal. Este es el contrato en donde se interceptan las curvas de indiferencia del esfuerzo bajo y el alto, junto con la restricción de compatibilidad de incentivos.*

En todos los otros puntos de la zona factible el principal no se encuentra maximizando el beneficio esperado (los puntos más a la derecha y arriba implican reducciones en el beneficio del principal), dado que siempre se puede aumentar la prima sin provocar que el agente deje de participar del contrato ni que elija el esfuerzo no deseado.

III.3.3. Extensiones al modelo básico

A continuación se presentan dos extensiones sobre el modelo básico que fue desarrollado anteriormente. El objetivo es evaluar si el resultado obtenido cambia incorporando modificaciones sobre el modelo básico, y determinar cuál de todos los modelos se ajusta o refleja mejor la realidad para poder realizar sugerencias de política en pos de incentivos que promuevan una mayor protección al medio ambiente.

Una de las extensiones consiste en agregar la participación del Estado, como un principal adicional. De este modo, las preferencias de los individuos se reflejan mediante el planificador central que maximiza su utilidad. Otra de las extensiones, implica la reducción del monto asegurable del contrato, no cubriendo el 100% del daño, sino sólo una porción de él. Esto brinda mayores incentivos para la prevención del acaecimiento del accidente ambiental.

A continuación se presentan brevemente los planteos formales para dichas extensiones y los resultados que se desprenden de ellas.

III.3.3.1. Modelo con dos principales y un agente

Al modelo básico puede incorporarse la participación del Estado, como un principal adicional, que se desempeña como planificador central maximizando la esperanza de la utilidad conjunta de la sociedad o utilidad social.

La función de utilidad esperada del Estado ($E(U_G)$) se presenta en la Ecuación 22.

$$E(U_G) = \sum_{n=1}^N \{E[U_n(V_t)] - p(e) * D_n(D^T) - D_n(C_R)\}$$

Ecuación 22

El Estado agrega las funciones de utilidad esperada $E[U_n(V_t)]$ de los N individuos existentes en la economía. La utilidad esperada de los mismos depende positivamente del valor de los recursos naturales hoy (V_0), negativamente del daño ambiental (D^T) y positivamente del monto que debe cubrirse en caso de ocurrir el daño ambiental según lo establecido en la legislación (L^{c+i}). Este último monto (L^{c+i}) puede incluir una suma para la restauración del daño de incidencia colectiva más un adicional para la compensación de daños indirectos. En este caso, se supone que el monto a cubrir coincide con el monto asegurado: $L^{c+i} = I_A$.

La desagregación de esta utilidad esperada para cada uno de los individuos se presenta en la Ecuación 23.

$$E[U_n(V_t)] = U_n(V_0) * [1 - p(e)] + U_n(V_0 - D^T + L^{c+i}) * p(e)$$

Ecuación 23

También se considera la desutilidad esperada que provoca en los individuos la reducción de la calidad ambiental: $p(e) * D_n(D^T)$. Es decir, se resta la esperanza de la desutilidad del daño. Es importante destacar que esta desutilidad es independiente de la utilidad de los recursos naturales en un estado donde acaece el daño.

El último término, $D_n(C_R)$, representa el costo de regulaciones expresado en unidades de desutilidad para los individuos, dado que la partida presupuestaria consumida en regulaciones ambientales restringe el presupuesto disponible para otros fines. Este último término es determinístico, es decir, no se encuentra influenciado por la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental.

El problema a resolver en este caso implica maximizar la función de utilidad esperada para el Estado que se desenvuelve como planificador central (Ecuación 24), sujeto a las condiciones de participación del ente potencialmente contaminante (Ecuación 25), la condición de compatibilidad de incentivos o de incentivos relativos también para el agente (Ecuación 26) y la condición de participación de la entidad aseguradora, el otro principal (Ecuación 27).

$$\max_{e,P} E(U_G) = \sum_{n=1}^N \{E[U_n(V_t)] - p(e) * D_n(D^T) - D_n(C_R)\}$$

Ecuación 24

$$E(u_C) = p(e^H) * u[I_A - P(p(e^H)) - C(e^H)] + (1 - p(e^H)) * u[-P(p(e^H)) - C(e^H)] > \bar{u}_C$$

Ecuación 25

$$\begin{aligned} E(u_C(e^H)) &= p(e^H) * u[I_A - P(p(e^H)) - C(e^H)] + (1 - p(e^H)) \\ &* u[-P(p(e^H)) - C(e^H)] \geq E(u_C(e^L)) \\ &= p(e^L) * u[I_A - P(p(e^L)) - C(e^L)] + (1 - p(e^L)) \\ &* u[-P(p(e^L)) - C(e^L)] \end{aligned}$$

Ecuación 26

$$\pi_I = P(e) - C_A - p(e) * I_A \geq \pi_I(0)$$

Ecuación 27

Siendo $\pi_I(0)$ el beneficio de reserva para la entidad aseguradora. O bien, si el mercado de las aseguradoras es competitivo, esta restricción puede re-expresarse como: $\pi_I = P(e) - C_A - p(e) * I_A = 0$.

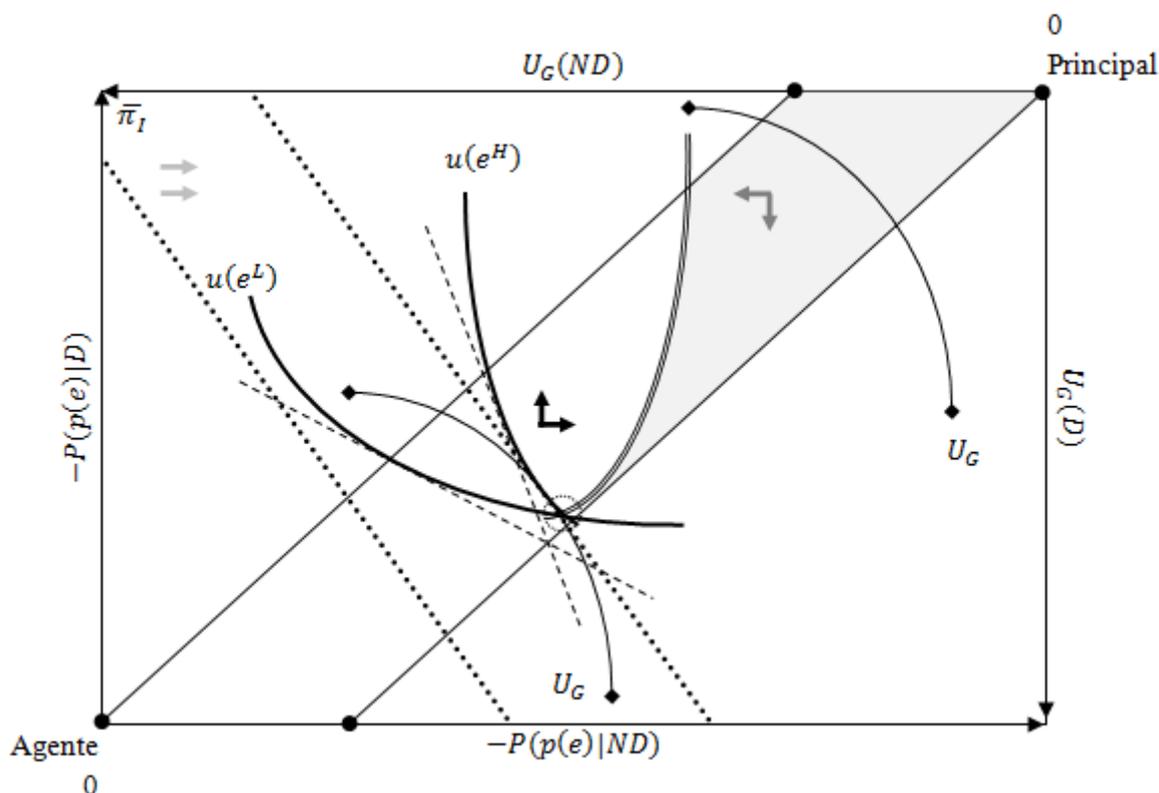
La dinámica del problema principal-agente para esta extensión del modelo se presenta en la Ilustración 7.

Los ejes del principal miden la utilidad social en caso de que acaezca el daño ($U_G(D)$) o no ($U_G(ND)$). Las curvas de utilidad para el Estado son aquellas con extremos romboides y la utilidad crece hacia abajo y a la izquierda (flechas de dinámica en gris oscuro).

La utilidad para el ente potencialmente contaminante se grafica en el mismo entorno que para el modelo básico, siguiendo las mismas referencias, con lo cual la utilidad crece hacia arriba y a la derecha (flechas de dinámica en negro).

Las rectas punteadas son las funciones de isobeneficio ($\bar{\pi}_I$) para la entidad aseguradora. El beneficio para la misma crece en P , es decir al aumentar el monto de la prima, con lo cual el beneficio crece hacia la derecha (flecha de dinámica en gris claro).

Ilustración 7: Dinámica del problema principal-agente para el modelo con dos principales



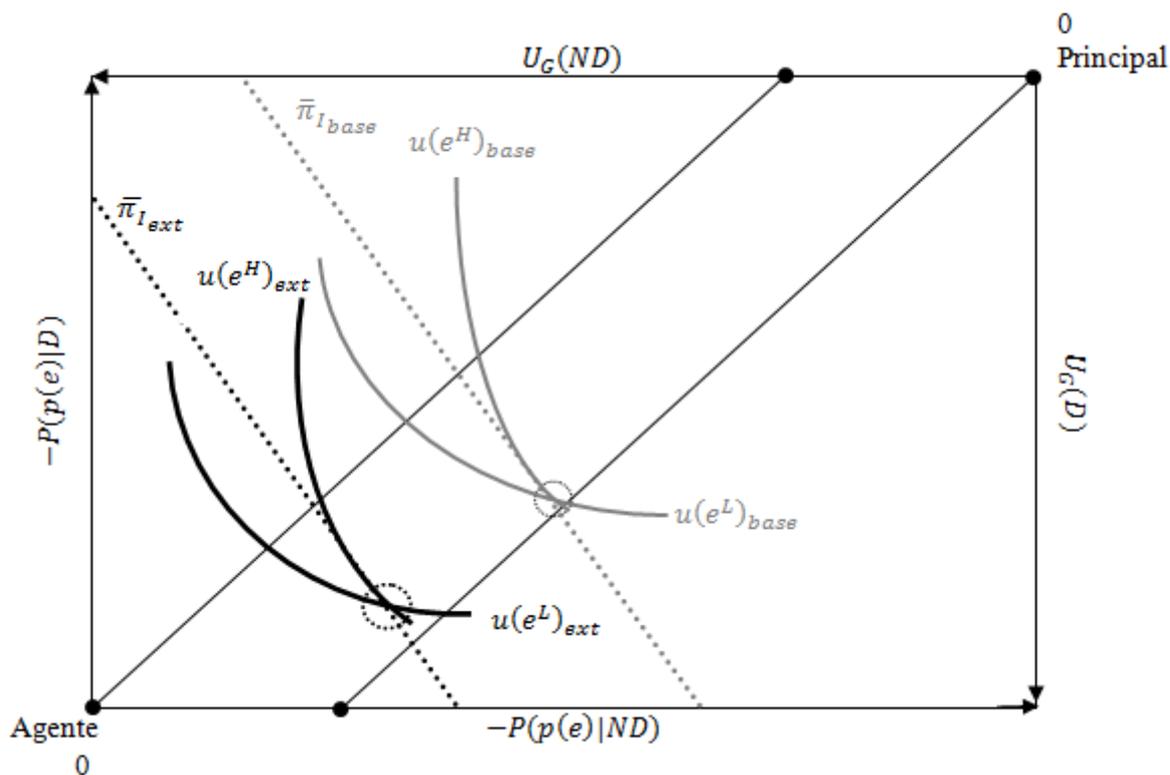
Fuente: Elaboración propia.

El resultado no cambia sustancialmente respecto al caso básico, sin embargo esta extensión aporta información para el análisis y entendimiento del problema desde el punto de vista de las víctimas del daño ambiental, representadas mediante el Estado.

El aumento de la utilidad social produce un detrimento de la utilidad para el ente potencialmente contaminante y del beneficio para la compañía aseguradora, lo cual tiene una lógica irrefutable: esto representa el clásico *trade-off* entre el bienestar social y los beneficios privados. Desde la óptica gráfica implica trasladarse de equilibrios situados en puntos arriba a la derecha a equilibrios ubicados más abajo y a la izquierda. Debido a que el Estado es el principal maximizador, la solución se presenta en el punto más abajo y a la izquierda de los factibles, dado que se tienen que cumplir las tres condiciones presentadas de participación y compatibilidad de incentivos.

Una comparación entre la solución del modelo básico y la encontrada en esta extensión se presenta en la Ilustración 8, en la cual se han omitido las funciones de utilidad social para hacerlas comparables. Asimismo, los beneficios de la aseguradora se representan mediante curvas de isobeneficio. Dentro de la caja se ilustra en gris la solución del modelo básico y en negro la solución de la extensión con dos principales, que arroja una mayor utilidad social, en conjunto con un menor beneficio privado para la aseguradora y menor utilidad para el ente potencialmente contaminante.

Ilustración 8: Comparación de soluciones entre el modelo básico y la extensión con dos principales



Fuente: Elaboración propia.

El modelo planteado mediante la Caja de *Edgeworth* no permite realizar comparaciones exactas entre los niveles de utilidad y beneficios en esta solución y aquella arribada mediante el modelo básico, dado que no se definieron las funciones que están involucradas y participa un jugador más en el problema.

III.3.3.2. Modelo con daño compartido

En este modelo, la entidad aseguradora en su rol de principal no asegura el monto para la restauración de la totalidad del daño, sino sólo una porción de él, que es lo más habitual en el mercado de seguros. I_A es el monto del daño asegurado mediante el contrato, pero en esta extensión dicho monto corresponde a un valor inferior al valor del daño ambiental, a diferencia del modelo básico.

La diferencia entre el monto del daño a ser cubierto (L^{c+i}) y el monto asegurado, queda bajo la responsabilidad del ente potencialmente contaminante. Si ocurre el daño, este debe cubrir una suma equivalente a $(L^{c+i} - I_A)$, es decir, la porción del valor del daño que no se asegura. Se puede plantear que $(L^{c+i} - I_A) = \tau * L^{c+i}$ donde τ es un porcentaje estrictamente mayor a 0% y menor a 100%. El tamaño de la porción no asegurable puede depender del esfuerzo que realice el agente, e indirectamente de la

prima del contrato de seguro ambiental. Este sistema de seguro se denomina con franquicia.

En esta extensión del modelo, se comparte el riesgo entre el principal y el agente, brindando mayores incentivos para incrementar el esfuerzo en pos de reducir la probabilidad de ocurrencia del accidente ambiental. Los incentivos se dan por tres vías: la reducción de la prima por señalar un ente potencialmente contaminante que realiza un esfuerzo alto; la disminución de la probabilidad de tener que pagar la porción del daño no asegurado y la reducción de τ , la porción no asegurable del daño. Entonces, las ecuaciones 14, 16 y 18 del modelo básico pueden re-expresarse como se presenta en las ecuaciones 28, 29 y 30.

$$P = f[p(e), I_A], \text{ con } I_A < L^{c+i}$$

Ecuación 28

$$\pi_I = P(e) - C_A - p(e) * I_A, \text{ con } I_A < L^{c+i}$$

Ecuación 29

$$E(u_C) = p(e) * u[(-L^{c+i} + I_A) - P(e) - C(e)] + (1 - p(e)) * u[-P(e) - C(e)]$$

Ecuación 30

Se puede observar que formalmente las ecuaciones 28 y 29 son equivalentes a las ecuaciones 14 y 16 respectivamente. Sin embargo, dado que el monto asegurado (I_A) es menor que el valor del daño en esta extensión, la prima es menor que en el modelo básico y el beneficio esperado de la aseguradora es mayor, *ceteris paribus* el resto de las variables.

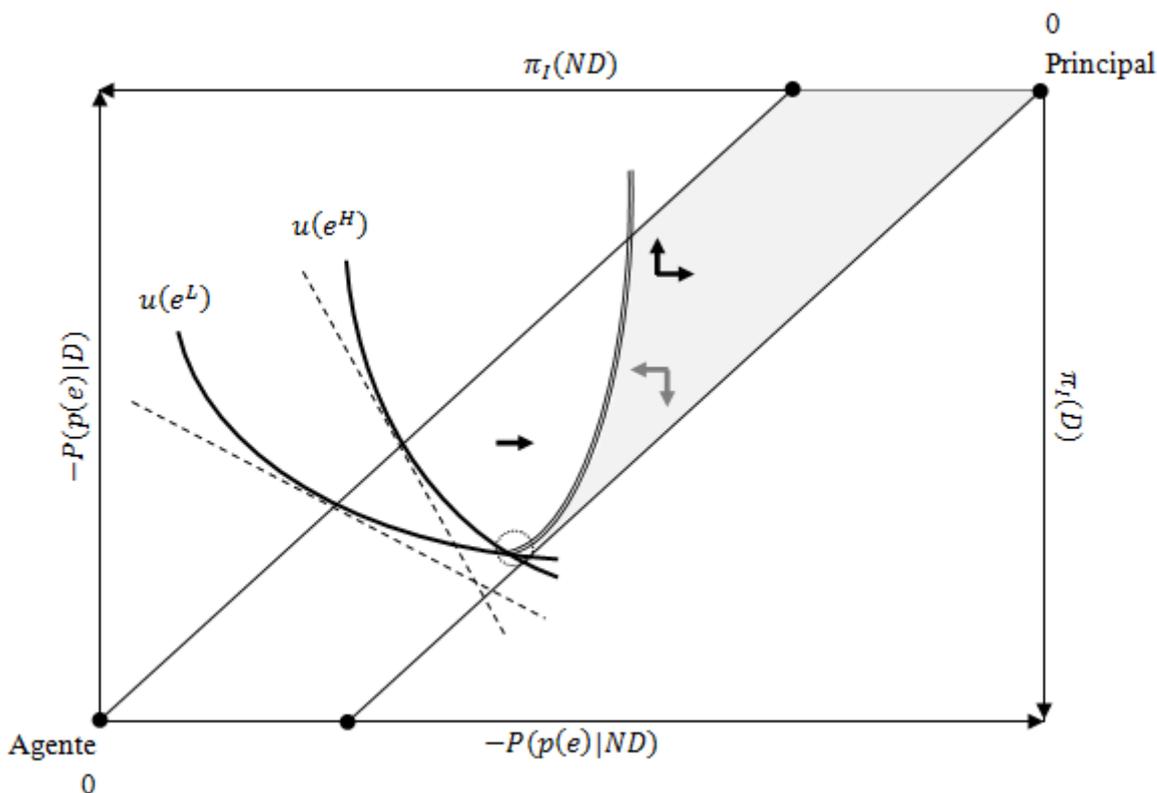
En la Ecuación 30, el monto de daño no asegurable ($L^{c+i} - I_A$) no es incremental respecto a la situación sin seguro ambiental. También podría plantearse la Ecuación 30 como una función de beneficios esperados para la entidad potencialmente contaminante. Esta expresión se presenta en la Ecuación 31.

$$\pi_C = p(e) * [(-L^{c+i} + I_A) - P(e) - C(e)] + (1 - p(e)) * [-P(e) - C(e)]$$

Ecuación 31

La dinámica del problema principal-agente para esta extensión del modelo se presenta en la Ilustración 9.

Ilustración 9: Dinámica del problema principal-agente en el modelo con daño compartido



Fuente: Elaboración propia.

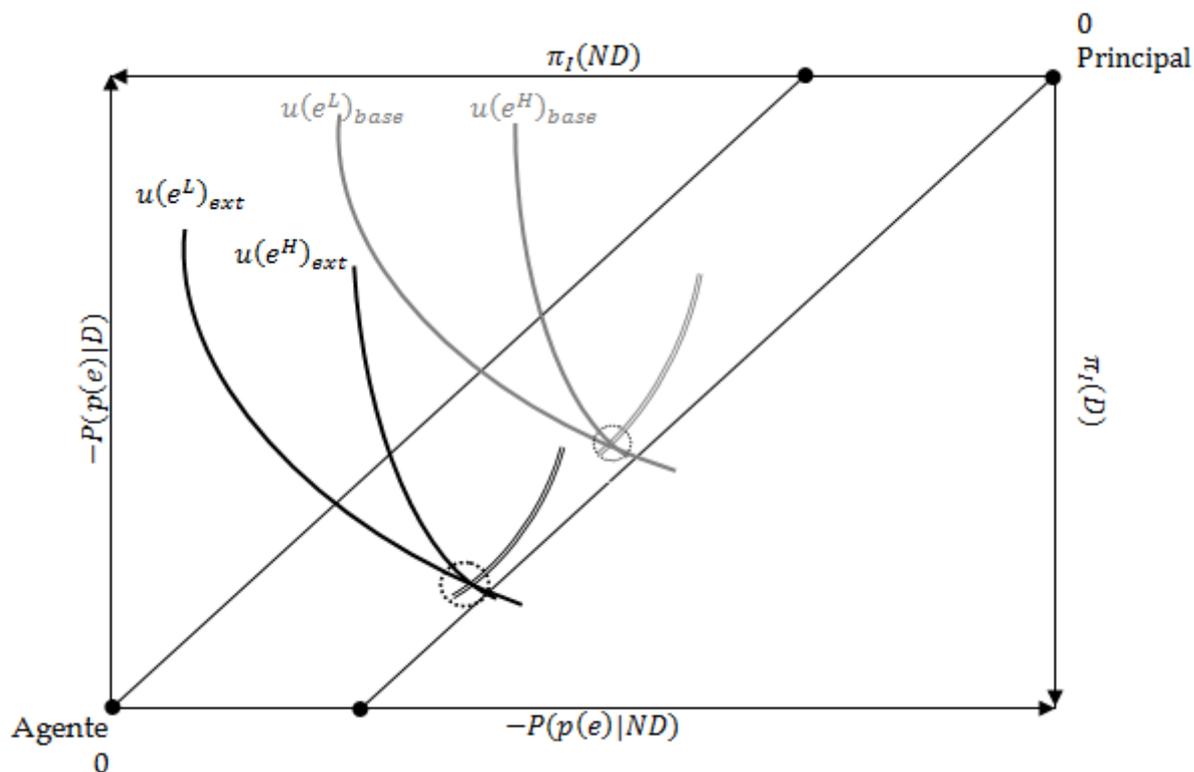
Uno de los resultados que se desprende del análisis presentado es que la utilidad esperada para el ente potencialmente contaminante es menor respecto a la solución del modelo básico, dado el mismo nivel de esfuerzo. Obsérvese que gráficamente los niveles de utilidad en la solución del problema están más abajo y a la izquierda para el agente, con lo cual estas curvas de indiferencia reflejan un menor nivel de utilidad. Desde el punto de vista analítico, esto tiene su origen en el hecho de compartir el riesgo de la cobertura del daño con la aseguradora. Si el daño acaece, el ente potencialmente contaminante sufre una pérdida mayor.

Debido al diseño del contrato con franquicia, la prima que maximiza el beneficio para la aseguradora y cumple con las condiciones de aceptación y de compatibilidad de incentivos para el agente es menor, dado que el monto con cobertura por parte de la aseguradora también es menor.

El beneficio de la aseguradora es mayor en el escenario de ocurrencia del daño ambiental en comparación con el modelo básico, manteniendo constante el resto de las variables.

La comparación gráfica entre la solución de esta extensión y la del modelo básico se presenta en la Ilustración 10. En la misma, las curvas de utilidad bajo los supuestos del modelo básico se grafican en gris, mientras que la solución para la segunda extensión analizada se representa mediante las curvas en negro.

Ilustración 10: Comparación de soluciones entre el modelo básico y la extensión con daño compartido



Fuente: Elaboración propia.

La ventaja de este modelo por sobre el resto es que si el asegurado traslada el riesgo de su actividad en forma total al asegurador, se satisface el objetivo de la reparación del daño pero no se generan estímulos para la prevención o evitación de accidentes (excepto a través de la prima, como en el modelo básico). Pero si una parte de la indemnización por daño repercute en el patrimonio del ente contaminante, el seguro tendrá un efecto disuasivo, promoviendo las acciones preventivas necesarias tendientes a evitar el daño. Este modelo es similar a los seguros de responsabilidad civil sobre bienes personales que existen en el mercado (por ejemplo, el seguro automotor, el seguro de vivienda, entre otros), que tienen una franquicia establecida, sin proveer cobertura por el valor total del daño.

Si en este modelo se incorpora al Estado en la figura de principal, como maximizador de la utilidad social, nuevamente se arriba a un equilibrio más abajo y a la izquierda, lo que implica un mayor nivel de utilidad social. Esto se produce debido a que el agente realiza un mayor nivel de esfuerzo para proteger el medio ambiente. En este esquema no es posible observar esta situación dado que las funciones de utilidad son privadas.

III.4. Análisis empírico de los seguros ambientales en la Argentina¹⁶

III.4.1. Metodología y fuentes de información

La primera sección del análisis empírico presentado a continuación se trata de un estudio exploratorio, que busca examinar los contratos de seguros ambientales en la Argentina. Para ello, en primer lugar se elabora una revisión de la normativa vigente y luego se describe la conformación de este tipo de contratos en nuestro país.

La sección finaliza con un estudio descriptivo que aborda las potenciales causas del incipiente desarrollo de los seguros ambientales en nuestro país.

Para la elaboración del análisis empírico se recurrió a fuentes primarias y secundarias de información. Dentro de las fuentes primarias, se desarrolla una entrevista personal domiciliar a un empresario en el mercado de seguros en la Argentina (Sr. O. Ottonello), entrevistas telefónicas a miembros de la Cámara Argentina de Aseguradoras de Riesgo Ambiental¹⁷ y consultas mediante correo electrónico a integrantes de la Superintendencia de Seguros de la Nación.

Como fuentes de información secundarias, se utilizan las normativas vigentes constituidas por el artículo 41 de la Constitución Nacional, la Ley Nacional 25675/2002 y las resoluciones de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y de la Superintendencia de Seguros de la Nación en relación al artículo 22 de la citada ley. La totalidad de las normativas se encuentran disponibles públicamente. Asimismo, se recurre a la información disponible en las páginas web de la Superintendencia de Seguros de la Nación y portales informativos de seguros de nuestro país conocidos como SegurosAlDía.com y Todo Riesgo TV.

III.4.2. Normativa vigente en la Argentina

Las normativas vigentes en la Argentina en torno a los seguros ambientales surgen a partir del artículo 41 de la Constitución Nacional (Argentina, Convención Nacional Constituyente, 1994). En el mismo se establece que:

ARTÍCULO 41.- Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la

¹⁶ Una versión preliminar de esta sección de la tesis se encuentra en prensa para ser publicada en la *Revista de Economía Política de Buenos Aires* (Pesce, Vigier & Durán, 2012). Previamente fue presentada y publicada en los anales de la XLV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política en la Universidad de Buenos Aires (Pesce, Vigier & Durán, 2010).

¹⁷ Se intentaron concertar dos entrevistas personales con miembros de la Cámara Argentina de Aseguradoras de Riesgo Ambiental, pero ninguna de las ocasiones se pudo efectivizar la misma.

protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales. Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos.

Nacida a partir de la obligación constitucional de recomponer el daño ambiental, la Ley General del Ambiente N° 25675/2002 (Argentina, Honorable Congreso de la Nación Argentina, 2002), en su artículo 22 sobre seguro ambiental y fondo de restauración establece que:

ARTICULO 22.- Toda persona física o jurídica, pública o privada, que realice actividades riesgosas para el ambiente, los ecosistemas y sus elementos constitutivos, deberá contratar un seguro de cobertura con entidad suficiente para garantizar el financiamiento de la recomposición del daño que en su tipo pudiere producir; asimismo, según el caso y las posibilidades, podrá integrar un fondo de restauración ambiental que posibilite la instrumentación de acciones de reparación.

En relación al esquema de responsabilidad por daño ambiental, en la Argentina se sigue un modelo de carácter objetivo o de responsabilidad estricta. Al respecto, los artículos 28 y 29 de la Ley General del Ambiente N° 25675/2002 (Argentina, Honorable Congreso de la Nación Argentina, 2002) establecen la obligación objetiva del restablecimiento al estado anterior a la producción del daño, siendo las únicas causas de exención de responsabilidad la culpa exclusiva de la víctima o de un tercero.

Esta ley fue reglamentada mediante un conjunto de resoluciones de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) y otras instituciones gubernamentales, como la Secretaría de Finanzas y la Superintendencia de Seguros de la Nación (S.S.N.). Las reglamentaciones se mencionan a continuación y se detallan a posteriori.

- Resolución N° 177/2007 (Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2007a) y sus modificatorias, Resoluciones N° 303/2007 (Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2007b) y N° 1639/2007 (Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2007d).

- Resolución N° 178/2007 (Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2007c), en conjunto con la Resolución N° 12/2007 de la Secretaría de Finanzas.

- Resolución N° 1973/2007 (Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2007e), en conjunto con la Resolución N° 98/2007 de la Secretaría de Finanzas.

- Resolución N° 1398/2008 (Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2008).

- Resolución N° 35186/2010 (Argentina, Superintendencia de Seguros de la Nación, 2010).
- Resolución N° 481/2011 (Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2011a).
- Resolución Conjunta N° 945/2011 (Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2011b) y N° 66/2011 de la Secretaría de Finanzas.
- Resolución N° 42/2011 (Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2011c).

Además existen algunas normas complementarias de las distintas jurisdicciones, como las provincias, en relación a la exigencia del seguro ambiental obligatorio. Las mismas no serán detalladas dado que se trata de normas de menor rango de jerarquía.

En la Resolución N° 177/2007 (SAyDS) y sus modificatorias, la Resolución N° 303/2007¹⁸ y N° 1639/2007¹⁹ (SAyDS), se aprueban las normas operativas para la contratación de seguros. Se establece como actividades riesgosas aquellas listadas en el Anexo I de la resolución con un Nivel de Complejidad Ambiental (Anexo II) con categorías 2 ó 3, que representan mediana o alta complejidad respectivamente.

El Anexo I menciona actividades tales como la extracción de minerales de varios tipos, la explotación de minas y canteras, la elaboración de productos alimenticios y bebidas, la fabricación de productos textiles, la agricultura, la ganadería y la caza, la silvicultura, el curtido y el preparado de cueros, la fabricación de sustancias y productos químicos, la fabricación de productos de caucho, de plástico, de metal, la fabricación de equipos, el reciclamiento, la generación y el transporte de electricidad, gas, vapor y agua caliente, el transporte de sustancias y/o residuos peligrosos, entre otras.

El Anexo II determina el cálculo del Nivel de Complejidad Ambiental tal como se presenta en la Ecuación 32.

$$NCA = Ru + ER + Ri + Di + Lo + AjSP - AjSGA$$

Ecuación 32

Donde:

NCA es el nivel de complejidad ambiental

Ru es el rubro de la empresa potencialmente contaminante. Puede tomar valor 1, 5 ó 10 de acuerdo a la tipificación de la actividad.

ER es el término que representa la generación de efluentes y residuos por parte del establecimiento. De acuerdo a la cantidad y calidad de efluentes y residuos gaseosos, líquidos, sólidos y semisólidos, puede tomar valores iguales a 0, 1, 3, 4 ó 6.

¹⁸ Modifica la Resolución 177/2007 (SAyDS) reformulando, entre otras cuestiones, el Anexo I con el listado de las actividades riesgosas.

¹⁹ Modifica las Resoluciones 177/2007 y 303/2007 (SAyDS) sustituyendo los Anexos I y II.

Ri se refiere a los riesgos específicos de la actividad que pueden afectar a la población o al medio ambiente circundante. Tiene en cuenta el riesgo por aparatos sometidos a presión, acústico, por sustancias químicas, de explosión y de incendio.

Di es el dimensionamiento del establecimiento. Tiene en cuenta la dotación de personal, la potencia instalada y la superficie.

Lo representa la localización del establecimiento. Para su cuantificación considera la zonificación municipal (parque industrial; industria exclusiva o rural; resto de las zonas) y la infraestructura de servicios que posee referida a agua, cloaca, luz y gas²⁰.

AjSP es el ajuste por el manejo de sustancias particularmente peligrosas en determinadas cantidades consignadas en el apéndice de la Resolución.

AjSGA es el ajuste por la demostración de un sistema de gestión ambiental establecido.

De acuerdo al NCA, las empresas se clasifican en tres grupos: primera categoría, hasta 11 puntos inclusive; segunda categoría, de 12 a 25 puntos inclusive; y tercera categoría, con más de 25 puntos.

Asimismo, este conjunto de Resoluciones (177/2007, 303/2007 y 1639/2007) determinan que los montos mínimos asegurables dependen de la complejidad ambiental, los mecanismos de gestión, preventivos y de control del riesgo ambiental previstos y del entorno donde se emplaza la actividad. Admite la modalidad del auto-seguro como una opción válida y adecuada para responder por los daños ocasionados al ambiente.

Por su lado, la Resolución N° 178/2007 (SAyDS) en conjunto con la Resolución N° 12/2007 de la Secretaría de Finanzas crean la Comisión Asesora en Garantías Financieras Ambientales (CAGFA) y determinan sus funciones.

La Resolución N° 1973/2007 (SAyDS), en conjunto con la Resolución N° 98/2007 de la Secretaría de Finanzas establecen las pautas básicas para las condiciones contractuales de las pólizas de seguro de daño ambiental de incidencia colectiva. En ellas se establecen los sujetos del contrato de seguros, la autoridad de aplicación, el objeto y alcance de la cobertura, el concepto de Situación Ambiental Inicial, la base de cobertura, el concepto de suma asegurada, el concepto de siniestro, su verificación e indemnización, el límite de la franquicia, la vigencia de la cobertura, el pago de la prima y la necesidad de aprobación previa del contrato por parte de la Superintendencia de Seguros de la Nación.

Una de las más relevantes, la Resolución N° 1398/2008 (SAyDS) establece el Monto Mínimo Asegurable de Entidad Suficiente (*MMES*), que es la suma mínima asegurable para la recomposición del daño ambiental de incidencia colectiva producido por un siniestro contaminante. En el Anexo I se establecen los alcances de la norma para entes con NCA superiores a 12 puntos y qué actividades se consideran de

²⁰ Estos primeros cinco términos del polinomio ($Ru + ER + Ri + Di + Lo$) constituyen el llamado Nivel de Complejidad Ambiental Inicial.

recomposición. En el Anexo II se establece la metodología de cálculo para el MMES. La ecuación para su estimación es un producto constituido por un monto básico que considera únicamente el NCA del establecimiento, un factor de correlación en moneda nacional y un valor de ajuste; y factores que representan la vulnerabilidad de los medios restaurables y de existencia de materiales peligrosos (Ecuación 33).

$$MMES = \text{Monto básico} * V * D$$

Ecuación 33

Donde:

$$\text{Monto básico} = NCA^2 * \text{Correlación} * \text{Ajuste}$$

Los componentes en el cálculo del monto básico se detallan a continuación:

NCA es el Nivel de Complejidad Ambiental (≥ 12) calculado según Resolución N° 1639/2007 (Ecuación 32).

Correlación es el factor de correlación en pesos moneda nacional (\$400).

Ajuste es un factor relacionado con la variación de costos de logística e infraestructura existente para las operaciones de recomposición, propios del lugar de emplazamiento. Por defecto se considera *Ajuste* = 1.

V es el factor de vulnerabilidad, descrito por los siguientes conceptos: tipo de sustrato suprayacente a la zona saturada (arcillas, arenas, calizas blandas, etc.); profundidad a la capa freática; distancia de los materiales peligrosos hasta las aguas superficiales (espejos de agua y costas) y el entorno (residencial o comercial, o cualquier área protegida). Se calcula como se presenta a continuación: $V = [1 + (\text{Sustrato} * \text{Prof. Freática})] + \text{Dist. Espejo de Agua} + \text{Costa} + \text{Entorno}$. En el anexo de la resolución se presentan los valores para cada variable de acuerdo al caso.

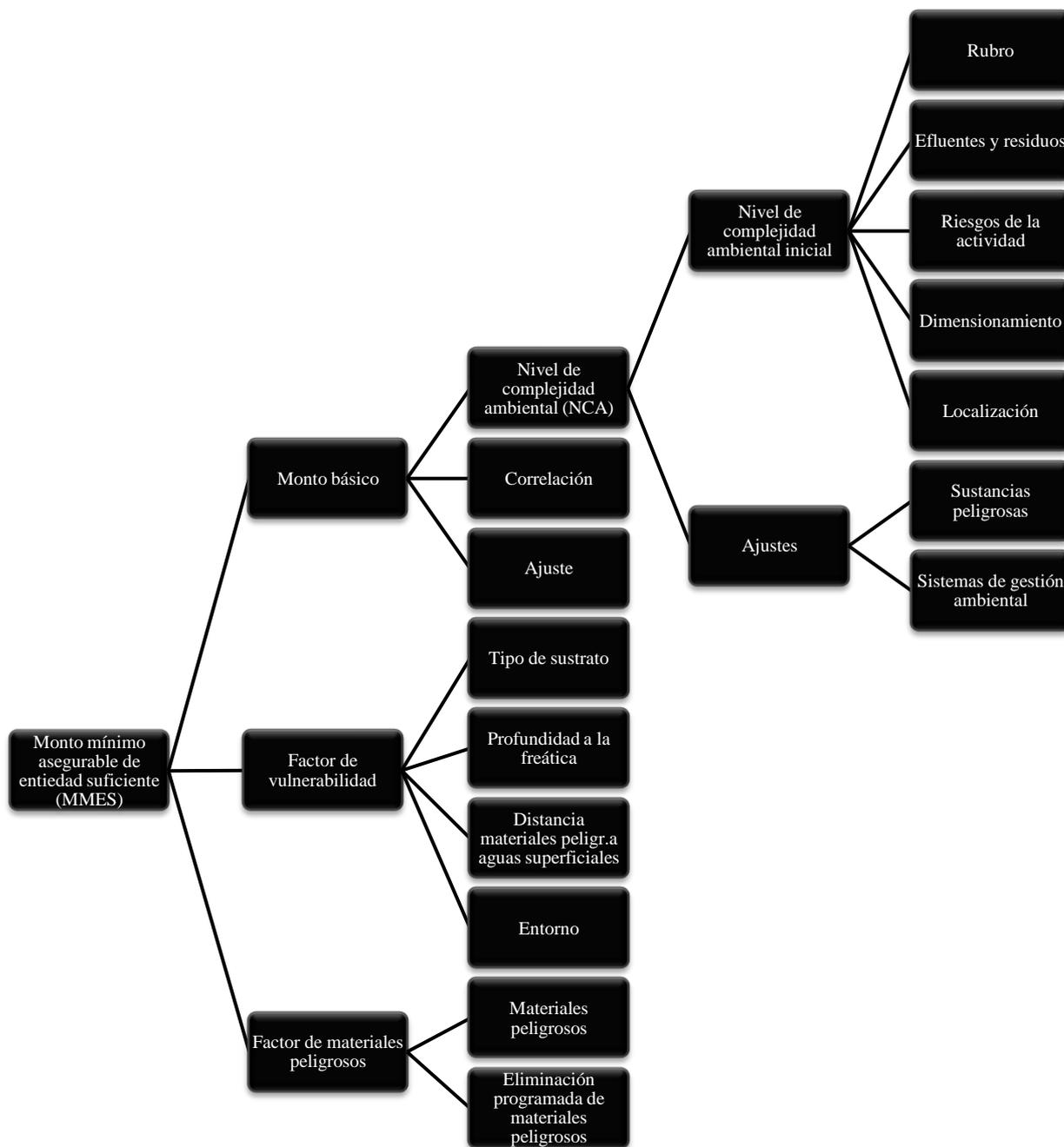
D representa la existencia de materiales peligrosos y la eliminación programada de los mismos. Se calcula como: $D = 1 + MP + EP$

MP tiene en cuenta el volumen de materiales peligrosos existentes sobre la superficie, bajo ella y en contacto con el agua superficial o sumergida; cada uno de estos tipos ponderados de acuerdo a un grado de importancia.

EP representa la eliminación programada de materiales peligrosos por encima de los niveles permisibles, tanto sobre la superficie, bajo ella y/o en contacto con el agua.

En la Ilustración 11, se presenta un diagrama de la relación de los conceptos presentados en las interpretadas Resoluciones de la SAyDS, desagregando los conceptos que constituyen el *MMES*.

Ilustración 11: Desagregación del cálculo del Monto Mínimo Asegurable de Entidad Suficiente



Fuente: Elaboración propia con base en las Resoluciones 1639/2007 y 1398/2008 de la SAyDS.

Posteriormente, la Superintendencia de Seguros de la Nación emite la Resolución N° 35168/2010 en la que establece aspectos a observar en las actuaciones en las que se tramite la aprobación de las pólizas de seguro ambiental, reforzando lo regulado mediante la Resolución Conjunta N° 1973/2007 de la SAyDS y N° 98/2007 de la Secretaría de Finanzas.

Recientemente, la SAyDS creó la Resolución N° 481/2011 mediante la cual establece que los establecimientos de actividades riesgosas que deben cumplir con la obligación establecida en el artículo 22 de la Ley N° 25.675, son aquellos cuyo Nivel de

Complejidad Ambiental sea igual o superior a 14,5 puntos. De este modo, los grupos que se conforman de acuerdo al NCA se redefinen de este modo: primera categoría, hasta 14,0 puntos inclusive; segunda categoría, de 14,5 a 25 puntos inclusive; tercera categoría, más de 25 puntos. Asimismo esta resolución define que el monto básico del Anexo II de la Resolución N° 1398/2008 (SAyDS) se calcula a partir del NCA inicial.

A partir de un reclamo administrativo impropio de la Unión Industrial Argentina en el que se solicitó la suspensión de los efectos de la Resolución Conjunta N° 1973/2007 y N° 98/2007, la SAyDS en conjunto con la Secretaría de Finanzas emitieron la Resolución Conjunta N° 945/2011 y N° 66/2011, en la que desestima el reclamo administrativo presentado y se rechaza el pedido de suspensión de los efectos de las mencionadas normas.

Por último, la Resolución N° 42/2011 (SAyDS) publicada en el boletín oficial en enero de 2012, establece que con carácter previo a la prestación de la conformidad ambiental deben intervenir en el trámite de la solicitud y en el siguiente orden, la Unidad de Evaluación de Riesgos Ambientales, la Dirección de Normativa Ambiental, la Dirección Nacional de Control Ambiental, y la Subsecretaría de Planificación y Política Ambiental, todas dependientes de la SAyDS. La Resolución establece también qué se realiza en cada una de las instancias.

III.4.3. Entidades oferentes del seguro de caución por daño ambiental

Bajo las normativas presentadas, las aseguradoras desempeñan una doble función. En primer lugar, promueven la prevención de riesgos, ya que para brindar la cobertura sobre riesgos ambientales se cercioran del cumplimiento de ciertas medidas para evitar la realización del siniestro. En segundo lugar, proveen garantías para la restauración o para el fondo de compensación en caso de accidentes.

Según la Superintendencia de Seguros de la Nación (S.S.N.), actualmente, existe una breve listas de aseguradoras que ofrecen un seguro de caución por daño ambiental de incidencia colectiva. Este seguro no transfiere riesgo ni responsabilidad, sólo da garantía para el cumplimiento de la obligación de restaurar el daño ocasionado, hasta el monto determinado en la póliza. Dichas entidades se presentan en el Tabla 7.

Tabla 7: Entidades autorizadas para operar en el seguro de caución por daño ambiental de incidencia colectiva

Entidades aseguradoras	Año de autorización
Prudencia Compañía Argentina de Seguros Generales S.A.	2008
Escudo Seguros S.A.	2008
Nación Seguros S.A.	2008
Testimonio Compañía de Seguros S.A.	2009
TPC Compañía de Seguros S.A.	2009
El Surco Compañía de Seguros S.A.	2009
Provincia Seguros S.A.	2010

Fuente: Elaboración propia con base en datos ofrecidos por la S.S.N.

De las entidades autorizadas para operar por la S.S.N., seis de las siete del listado presentado en la Tabla 7 se adecúan a las exigencias de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable; solo El Surco Compañía de Seguros SA es la que no se adecúa a dichos requerimientos. Asimismo, la primera del listado (Prudencia Compañía Argentina de Seguros Generales S.A.) posee póliza propia, mientras que el resto posee una adhesión a la póliza de Prudencia C.A.S.G.

Por medio de información brindada por la empresa Alba Caución en su propia página web y por entrevistas personales televisivas al presidente de dicha organización, José Mariano Cuffia (Todo Riesgo TV, 2012), se conoce que se ha aprobado una prima de caución por daño ambiental de incidencia colectiva en el 2012 también para esta empresa: Alba Compañía Argentina de Seguros S.A en alianza con Grupo Pelco. Sin embargo, la misma aún no se puede comercializar debido a una medida cautelar presentada por una de las aseguradoras que actualmente ofrece dicha póliza.

También existe una entidad sin fines de lucro que aglutina a sociedades, empresarios, empresas productoras de seguros y *brokers* del mercado de seguros de riesgo ambiental obligatorio: la Cámara Argentina de Aseguradoras de Riesgo Ambiental (CAARA). Su objetivo es defender los intereses del sector, representarlo ante los sectores público y privado en todo acto que fuera necesario; jerarquizar la actividad, promoviendo una normativa jurídica integral que la abarque; asesorar a los organismos competentes para la elaboración de normas de funcionamiento; y promover la complementación e integración con organismos y entidades, públicas o privadas, vinculados a la conservación del medio ambiente.

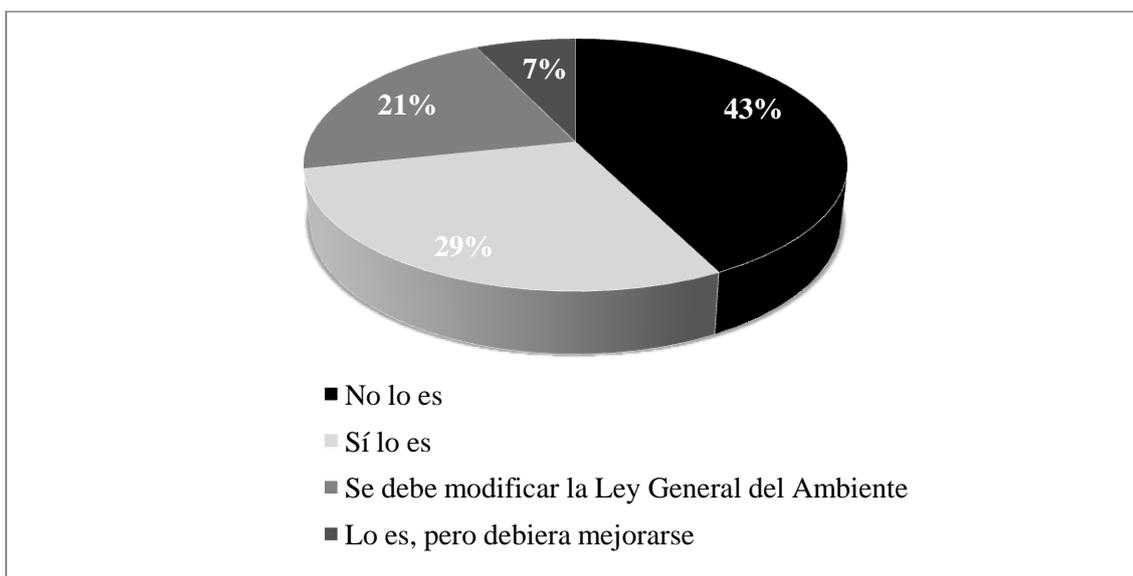
III.4.4. Potenciales causas del insuficiente desarrollo del mercado de seguros ambientales en el país

El primer seguro ambiental se constituyó en el año 2008. Si bien existen aproximadamente 35.000 empresas deben contratar el seguro según la SAyDS, aun son

pocas las que lo han realizado. De más está aclarar que también son escasas las entidades aseguradoras que actualmente ofrecen el seguro de caución ambiental, con lo cual el mercado de aseguradoras ambientales se encuentra concentrado. Por ello, se diagnóstica que el desarrollo del mercado de seguros ambientales en la Argentina es limitado para lograr una significativa prevención del daño al medioambiente.

En relación a este tema, es interesante conocer los resultados de una encuesta realizada en línea por el Portal de Seguros denominado SegurosAIDia.com (SegurosAIDia.com, 2009), en la que se consulta si se considera suficiente la actual póliza de caución ambiental para satisfacer el requerimiento de la Ley General del Ambiente. Se recibieron 311 votos entre el 28 de Septiembre de 2009 y el 1 de Febrero de 2012. Los resultados se presentan en la Ilustración 12.

Ilustración 12: Encuesta de opinión sobre la suficiencia de la actual póliza de caución ambiental para satisfacer el requerimiento de la Ley General del Ambiente



Fuente: Elaboración propia con base en resultados de encuesta on-line de SegurosAIDia.com.

Cabe preguntarse por qué el 71% de la muestra no está satisfecho en su totalidad con la suficiencia de la actual póliza o de la Ley General del Ambiente. Para ello se propone indagar en las necesidades y atributos tanto de las entidades aseguradoras como de las empresas potencialmente contaminantes, para presentar qué causas pueden explicar estas conductas que determinan el escaso desarrollo del mercado de seguros ambientales en la Argentina.

Desde el punto de vista de la demanda de estos seguros, hay una alta resistencia a contratar este tipo de garantía, para la cual hay que pagar un alto costo (la prima) debido a los significativos montos a asegurar; pero en definitiva la empresa potencialmente contaminante continúa obligada a pagar el monto de restauración, dado que no se produce un traslado de riesgo ni responsabilidad. Es decir, si el daño ocurre y la empresa aseguradora afronta los costos para recomponer la calidad ambiental, dando

cumplimiento al contrato, luego repite el monto pagado contra la empresa contaminante. Por lo tanto, la última paga el servicio de la caución, y además es directamente responsable y debe absorber la totalidad de los costos de restauración.

En relación al monto a asegurar se ha afirmado que los mismos son elevados. Al efecto de ejemplificar, se calcula el monto mínimo asegurable de entidad suficiente para una empresa con un nivel de complejidad ambiental de 20 puntos, es decir, perteneciente a la segunda categoría²¹. Para el resto de las variables que afectan el MMES se consideran sus valores medios respecto a los rangos previstos por la Resolución 1398/2008. Esta situación base arroja un monto básico de \$160.000, un factor de vulnerabilidad de 8,6 y un factor de materiales peligrosos de 12,3. De este modo, el monto mínimo a asegurar para la empresa potencialmente contaminante se constituye en \$16.931.954.

Para el cálculo del límite inferior del MMES, se toma el caso de una empresa testigo con un nivel de complejidad ambiental de 14,5 puntos (el mínimo requerido legalmente para estar obligado a contratar el seguro)²², y valores mínimos para el resto de las variables que afectan al MMES en relación a sus rangos previstos en la resolución pertinente. Así se obtiene un monto básico de \$84.100, un factor de vulnerabilidad de

²¹ Existen diferentes combinaciones de características para una empresa testigo que arrojen ese nivel de complejidad ambiental, teniendo en cuenta su rubro, riesgo, dimensionamiento, localización, etc. Por ejemplo, una empresa dedicada a la venta al por menor de combustibles para vehículos automotores y motocicletas, con 16 empleados, una potencia instalada de 50 HP, ubicada en un barrio de una ciudad, podría arrojar un *NCA* de 20 puntos. Para calcular el *NCA* se tiene en cuenta:

- Rubro (*Ru*): 10 puntos por el tipo de actividad.
- Generación de efluentes y residuos (*ER*): 3 puntos, dado que podría tratarse de un caso categorizado como tipo 2, con efluentes gaseosos de combustión de hidrocarburos, y potenciales residuos sólidos o semisólidos peligrosos pero en cantidades reducidas.
- Riesgos (*Ri*): 3 puntos que corresponden a los riesgos por explosión, incendio y por sustancias químicas.
- Dimensionamiento (*Di*): 2 puntos. Uno de ellos correspondiente al tamaño según número de empleados y el otro punto por la potencia instalada.
- Localización (*Lo*): 2 puntos por no estar emplazada en un parque industrial ni en zona exclusiva de industria o rural.
- Se considera que no corresponde el ajuste por sustancias particularmente peligrosas (*AjSP*) ni el ajuste por contar con un sistema de gestión ambiental establecido (*AjSGA*).

²² En este caso, el ejemplo con un *NCA* de 14,5 puntos podría estar dado por una empresa dedicada a la fabricación de heladeras, *freezers*, lavarropas y secarropas, con 51 empleados, 150 HP de potencia instalada, emplazada en un parque industrial. Para calcular su *NCA* se tiene en cuenta:

- Rubro (*Ru*): 5 puntos por el tipo de actividad.
- Generación de efluentes y residuos (*ER*): 1 punto, dado que podría tratarse de un caso categorizado como tipo 1, con residuos gaseosos, líquidos o sólidos que no contienen residuos peligrosos.
- Riesgos (*Ri*): 4 puntos que corresponden a los riesgos por aparatos sometidos a presión, acústico, de explosión y de incendio.
- Dimensionamiento (*Di*): 4 puntos. Dos de ellos correspondiente al tamaño según número de empleados y dos puntos adicionales por la potencia instalada.
- Localización (*Lo*): 0,5 puntos por estar emplazada en un parque industrial pero sin la infraestructura para el servicio de gas.
- Se considera que no corresponde el ajuste por sustancias particularmente peligrosas (*AjSP*) ni el ajuste por contar con un sistema de gestión ambiental establecido (*AjSGA*).

1,4 y un factor de materiales peligrosos de 8,4. El monto mínimo a asegurar para la empresa potencialmente contaminante en este caso se constituye en \$993.811. Esto implica que, incluso en los casos donde el riesgo ambiental de la empresa no es elevado en relación a aquellos entes obligados a contratar el seguro ambiental, el MMES es patrimonialmente significativo, máxime cuando se trata de una empresa pequeña o mediana.

Por el lado de las empresas pequeñas y medianas (PyMEs) el pago de primas costosas sin producirse un traslado de riesgo puede generar insolvencia; motivo por el cual la Confederación Argentina de la Mediana Empresa (CAME) ha reclamado la suspensión y revisión de la regulación mediante un seguro de caución del Art. 22 de la Ley General del Ambiente. Si se analiza el problema para empresas con un valor patrimonial alto, es posible que las mismas tengan solvencia suficiente para dar garantía de la recomposición del potencial daño mediante un auto-seguro. De este modo, se ahorrarían el costo de la prima del seguro de caución, que resulta ser una ganancia neta para la empresa aseguradora.

En relación a la configuración de la oferta de seguros ambientales, muchas entidades aseguradoras consideran que el seguro de caución no es el instrumento adecuado justamente porque no hay traslado del riesgo, el mismo solo da garantía al beneficiario, que es el Estado, de que las tareas de remediación ambiental se llevarán a cabo. Por este motivo, la prima del seguro es simplemente una función lineal del monto asegurado, prescindiendo de las características del agente para la determinación de la misma.

Por otro lado, la limitación de la responsabilidad de la aseguradora no está en el texto de la Ley General del Ambiente, sino en una de las resoluciones que la regulan, es decir, en una norma administrativa de inferior jerarquía que la Ley, pudiendo eventualmente extenderse el alcance de la obligación de las aseguradoras, lo que provoca poco estímulo para ofrecer nuevas pólizas.

Considerando los potenciales productos a ofrecer por los operadores del mercado asegurador, existe una barrera fáctica debido a que el único producto aprobado por la SSN y la SAyDS es el Seguro de Caución por Daño Ambiental de Incidencia Colectiva. Las otras opciones o esquemas alternativos de aseguramiento, como el seguro de responsabilidad civil, la fianza bancaria, la constitución de un fondo de reparación o el mismo auto-seguro, no se encuentran reglamentados por las autoridades competentes en materia ambiental para dar cumplimiento a la Ley General del Ambiente. Si se considera una gama más amplia de productos en el mercado, la oferta se ajustará a las distintas características de la demanda, como el tamaño de las empresas sujetas a contratar el seguro y su aversión al riesgo.

Por último cabe preguntarse qué sucede si el monto asegurable es insuficiente para restaurar el daño ambiental tal como lo define la ley, y consecuentemente, si existe

una alta correlación directa entre el MMES y el valor del daño, que sería una cuestión fundamental para que el monto a asegurar sea correcto desde el punto de vista de la economía ambiental. Esto podría corroborarse estudiando una muestra de corte transversal, donde se analicen datos de MMES para distintos entes potencialmente contaminantes y los costos ambientales para los mismos agentes determinados mediante los métodos de valoración adecuados según la matriz método-factor. Si la covarianza entre ambas variables es alta y positiva, podría afirmarse que la operatividad para el cálculo del MMES es efectiva. De modo contrario, dicha metodología de estimación debería revisarse para que la correlación sea superior, y evitar de este modo casos donde el monto asegurable no permita restaurar el daño ambiental.

III.5. Comparación del modelo teórico y la evidencia empírica en torno a los seguros ambientales

Por un lado, en la sección III.3 del presente capítulo se presentaron los modelos teóricos que intentan capturar el problema de las asimetrías de información existentes en la contratación de seguros, particularmente sobre daños ambientales. Por otro lado, en la sección III.4 se explicaron las regulaciones existentes en la Argentina en torno a los contratos de seguros ambientales y se realizó un análisis descriptivo respecto a la situación actual de la oferta y la demanda de este tipo de seguros en el mercado local. Se propone en esta sección realizar una confrontación de distintos elementos de los contratos desde una perspectiva teórica en relación a la evidencia empírica. Estas derivaciones se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8: Comparación teórico-empírica del contrato de seguro ambiental en la Argentina

Elementos del contrato	Desde la perspectiva teórica	Desde la evidencia empírica
Tipo de regulación	Seguro de responsabilidad civil.	Seguro de caución, solo da garantía financiera para la recomposición de un daño.
Transferencia de riesgos	Existe transferencia de riesgo, ya sea por la totalidad del daño o una porción del mismo.	No se transfiere ni riesgo ni responsabilidad ex post. La empresa contaminante continúa siendo responsable por la restauración del daño.
Daños con cobertura	Daños de incidencia individual hacia terceros.	Daños sobre recursos naturales con propiedad común; es decir, daños de incidencia colectiva.
Participación de empresa potencialmente contaminante	Es la parte asegurada en los contratos de responsabilidad civil. Su aceptación del contrato depende del cumplimiento de la condición de participación del agente. Esto implica que el agente obtenga una mayor utilidad contratando el seguro que sin contratarlo.	De acuerdo al nivel de complejidad ambiental ($\geq 14,5$ puntos) del ente potencialmente contaminante, la contratación de un seguro es obligatoria (Art. 22 de la Ley 25675/2002). Sin embargo, la mayoría de entes sujetos a la ley aún no han contratado este tipo de póliza.
Participación de entidad oferente de seguro ambiental	Es el principal que maximiza su beneficio para ver cuáles son las condiciones de contratación de la póliza y en el modelo básico determina la prima a cobrar.	Existen escasos incentivos para que las entidades aseguradoras ofrezcan la póliza de caución ambiental, debido a las deficiencias jurídicas y técnicas en la regulación de la ley.
Participación del Estado	En el modelo básico no participa explícitamente en el problema. En una de las extensiones (III.3.3.1.) participa como regulador y maximizador de la utilidad social.	Es la parte asegurada en los contratos de caución ambiental. Puede tratarse del Estado Nacional, Provincial, Municipal o Ciudad Autónoma de Buenos Aires, según corresponda por la titularidad del bien afectado.
Escudriñamiento antes de la firma del contrato (selección adversa)	Para conocer el tipo del agente antes de la firma del contrato, la entidad aseguradora ofrece contratos diferentes y expende en concepto de gastos de auditoría. Busca variables correlacionadas con el nivel de riesgo del agente y mediante sus observaciones, caracteriza el ente según su tipo.	La identificación de tipos se da vía Nivel de complejidad ambiental (NCA) y Situación ambiental inicial. Asimismo, existen cuestionarios (dependiendo de la entidad aseguradora) a ser respondidos para la categorización de las empresas.
Incentivos durante la vida del contrato (riesgo moral)	Dado que hay traslado total o parcial del riesgo hacia la aseguradora, esta tiene incentivos para efectuar auditorías y controlar que las condiciones de la empresa sean las adecuadas para reducir la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental.	No existen mecanismos establecidos legalmente para controlar al ente durante la vida del contrato. Al no existir traslado de riesgo, la aseguradora tampoco cuenta con incentivos para realizar controles por su cuenta.

(Continúa en la página siguiente)

Elementos del contrato	Desde la perspectiva teórica	Desde la evidencia empírica
Determinación de la prima del seguro	Depende del esfuerzo que realice el agente por reducir la probabilidad de ocurrencia del accidente y del valor del daño ambiental ocasionado, o la suma asegurada en la extensión III.3.3.2.	La prima del seguro de caución es una función lineal del monto asegurado. No depende del esfuerzo ya que no se produce traslado de riesgos. Evidentemente, la prima de un seguro de caución se espera que sea menor a la de un seguro de responsabilidad civil ante igual monto asegurado.
Determinación del monto asegurable	A través de modelos teóricos de valoración ambiental (matriz método-factor), tales como costos de reposición, valoración contingente, precios hedónicos, variación en la función de producción, etc. En la extensión III.3.3.2., la determinación del monto asegurable también depende del esfuerzo que realice el agente para reducir la probabilidad de ocurrencia del accidente, mediante el parámetro τ .	A través de fórmulas polinómicas que consideran variables tales como el nivel de complejidad ambiental, factores de vulnerabilidad y materiales peligrosos, entre otros. El detalle de este cálculo puede encontrarse en la sección III.4.2. No queda claro en la legislación qué sucede si el monto de cobertura es insuficiente ante un eventual siniestro dañoso del ambiente.
Incentivos para el agente	La prima depende del esfuerzo que realice el agente, una variable no observable que se trata de inferir a través del monto de los costos del esfuerzo; y de la magnitud del daño. Por otro lado, el modelo III.3.3.2., provee incentivos adicionales al no asegurar el monto total del daño, sino una porción de él.	No traslada el riesgo ni la responsabilidad de restaurar el daño, por lo que el incentivo para el ente potencialmente contaminante proviene de seguir siendo responsable y tener que afrontar el monto de recomposición del daño. Sin embargo, la prima que paga no depende de su esfuerzo, lo cual reduce los incentivos.
Incentivos para el principal	Si bien la conducta del principal no afecta directamente la probabilidad de ocurrencia del daño, en un modelo en el cual el riesgo se traslade, se generan incentivos para implementar sistemas estrictos de evaluación y control del sistema de seguridad para prevenir el daño ambiental. Esto provoca una externalidad positiva, debido a que el control sobre las empresas potencialmente contaminantes, mejora sus capacidades de gestión, técnicas y tecnológicas en aras de reducir el riesgo ambiental.	La compañía aseguradora no tiene incentivos para realizar ninguna auditoría sobre el ente potencialmente contaminante, dado que luego de cumplir con su garantía de recomponer la calidad ambiental, repite los gastos afrontados contra el ente contaminante. Esto no genera incentivos a controlar ni auditar a la empresa que puede generar el daño ambiental.

(Continúa en la página siguiente)

Elementos del contrato	Desde la perspectiva teórica	Desde la evidencia empírica
Límite de cobertura mínima	Está constituido por el valor teórico del daño ambiental en el modelo básico; y por una porción de este en el modelo de daño compartido (III.3.3.2.).	Está constituido por el Monto Mínimo Asegurable de Entidad Suficiente, según lo establece la Resolución 1398/2008. Este monto no surge de un modelo teórico, sino de una expresión polinómica con variables eventualmente proxy a la magnitud del daño ambiental.
Límite de cobertura máxima	El modelo no establece un límite cuantitativo de cobertura máxima. Sin embargo, es factible pensar que grandes montos o daños irreversibles no podrán ser asegurados, tal como se aclaró en la sección teórica.	Está establecido por las entidades aseguradoras, no por el marco regulatorio. El máximo está determinado en \$1.600.000 aproximadamente, dependiendo de la entidad aseguradora.
Alcance de la cobertura	Existencia de cobertura total del daño siempre que los beneficios de la aseguradora sean positivos; excepto en el modelo de daño compartido donde el porcentaje de cobertura es menor al 100%.	La totalidad de la indemnización por el daño ambiental repercute en el patrimonio del ente contaminante, determinando un efecto disuasivo y promoviendo las acciones preventivas necesarias tendientes a evitar el daño. Sin embargo, en este contexto es redundante el pago de una prima por la caución.
RR.NN. con cobertura	El modelo no establece cuáles son los recursos naturales sobre los cuáles se realiza una cobertura. Solo se aclara cualitativamente que se trata de daños reversibles.	La regulación de la ley establece que los medios naturales susceptibles de recomposición son el agua (superficial o subterránea) y la tierra (suelo, subsuelo, sedimentos y áreas costeras). Aun no se establece cobertura sobre daños producidos al aire.
Auto-seguro	El auto-seguro puede ser contratado cuando no existe aversión al riesgo por parte del agente (i.e., un agente neutral al riesgo). Otra alternativa teórica es adicionar una restricción patrimonial que determine la contratación del seguro si el patrimonio del ente potencialmente contaminante no es suficiente para hacer frente a la restauración del daño ocasionado.	La legislación prevé la alternativa del auto-seguro pero no se aclara bajo qué circunstancias. No hay una norma que excluya expresa o tácitamente esta forma de garantía. Sin embargo, la materia de la constitución del fondo de restauración no se encuentra suficientemente regulada.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a las comparaciones realizadas, puede afirmarse que la metodología de la reglamentación de los seguros ambientales en relación al marco empírico en la Argentina tiene algunos aspectos muy positivos, como el incentivo a prevenir el daño a través de la determinación de la responsabilidad del ente potencialmente contaminante para cubrir el costo de restauración mediante su patrimonio, y la señalización del tipo del agente a través de un índice como el Nivel de Complejidad Ambiental. También debe reconocerse la operatividad tanto para el cálculo del MMES como para el NCA a través de expresiones polinómicas con variables especificadas con alto nivel de detalle.

Por otro lado, existen algunos elementos del contrato en los que se encuentran grandes diferencias desde el punto de vista empírico respecto al teórico. Por ejemplo, el sistema de regulación del seguro, en el modelo teórico presenta un traslado del riesgo (total o parcial) del ente potencialmente contaminante a la entidad aseguradora, mientras que la regulación vigente en la Argentina solo permite un seguro de caución sin traslado de responsabilidad ni riesgo. Esto está determinado en el texto de las resoluciones que regulan el artículo 22 de la Ley General del Ambiente, y no en la ley propiamente dicha, lo cual también es criticable por tratarse de una norma administrativa de inferior jerarquía.

Asimismo se presentan diferencias en la determinación del monto asegurable, que en el modelo se calcula mediante los métodos de valoración ambiental, mientras que empíricamente surge de un algoritmo. Respecto a la suscripción de las partes del contrato, en el modelo depende del cumplimiento de la condición de participación, mientras que las regulaciones en nuestro país establecen que es obligatorio para entes sujetos a determinados riesgos ambientales, medidos mediante el NCA.

Examinando la regulación existente en la Argentina, si bien ha sido un paso relevante en pos de acercarse al concepto de desarrollo sustentable del país, debe revisarse la reglamentación mediante la figura del seguro de caución para dar cumplimiento a la Ley General del Ambiente, para mejorar y ampliar la gama de instrumentos posibles para dar cumplimiento a la ley, aumentar el desarrollo del mercado de seguros ambientales y de esta forma, maximizar los incentivos para prevenir el daño.

Con base en estas diferencias encontradas, particularmente en relación al sistema de regulación del seguro ambiental, cabe preguntarse qué ocurriría si la reglamentación del artículo 22 de la Ley General del Ambiente estableciese el seguro de responsabilidad civil como una alternativa para dar cumplimiento a la obligación de aseguramiento. Esto motiva el estudio de las interacciones estratégicas entre tres participantes del problema, el Estado, la compañía aseguradora y el ente potencialmente contaminante, bajo distintas regulaciones del seguro ambiental para detectar cuál de ellas es la que provee de mayores incentivos para aumentar el esfuerzo en pos de una reducción en la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental. Esto es lo que se estudia en la sección siguiente de este capítulo.

La problemática presentada entre las propuestas teóricas nacidas del campo de la economía y la propuesta jurídica en el país en torno a los seguros ambientales es realmente trascendente por ser incipiente y determinante para la realización de propuestas de políticas públicas para mejorar la situación en torno a la calidad medioambiental y garantizar los derechos otorgados mediante el Artículo 41 de la Constitución de la Nación Argentina.

III.6. Tipos de seguros ambientales: análisis mediante teoría de juegos

III.6.1. El juego de seguros ambientales²³

III.6.1.1. Interrogante en torno al tipo de regulación de los seguros ambientales

Anteriormente se presentó un modelo conceptual con base en la teoría de la economía de la información (asimetrías de información) para estudiar la conducta de los agentes ante los incentivos óptimos de un contrato de seguro ambiental. Bajo las condiciones presentadas, surgen de este análisis principalmente cuatro proposiciones: la prima constante no ofrece incentivos para que el agente elija el esfuerzo óptimo; un agente adverso al riesgo prefiere la contratación de una póliza a la opción del auto-seguro; existe una zona dentro de la cual se satisfacen las restricciones del agente, más solo uno de todo el espacio de contratos factibles maximiza el beneficio esperado para el principal. A posteriori, se realizó un análisis empírico describiendo la normativa vigente y las entidades oferentes. A pesar de que la ley se encuentra en vigencia hace varios años, las reglamentaciones son recientes, por lo que algunas empresas aseguradoras aún no ofrecen este tipo de coberturas y algunos entes potencialmente contaminantes no deciden contratar la póliza; con lo cual también se presentaron las potenciales causas que explican el insuficiente desarrollo del mercado de seguros ambientales en la Argentina. Por último, se confrontaron las características que emergen del modelo teórico respecto de aquellas observadas en el mercado. Los resultados sugieren que existe una gran similitud en el tratamiento de algunos conceptos, como la intención de incentivar al agente a realizar un esfuerzo alto o el concepto de señalarlo de algún modo para conocer su tipo; mientras que en otros se presentan diferencias sustanciales, como en la posibilidad de transferir total o parcialmente el riesgo ambiental y la metodología de determinación del monto mínimo asegurable.

Entonces la pregunta que surge indefectiblemente es ¿cuál de los sistemas de regulación del seguro ambiental provee de mayores incentivos para realizar un esfuerzo alto en pos de prevenir el daño ambiental?

²³ Una versión preliminar de esta sección de la tesis fue presentada y publicada en los anales del V Congreso Nacional de Estudiantes de Postgrado en Economía (CNEPE) organizado por el Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur, CONICET-UNS (Pesce, 2011).

El tema que se explora en esta sección de la tesis es la interacción entre distintos participantes del problema de seguros ambientales, mediante un análisis a partir de la teoría de juegos. En particular, el objetivo de la investigación es evaluar si el régimen de seguro de caución ambiental es mejor que el contrato de responsabilidad civil con base en los incentivos brindados a la compañía aseguradora, al ente potencialmente contaminante y al daño ocasionado a la sociedad. Asimismo, se busca evaluar cuál tipo de regulación es más efectiva para promover conductas que intenten prevenir en mayor medida el daño ambiental.

Adicionalmente, interesa conocer algunos resultados derivados de alteraciones en el análisis que no surgen de la solución del juego. Estos tienen relación con la regulación preferida por la compañía aseguradora y el ente potencialmente contaminante si pudiesen elegir entre ambas alternativas, en lugar de ser una decisión establecida por el Estado. También interesa conocer si el nivel de esfuerzo a realizar por el ente potencialmente contaminante cambia ante la obligación de contratar algún tipo de seguro, eliminando la opción de no tomar el contrato por parte del jugador.

III.6.1.2. Descripción del juego

El juego que se propone envuelve la interacción entre tres jugadores y la naturaleza en torno a los seguros ambientales. Los jugadores son los siguientes:

- Gobierno o Estado (G), que establece las regulaciones legales para el seguro ambiental, mediante un seguro de caución o de responsabilidad civil.
- Compañía aseguradora (I), que decide ofrecer o no el contrato de seguro bajo ese sistema de regulación.
- Ente potencialmente contaminante (C), que elige si contratar o no el seguro y qué nivel de esfuerzo realizar para prevenir el daño ambiental.
- Naturaleza (N), que determina la distribución de probabilidad del evento aleatorio que produce el daño ambiental

El conjunto de acciones de cada jugador (A_i) se describe en la Tabla 9.

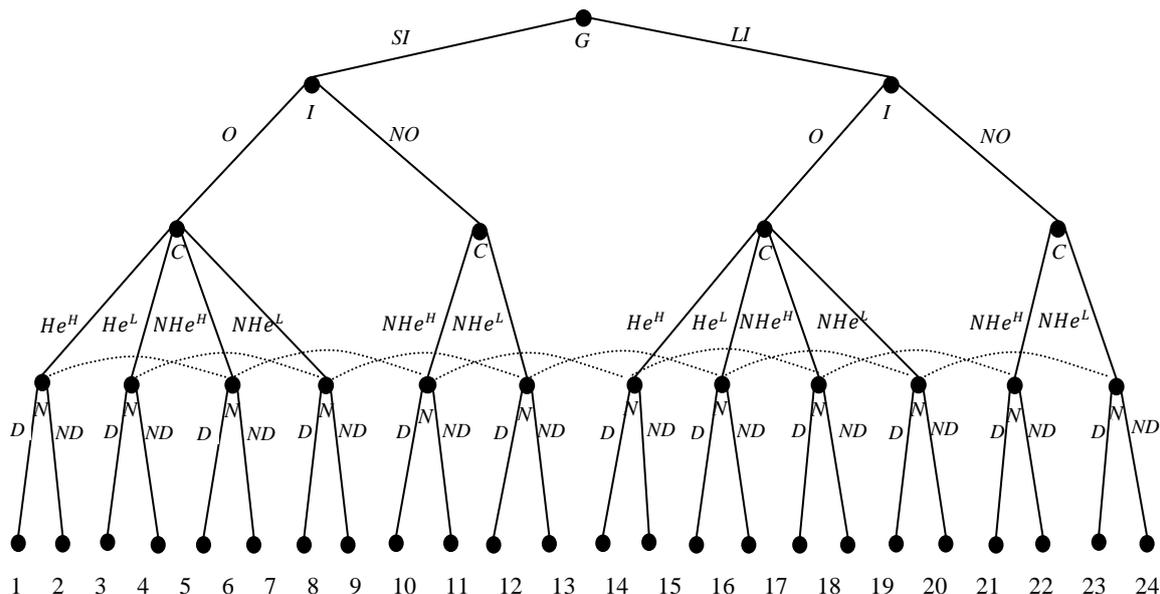
Tabla 9: Conjunto de acciones para cada jugador

$A_G = \{SI, LI\}$	<p>Las acciones posibles para el Estado son establecer regulaciones legales para el seguro ambiental por medio de un seguro de caución (<i>SI</i>) o un seguro de responsabilidad civil (<i>LI</i>). La primera opción solo garantiza el dinero suficiente para pagar la restauración del daño en caso que ocurra, pero no hay transferencia de responsabilidad (el ente potencialmente contaminante debe reembolsar el monto a la compañía aseguradora si ésta paga). En la segunda alternativa, sin embargo, se transfieren riesgos hacia la compañía aseguradora: si el daño ocurre, la aseguradora paga un monto equivalente a la suma asegurada, quedando solo la diferencia a cargo del ente potencialmente contaminante.</p>
$A_I = \{O, NO\}$	<p>Luego de que se establece la regulación, la compañía aseguradora debe decidir si ofrece el seguro (<i>O</i>) o no lo ofrece (<i>NO</i>), dependiendo de su beneficio esperado en cada caso.</p>
$A_C = \{He^H, He^L, NHe^H, NHe^L\}$	<p>El ente potencialmente contaminante debe decidir si contrata el seguro ambiental (<i>H</i>) o no (<i>NH</i>), y qué nivel de esfuerzo realizar. Para prevenir el daño ambiental, puede realizar un esfuerzo alto (e^H) o bajo (e^L).</p>
$A_N = \{D, ND\}$	<p>La naturaleza determina la distribución de probabilidad con la cual el daño ocurre (<i>D</i>) o no ocurre (<i>ND</i>), dependiendo del esfuerzo hecho por la compañía potencialmente contaminante.</p>

Fuente: Elaboración propia.

El juego en su forma extensiva se presenta en la Ilustración 13. El nodo raíz corresponde a la decisión del gobierno entre el seguro de caución o el de responsabilidad civil. Este nodo tiene dos sucesores que representan la decisión de la compañía aseguradora. Cada uno de esos nodos, tiene cuatro hijos cuando la aseguradora ofrece el contrato de seguro y dos cuando no se ofrece. Estos nodos representan el conjunto de acciones posibles para el ente potencialmente contaminante: si entra al contrato de seguro ambiental o no (en caso que el mismo se ofrezca) y el nivel de esfuerzo que hace para prevenir el daño ambiental. Finalmente, la naturaleza participa en los resultados del pago esperado, determinando la distribución de probabilidad de ocurrencia del daño ambiental, identificando solamente el nivel de esfuerzo del agente, pero sin distinguir el resto de las decisiones de los jugadores.

Ilustración 13: Juego de seguro ambiental en su forma extensiva



Fuente: Elaboración propia.

El juego es secuencial porque los movimientos no son simultáneos y tienen un orden. El gobierno (G) es el primer jugador en mover. Luego, conociendo la decisión tomada por G, la compañía aseguradora (I) debe decidir si ofrece el contrato bajo el régimen de regulación existente. Finalmente, conociendo la acción ejecutada por I, el ente potencialmente contaminante (C) elige. El único movimiento atemporal es el que realiza la naturaleza (N). Dado que N no mueve estratégicamente como un jugador, se establecen distribuciones de probabilidad para sus estados (daño ambiental o no daño ambiental). Entonces, los pagos esperados para cada jugador son calculados en cada par de nodos en los que el daño ocurre o no ocurre, bajo las mismas decisiones de G, I y C.

Los jugadores conocen la información, excepto por el esfuerzo inobservable hecho por el ente potencialmente contaminante. La relación principal-agente entre I y C es parte del problema de información asimétrica mencionado anteriormente.

En términos de las reglas del juego, se postula que la compañía aseguradora tiene la opción de no ofrecer el seguro, es decir, la regulación no la obliga; y el ente potencialmente contaminante tiene la opción de aceptar el contrato o rechazarlo. Sin embargo, en caso de que el daño ocurra y no se posea seguro, el Estado impone al ente contaminante una multa con certeza equivalente al monto requerido por la regulación aplicable en cada caso. Este modelo no admite posibilidad de no ser atrapado por la autoridad de control para evitar la multa, y el riesgo de quiebra del ente potencialmente contaminante es nulo. Es posible que este supuesto sea fuerte, pero es necesario para simplificar las opciones y poder analizar este complejo problema.

Adicionalmente, se supone que todos los jugadores creen a priori en una distribución binomial idéntica para la ocurrencia de cualquiera de los estados de la naturaleza (D y ND).

Por último, se asume que los jugadores son racionales y neutrales al riesgo, con excepción de los N agentes de la economía cuya utilidad es maximizada por el gobierno. Estos agentes son adversos al riesgo.

III.6.2. Funciones de pago

III.6.2.1. El valor de la naturaleza para el gobierno

El gobierno se desempeña en el rol del planificador central, maximizando la utilidad de la sociedad o utilidad social. La función de utilidad bajo la ocurrencia del daño ambiental se expresa en la Ecuación 34 en el contexto del seguro de caución y mediante la Ecuación 36 bajo un régimen de seguro de responsabilidad civil. Cuando el daño no ocurre, la Ecuación 35 es válida, independientemente del tipo de regulación.

Tabla 10: Matriz de funciones de utilidad social

Tipo de regulación	Con daño (D)	Sin daño (ND)
SI	$U = V_0 - D^T + VA(L^c) - C_R$ <p style="text-align: center;">Ecuación 34</p>	$U = V_0 - C_R$ <p style="text-align: center;">Ecuación 35</p>
LI	$U = V_0 - D^T + VA(L^{c+i}) - C_R$ <p style="text-align: center;">Ecuación 36</p>	$U = V_0 - C_R$ <p style="text-align: center;">Ecuación 35</p>

Estas ecuaciones tienen las siguientes propiedades:

- V_0 representa la utilidad agregada para los N agentes de la economía de los recursos naturales en su estado actual (sin daño). Formalmente, $V_0 = \sum_{n=1}^N [U_n(v_0)]$.
- D^T es la desutilidad causada por el daño ambiental expresada a valores de hoy, conocida también como valor actual del daño. Para su estimación puede recurrirse a los métodos de valoración de la calidad ambiental que se presentaron en el capítulo II.
- $VA(L^c)$ en la Ecuación 34 es el valor actual de la suma que el ente potencialmente contaminante está obligado a pagar para restaurar el daño colectivo, a través de sus propios fondos o mediante los de la compañía aseguradora.
- $VA(L^{c+i})$ en la Ecuación 36 es el valor actual del daño colectivo e individual que debe ser pagado en caso de accidente, cubierto por la compañía aseguradora (I_A) o por la firma potencialmente contaminante ($L^{c+i} - I_A$).
- El último término en las tres ecuaciones, C_R representa los costos de regulación expresados en unidades de desutilidad para los individuos. Este término representa el hecho de que la partida presupuestaria consumida para regulaciones ambientales restringe el presupuesto disponible para asignar a otros propósitos.

III.6.2.2. Función de beneficio para la compañía aseguradora (π_I)

Si la compañía aseguradora no ofrece el contrato de seguro, su beneficio esperado es nulo. Si al contrario decide ofrecer el contrato, el resultado depende de la ocurrencia del daño ambiental. Si el daño no ocurre, la compañía aseguradora gana la prima \bar{P} para el contrato del seguro de caución (Ecuación 38) o $(\tilde{P} - C_A)$ bajo la figura del seguro de responsabilidad civil (Ecuación 40). Bajo este régimen, la compañía aseguradora tiene incentivos para afrontar costos administrativos, de auditoría y de control (C_A) para verificar que el ente potencialmente contaminante está realizando el esfuerzo adecuado para evitar el daño ambiental (Ecuación 39 y 40). Si el daño efectivamente ocurre, la función de beneficios es como se presenta en la Ecuación 37 para el seguro de caución y en la Ecuación 39 para el de responsabilidad civil.

Tabla 11: Matriz de funciones de beneficio para el asegurador

Tipo de regulación	Con daño (D)	Sin daño (ND)
SI	$\bar{\pi}_I = \bar{P} + \frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} - \frac{L_t^c}{(1+k)^t}$ <p style="text-align: center;">Ecuación 37</p>	$\bar{\pi}_I = \bar{P}$ <p style="text-align: center;">Ecuación 38</p>
LI	$\tilde{\pi}_I = \tilde{P}(e) - \frac{I_{A_t}}{(1+k)^t} - C_A$ <p style="text-align: center;">Ecuación 39</p>	$\tilde{\pi}_I = \tilde{P}(e) - C_A$ <p style="text-align: center;">Ecuación 40</p>

El primer término en todas las ecuaciones (\bar{P}, \tilde{P}) representa la prima pagada por el ente potencialmente contaminante. La prima del seguro ambiental que el ente debe pagar depende del tipo de regulación. En el caso del seguro de caución, la prima (\bar{P}) es simplemente una función lineal del monto asegurado (Ecuación 41). Por otro lado, la prima en un seguro de responsabilidad civil (\tilde{P}), es una función creciente en la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental y del monto asegurado (Ecuación 42).

$$\bar{P} = \beta * L^c$$

Ecuación 41

$$\tilde{P} = f[p(e), I_A]$$

Ecuación 42

Donde:

β es la tasa que la aseguradora cobra sobre el monto asegurado por el otorgamiento de la caución. Es un parámetro cuyo valor es menor a la unidad y es independiente de las características del asegurado y de la probabilidad de ocurrencia del daño. Determina la relación lineal entre la prima y el monto asegurado.

$p(e)$ es la probabilidad de ocurrencia del accidente que causa el daño ambiental durante un período, que tal como se explicó en la sección III.3.2.1, depende del esfuerzo inobservable (e) hecho por la persona, individual o jurídica, potencialmente contaminante. Recuérdese que dado que el esfuerzo es inobservable, el asegurador procura utilizar variables correlacionados con el mismo para estimar la prima.

Asimismo, puede verse la sección mencionada anteriormente para profundizar sobre la función de probabilidad de ocurrencia del daño ambiental, que decrece con el esfuerzo del agente a tasa decreciente.

L^c e I_A son las sumas del daño ambiental cubierto por cada tipo de seguro, seguro de caución y de responsabilidad civil respectivamente. Estos montos pueden ser iguales o menores al valor del daño ambiental (D^T). En el caso del seguro de caución no hay incentivos para que la compañía aseguradora establezca una cobertura menor al valor del daño, dado que no hay transferencia de riesgos. Sin embargo, en el caso del seguro de responsabilidad civil, el monto asegurado se sitúa habitualmente por debajo del valor del daño.

La Ecuación 37 contiene un término que representa el valor actual del daño ambiental cubierto por la compañía aseguradora en el seguro de caución. El mismo está restado y descontado por un período t , que representa el momento en el cual la aseguradora paga la garantía para la restauración del daño. Contrariamente, L^c también se suma pero descontado por un período $t + s$ (con $s \geq 0$), que representa el reembolso del monto afrontado del asegurado a la compañía aseguradora. Esto último puede suceder en el mismo momento de tiempo en que se brinda la caución o con un desfase en el tiempo, lo cual se refleja en un mayor período de descuento.

La Ecuación 39 expresa el valor actual del daño por el cual la compañía aseguradora es responsable (I_A), el monto asegurado, que paga en el período t en que ocurre el daño. El tercer término de esta ecuación (C_A) es la variable que indica los costos administrativos, de auditoría y control que se mencionaron previamente.

III.6.2.3. Función de pago para el ente potencialmente contaminante

La función de pagos del ente potencialmente contaminante (u_C) también depende del sistema regulatorio, del tipo de esfuerzo realizado y del estado de la naturaleza que acaezca. En particular, los pagos del ente potencialmente contaminantes son siempre negativos, porque bajo todos los escenarios se genera una salida de fondos.

Una peculiaridad de estas funciones de pago es el término $C(e)$, que representa el costo actual del esfuerzo por evitar el accidente. Recuérdese que este término es una señal para la variable inobservable, el esfuerzo. El costo es una función creciente en el esfuerzo, i.e., $\frac{\partial C(e)}{\partial e} > 0$.

Bajo un régimen de seguro de caución, si el ente potencialmente contaminante contrata el seguro y realiza un esfuerzo alto, pero el daño ambiental ocurre de todos modos, la función de pagos es la que se presenta en la Ecuación 43. Bajo la misma situación pero con un nivel de esfuerzo bajo, el último término es menor (en valores absolutos) debido a la primera derivada negativa de la función, como se mencionó

anteriormente. Esta función de pagos es la de la Ecuación 45. Cuando el daño no ocurre, el segundo término se cancela, entonces las funciones de pago son como las que expresan las Ecuaciones 44 y 46, para un nivel de esfuerzo alto y bajo respectivamente.

Otra situación se presenta cuando el ente potencialmente contaminante no acepta el contrato bajo la regulación de un seguro de caución. En estos escenarios, evita pagar la prima pero en caso en que el daño ambiental ocurra, debe pagar por su restauración en el momento de su acaecimiento, lo cual puede ser un período de tiempo anterior a los casos en que el seguro esté contratado (t versus $t + s$). Las Ecuaciones 47 y 49 presentan los pagos en estos casos para un nivel de esfuerzo alto y bajo respectivamente. Finalmente, cuando el ente potencialmente contaminante no contrata el seguro pero el daño no ocurre, los pagos solo representan el costo del esfuerzo (Ecuaciones 48 y 50).

Tabla 12: Matriz de funciones de pago para el ente potencialmente contaminante bajo un régimen de seguro de caución ambiental

	Cobertura	Tipo de esfuerzo	Con daño (D)	Sin daño (ND)
SI	Con seguro	e^H	$-\bar{P} - \frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} - C(e^H)$ Ecuación 43	$-\bar{P} - C(e^H)$ Ecuación 44
		e^L	$-\bar{P} - \frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} - C(e^L)$ Ecuación 45	$-\bar{P} - C(e^L)$ Ecuación 46
	Sin seguro	e^H	$-\frac{L_t^c}{(1+k)^t} - C(e^H)$ Ecuación 47	$-C(e^H)$ Ecuación 48
		e^L	$-\frac{L_t^c}{(1+k)^t} - C(e^L)$ Ecuación 49	$-C(e^L)$ Ecuación 50

Cuando la regulación establece un sistema de seguro de responsabilidad civil, si el ente potencialmente contaminante contrata el seguro y realiza un esfuerzo alto, pero el daño ocurre de todos modos, la función de pagos es la presentada en la Ecuación 51. Bajo el mismo escenario pero con un nivel de esfuerzo limitado, el primer término es mayor (en valores absolutos) y el último término menor (en valores absolutos). Esta función de pagos es la exhibida en la Ecuación 53. Cuando el daño no ocurre, el segundo término se cancela, generándose las funciones de las Ecuaciones 52 y 54, para un nivel de esfuerzo alto y bajo respectivamente.

Si el ente potencialmente contaminante decide no contratar el seguro de responsabilidad civil, evita pagar la prima. Sin embargo, en caso de que el daño ambiental ocurra, debe pagar la totalidad del monto del daño a restaurar (L^{c+i}). Las Ecuaciones 55 y 57 presentan las funciones de pago bajo estos escenarios, para un nivel alto y bajo de esfuerzo en cada caso. Por último, cuando el ente potencialmente contaminante no contrata el seguro pero el daño ambiental no ocurre, los pagos nuevamente representan el costo del esfuerzo, al igual que bajo el régimen de seguro de caución (Ecuación 56 dado un esfuerzo alto y Ecuación 58 si el esfuerzo realizado es bajo).

Tabla 13: Matriz de funciones de pago para el ente potencialmente contaminante bajo un régimen de seguro de responsabilidad civil

	Cobertura	Tipo de esfuerzo	Con daño (D)	Sin daño (ND)
LI	Con seguro	e^H	$-\tilde{P}(e^H) - \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t} - C(e^H)$ Ecuación 51	$-\tilde{P}(e^H) - C(e^H)$ Ecuación 52
		e^L	$-\tilde{P}(e^L) - \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t} - C(e^L)$ Ecuación 53	$-\tilde{P}(e^L) - C(e^L)$ Ecuación 54
	Sin seguro	e^H	$-\frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t} - C(e^H)$ Ecuación 55	$-C(e^H)$ Ecuación 56
		e^L	$-\frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t} - C(e^L)$ Ecuación 57	$-C(e^L)$ Ecuación 58

III.6.3. Matriz de pagos esperados

La función de pagos para cada acción es genéricamente denominada $f^{\$}(A_i)$.

Utilizando la información presentada en la sección anterior, se pueden organizar los resultados parciales en cada nodo para cada uno de los participantes y las funciones de pagos esperados. Las matrices con dicha información se presentan en el apéndice de este capítulo para agilizar la lectura de la sección.

III.6.4. Solución del juego

III.6.4.1. Perfil de estrategias por inducción hacia atrás

III.6.4.1.1. Estrategia elegida por el ente potencialmente contaminante

El ente potencialmente contaminante debe elegir entre $A_C = \{He^H, He^L, NHe^H, NHe^L\}$ y $A_C = \{NHe^H, NHe^L\}$ bajo cuatro situaciones diferentes: bajo un régimen de seguro de caución cuando la compañía aseguradora ofrece el contrato ($\langle SI, O, \dots \rangle$) y cuando no lo ofrece ($\langle SI, NO, \dots \rangle$); y bajo un sistema de seguro de responsabilidad civil, cuando la compañía aseguradora ofrece el contrato ($\langle LI, O, \dots \rangle$) y cuando no lo hace ($\langle LI, NO, \dots \rangle$).

En la primera situación ($\langle SI, O, \dots \rangle$), la acción elegida por el ente potencialmente contaminante sería $\langle NHe^L \rangle$ o $\langle NHe^H \rangle$, porque se esperan las siguientes desigualdades:

$$-\bar{P} - C(e^H) - p(e^H) \left[\frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} \right] < -C(e^H) - p(e^H) \left[\frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right] \therefore f^\$(He^H) < f^\$(NHe^H)$$

$$-\bar{P} - C(e^L) - p(e^L) \left[\frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} \right] < -C(e^L) - p(e^L) \left[\frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right] \therefore f^\$(He^L) < f^\$(NHe^L)$$

$$-C(e^H) - p(e^H) \left[\frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right] \gtrless -C(e^L) - p(e^L) \left[\frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right] \therefore f^\$(NHe^H) \gtrless f^\$(NHe^L)$$

Las primeras dos relaciones entre las funciones de pago son simples de entender si se considera que $\bar{P} = \beta * L^c > p(e^{H \circ L}) * \left[\frac{L^c}{(1+k)^s} \right] \therefore \beta > \frac{p(e^{H \circ L})}{(1+k)^s}$. El denominador es siempre mayor a 1 (o igual en el caso que $s = 0$); como resultado, la desigualdad es cierta, al menos para $\beta > p(e)$ ante cualquier nivel de esfuerzo. Solamente cuando la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental es alta es conveniente desde el punto de vista estratégico elegir la contratación del seguro, pero la compañía aseguradora no lo ofrecería en dicho caso.

La relación comparando $f^\$(NHe^H)$ y $f^\$(NHe^L)$ no es tan directa. Se deben considerar las diferencias que genera el esfuerzo realizado. Específicamente, el nivel de esfuerzo influencia el costo del esfuerzo (directamente) y la probabilidad de ocurrencia del daño (inversamente). La dificultad clave entonces es determinar la dirección de la desigualdad $\frac{\Delta C(e)}{\Delta e} \gtrless \frac{\Delta p(e)}{\Delta e} * L^c$. Manteniendo el daño de impacto colectivo (L^c) constante, se analiza el problema en una matriz variando la incidencia del nivel de esfuerzo sobre las variables clave (Tabla 14).

Cuando la solución genérica es indeterminada indica que la misma depende de la forma de las funciones del costo y de la probabilidad del daño ambiental en relación a la variable del esfuerzo. La interacción entre estas funciones y la magnitud del daño permiten pronosticar el resultado del juego.

Tabla 14: Solución esperada dependiendo del efecto del esfuerzo sobre variables clave

Soluciones		Incidencia de e en p(e)	
		Alta	Baja
Incidencia de e en C(e)	Alta	Indeterminada	$\langle NHe^L \rangle$
	Baja	$\langle NHe^H \rangle$	Indeterminada

En la segunda circunstancia en la cual el ente potencialmente contaminante debe seleccionar una acción ($\langle SI, NO, \dots \rangle$), la estrategia a seguir sería la misma respecto al primer caso por idénticas razones a las descritas anteriormente. La acción seleccionada sería $\langle NHe^L \rangle$ o $\langle NHe^H \rangle$, dependiendo del efecto de los diferentes niveles de esfuerzo sobre su costo y probabilidad de ocurrencia del daño ambiental.

En la tercera situación ($\langle LI, O, \dots \rangle$), el mejor movimiento para el ente potencialmente contaminante es $\langle NHe^H \rangle$ debido a las desigualdades que surgen de la comparación entre las funciones de pago, cuyas relaciones se presentan a continuación:

$$-\tilde{P}(e^H) - C(e^H) - p(e^H) \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t} < -C(e^H) - p(e^H) \frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t} \therefore f^{\$}(He^H) < f^{\$}(NHe^H)$$

$$-\tilde{P}(e^L) - C(e^L) - p(e^L) \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t} < -C(e^L) - p(e^L) \frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t} \therefore f^{\$}(He^L) < f^{\$}(NHe^L)$$

$$-C(e^H) - p(e^H) \frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t} > -C(e^L) - p(e^L) \frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t} \therefore f^{\$}(NHe^H) < f^{\$}(NHe^L)$$

La primera y la segunda desigualdad surgen de que $\tilde{P}(e^H) \geq p(e^H) * I_A$ y $\tilde{P}(e^L) \geq p(e^L) * I_A$, respectivamente. De otro modo, la compañía aseguradora nunca ofrecería el contrato de seguro dado que su beneficio esperado sería negativo.

Por analogía con el seguro de caución, cuando se comparan $f^{\$}(NHe^H)$ y $f^{\$}(NHe^L)$ es necesario estimar la diferencia en pagos que se genera por un nivel de esfuerzo alto o bajo. Sin embargo, bajo el régimen de responsabilidad civil es posible afirmar que $\frac{\Delta C(e)}{\Delta e} < \frac{\Delta p(e)}{\Delta e} * L^{c+i}$ con mayor probabilidad que bajo el seguro de caución, porque una reducción idéntica en la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental produce un mayor ahorro debido a la magnitud del daño con cobertura (recuérdese que por definición $L^{c+i} > L^c$). Los resultados son los mismos que se presentaron en la Tabla 14.

Del mismo modo, en la cuarta rama del árbol ($\langle LI, NO, \dots \rangle$), el ente potencialmente contaminante elegiría $\langle NHe^H \rangle$ o $\langle NHe^L \rangle$ por los mismos motivos que fueron expuestos.

III.6.4.1.2. Estrategia elegida por la compañía aseguradora

La compañía aseguradora tiene dos opciones para cada una de las posibles regulaciones: $A_I = \{O, NO\}$. Expresando en palabras lo presentado formalmente, I puede ofrecer o no el contrato bajo un régimen de seguro de caución o de responsabilidad civil.

De todos modos, la compañía aseguradora conoce el hecho de que el ente potencialmente contaminante no aceptará el contrato, lo cual provoca que cualquiera sea la estrategia tomada por compañía aseguradora, el mismo resultado obtenido será idéntico: $f^{\$}(O) = f^{\$}(NO) = 0$.

La misma situación ocurre bajo cualquiera de los regímenes de regulación (SI, LI). La acción tomada por la compañía aseguradora será probablemente ofrecer el contrato, solo por si algún ente potencialmente contaminante se desvía de su elección óptima. Si esta desviación ocurre, los pagos esperados por la compañía aseguradora serán mayores porque se espera que:

$$\bar{P} + p(e^{H \circ L}) \left[\frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} - \frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right] > 0$$

$$\tilde{P}(e^{H \circ L}) - C_A - p(e^{H \circ L}) \frac{I_{A_t}}{(1+k)^t} > 0$$

III.6.4.1.3. Estrategia elegida por el gobierno

Finalmente, el gobierno debe decidir sobre la regulación que establecerá para el seguro ambiental. Sus acciones posibles son $A_G = \{SI, LI\}$. Para resolver este problema, se comparan los pagos esperados en cuatro situaciones dables de ocurrir, dependiendo de la elección del ente potencialmente contaminante bajo ambos sistemas regulatorios:

- i. $\langle NHe^L \rangle$ bajo SI (nodos 7-8) versus $\langle NHe^L \rangle$ bajo LI (nodos 19-20)
- ii. $\langle NHe^H \rangle$ bajo SI (nodos 5-6) versus $\langle NHe^H \rangle$ bajo LI (nodos 17-18)
- iii. $\langle NHe^L \rangle$ bajo SI (nodos 7-8) versus $\langle NHe^H \rangle$ bajo LI (nodos 17-18)
- iv. $\langle NHe^H \rangle$ bajo SI (nodos 5-6) versus $\langle NHe^L \rangle$ bajo LI (nodos 19-20)

Para cada una de las situaciones, la solución es la siguiente:

Escenario i. $\langle LI \rangle$ es la acción elegida porque $VA(L^{c+i}) > VA(L^c)$, entonces $V_0 + p(e^L)[VA(L^{c+i}) - D^T] - C_R > V_0 + p(e^L)[VA(L^c) - D^T] - C_R$.

Escenario ii. $\langle LI \rangle$ es la acción elegida porque $VA(L^{c+i}) > VA(L^c)$, entonces $V_0 + p(e^H)[VA(L^{c+i}) - D^T] - C_R > V_0 + p(e^H)[VA(L^c) - D^T] - C_R$.

Escenario iii. La solución es vaga con funciones planteadas genéricamente. En particular, depende de la variación en la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental

respecto al esfuerzo y la diferencia en los valores de cobertura de cada tipo de seguro. Se conoce que $p(e^L) > p(e^H)$ pero $VA(L^{c+i}) > VA(L^c)$. Entonces será cierto que $V_0 + p(e^L)[VA(L^c) - D^T] - C_R < V_0 + p(e^H)[VA(L^{c+i}) - D^T] - C_R$ si $p(e^L)[VA(L^c) - D^T] < p(e^H)[VA(L^{c+i}) - D^T]$.

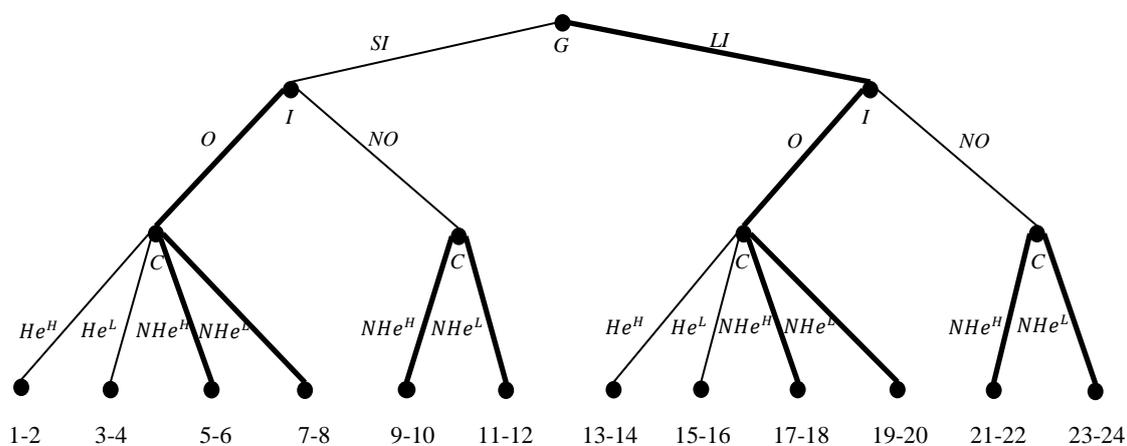
Escenario iv. Este caso es improbable debido a las explicaciones presentadas en la sección III.6.4.1.1. La solución es $< LI >$ porque $V_0 + p(e^L)[VA(L^{c+i}) - D^T] - C_R > V_0 + p(e^H)[VA(L^c) - D^T] - C_R$. La última desigualdad se debe a que $p(e^L) > p(e^H)$ y la diferencia entre los valores de la cobertura es $VA(L^{c+i}) - VA(L^c) > 0$.

En la mayoría de situaciones, la elección óptima del gobierno inequívocamente es establecer una regulación en torno al seguro de responsabilidad civil ($< LI >$). Solo en un escenario (iii) la solución óptima es ambigua, pero también puede ser $< LI >$.

III.6.4.2. Solución integral del juego

Los resultados previos permiten presentar la solución al juego de seguros ambientales gráficamente en la Ilustración 14 (las acciones elegidas por cada jugador se resaltan con una línea de mayor grosor).

Ilustración 14: Solución al juego de seguros ambientales



Fuente: Elaboración propia.

Analizando la interacción entre los jugadores, se encuentra que los nodos 17 y 18 o los nodos 19 y 20, dependiendo de las formas funcionales que constituyen las funciones de pago, son equilibrios de Nash. Por arribar a la solución mediante la utilización del método de inducción hacia atrás (*backward induction*), se puede asegurar que se trata de equilibrios perfectos en sub-juegos. Entonces, el perfil de estrategias que constituye la solución integral para los jugadores es $< LI, O, NHe^H \text{ o } NHe^L >$. Esto significa que el gobierno establece un sistema de regulaciones mediante un seguro de responsabilidad civil, la compañía aseguradora ofrece el contrato y el ente potencialmente contaminante no acepta el seguro, realizando un esfuerzo alto o bajo

dependiendo de las formas funcionales del costo del esfuerzo y de la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental.

III.6.4.3. Resultados derivados de alteraciones en el juego

En primer lugar, se modifica el juego para analizar el caso en el que la compañía aseguradora puede elegir entre ofrecer el seguro de caución o el de responsabilidad civil, prescindiendo de la elección de no ofrecer el contrato. Para poder establecer la respuesta se comparan los pagos esperados para este jugador en los nodos 1-2 ó 3-4, dependiendo del nivel de esfuerzo, con los de los nodos 13-14 ó 15-16. Analíticamente la desigualdad, a favor del seguro de caución, se presenta a continuación:

$$\bar{P} + p(e^{H \circ L}) \left[\frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} - \frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right] > \tilde{P}(e^{H \circ L}) - C_A - p(e^{H \circ L}) \frac{I_{A_t}}{(1+k)^t}$$

Excepto que el diferimiento en el tiempo de la devolución del pago del ente potencialmente contaminante hacia la aseguradora sea muy extenso bajo el seguro de caución, ante el mismo nivel de esfuerzo elegido por el agente, la compañía aseguradora tiene un mayor pago si ofrece el seguro de caución; suponiendo que la probabilidad de cobro a posteriori del daño es igual a la unidad. Esto es porque bajo la figura del seguro de responsabilidad civil, además de no recibir el reembolso por el monto asegurado, debe afrontar los costos de auditoría para atestiguar que el agente realice el nivel de esfuerzo adecuado. De todos modos, es necesario establecer las formas funcionales para la prima del seguro de responsabilidad civil y el nivel de costos de auditoría para determinar certeramente que esa es la opción elegida por la compañía aseguradora desde la óptica de los pagos esperados en cada caso.

La segunda alteración que se estudia en el juego es que el ente potencialmente contaminante deba contratar un seguro ambiental obligatoriamente y sea quien elija entre el de caución o el de responsabilidad civil. Nuevamente, se comparan los pagos esperados en los nodos 1-2 ó 3-4, dependiendo del nivel de esfuerzo, con los de los nodos 13-14 ó 15-16, en este caso para el ente potencialmente contaminante. Analíticamente:

$$-\bar{P} - C(e^{H \circ L}) - p(e^{H \circ L}) \left[\frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} \right] \stackrel{?}{\geq} -\tilde{P}(e^{H \circ L}) - C(e^{H \circ L}) - p(e^{H \circ L}) \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t}$$

Ante la misma voluntad de prevención, los costos del esfuerzo (el segundo término) y la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental son iguales a ambos lados de la desigualdad, por lo que el problema se resuelve mediante la siguiente expresión:

$$+\tilde{P}(e^{H \circ L}) - \bar{P} \stackrel{?}{\geq} p(e^{H \circ L}) \left\{ \left[\frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} \right] - \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t} \right\}$$

Si la diferencia en las primas es mayor a la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental multiplicada por la diferencia de los montos a cubrir por el ente potencialmente contaminante en caso de accidente entre ambas regulaciones del seguro, entonces el ente potencialmente contaminante elige el seguro de caución. De modo contrario elige el seguro de responsabilidad civil. Nuevamente es necesario establecer las formas funcionales para determinar cuál es la elección óptima definitivamente.

Por último, se analiza una tercera alteración que implica modificar el juego de tal forma que el ente potencialmente contaminante deba contratar el seguro de responsabilidad civil de manera obligatoria. Resulta interesante responder cuál es el nivel de esfuerzo elegido en este caso. Para resolver el problema, se comparan los pagos esperados para este jugador en los nodos 13-14 versus los nodos 15-16.

$$-\tilde{P}(e^H) - C(e^H) - p(e^H) \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t} \stackrel{?}{\geq} -\tilde{P}(e^L) - C(e^L) - p(e^L) \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t}$$

Los costos del esfuerzo son de mayor magnitud cuando el nivel de esfuerzo realizado es alto. Sin embargo, la prima cobrada por la compañía aseguradora es menor si los mecanismos de señalización funcionan, y la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental también es más pequeña en este caso. Con lo cual el problema se resuelve determinando si la diferencia en costos del esfuerzo compensa la diferencia en las primas y en el monto a pagar para restaurar el daño por su probabilidad de ocurrencia en cada caso.

$$-C(e^H) + C(e^L) \stackrel{?}{\geq} i - \tilde{P}(e^L) + \tilde{P}(e^H) - [p(e^L) - p(e^H)] \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t}$$

La solución final depende nuevamente de las formas funcionales o si se quiere analizar cualitativamente, de la incidencia del esfuerzo en la probabilidad de ocurrencia del daño y en la función de los costos del esfuerzo.

Si la incidencia del esfuerzo sobre los costos del mismo es baja y sobre la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental alta, se elige realizar un nivel de esfuerzo alto. Por el contrario, si la incidencia sobre la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental es baja y sobre la función de costos del esfuerzo alta, la elección es realizar un nivel de esfuerzo bajo. En el par de casos restantes, la solución es indeterminada.

III.6.5. Discusión de resultados

La solución del juego encontrada mediante *backward induction* implica que el gobierno establece un sistema de regulaciones mediante un seguro de responsabilidad civil, la compañía aseguradora ofrece el contrato y el ente potencialmente contaminante no acepta el seguro, realizando un esfuerzo alto o bajo dependiendo de las formas

funcionales del costo del esfuerzo y de la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental.

Por un lado, en la solución del juego, el seguro no se contrata por parte del ente potencialmente contaminante, aún cuando éste sea ofrecido. Este resultado no es alentador desde el punto de vista de la cobertura como medio de protección de los recursos naturales.

Sin embargo, una mirada positiva sobre uno de los equilibrios de Nash permite sugerir que el agente probablemente realizará un esfuerzo alto para prevenir el daño ambiental y minimizar la destrucción de los recursos naturales debido a las actividades humanas, que es uno de los objetivos más importantes de la regulación. Este resultado es significativo desde el punto de los incentivos que provee cada tipo de regulación. Se interpreta a partir del análisis que es más probable que el agente realice un nivel alto de esfuerzo bajo un régimen de seguro de responsabilidad civil que bajo la figura del seguro de caución.

El análisis podría mejorarse considerando más de dos tipos de esfuerzo y estimando las formas funcionales de los costos reales del esfuerzo, del valor del daño y de la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental con base en datos empíricos. Sin embargo, existe una gran dificultad para acceder a esta información debido a que no es pública y contiene un alto grado de incertidumbre, por ejemplo, en la estimación de la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental. Este tema es crítico, porque las formas funcionales de las funciones de pago de los jugadores predicen la solución integral del juego.

La investigación realizada es significativa porque los seguros ambientales han sido recientemente regulados en la mayoría de países del mundo (Faure, 2003). Los gobiernos enfrentan nuevos desafíos para desarrollar herramientas en pos de reducir o prevenir el impacto de las personas y las actividades humanas sobre el medio ambiente. En este contexto, los resultados arribados contribuyen al campo de la economía ambiental presentando un enfoque mediante teoría de juegos del problema de la regulación de los seguros ambientales.

Los seguros son instrumentos que permiten administrar el riesgo. En particular, el tipo de seguros que se analizó en este capítulo provee cobertura sobre la calidad del medio ambiente. Paralelamente existen seguros de precios que desde el punto de vista ambiental pueden tener relación con la protección del valor de empresas potencialmente contaminantes, ante eventos ambientales negativos. Al respecto, en el próximo capítulo se analiza esta cobertura con un tipo de seguro particular, un instrumento derivado cuyo subyacente se relaciona con el nivel de contaminación. Se trata de las opciones ambientales.

III.7. Apéndice del capítulo III

En este apéndice se presentan las matrices de los pagos por nodo y pagos esperados para cada jugador.

En función de la información presentada en la sección III.6.2 sobre las funciones de pago, la Tabla 15 exhibe una matriz con la estimación de los pagos genéricos para cada jugador en cada uno de los 24 nodos finales del juego.

Considerando los resultados de la Tabla 15 y la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental en cada nodo, se calcula la matriz de pagos esperados (Tabla 16).

Tabla 15: Pagos para cada jugador en cada nodo final

Seguro de caución		Gobierno	Compañía aseguradora	Ente potencialmente contaminante
Pago	Naturaleza	P_1	P_2	P_3
Nodo 1	D	$V_0 - D^T + VA(L^c) - C_R$	$\bar{P} + \frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} - \frac{L_t^c}{(1+k)^t}$	$-\bar{P} - \frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} - C(e^H)$
Nodo 2	ND	$V_0 - C_R$	\bar{P}	$-\bar{P} - C(e^H)$
Nodo 3	D	$V_0 - D^T + VA(L^c) - C_R$	$\bar{P} + \frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} - \frac{L_t^c}{(1+k)^t}$	$-\bar{P} - \frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} - C(e^L)$
Nodo 4	ND	$V_0 - C_R$	\bar{P}	$-\bar{P} - C(e^L)$
Nodo 5	D	$V_0 - D^T + VA(L^c) - C_R$	0	$-\frac{L_t^c}{(1+k)^t} - C(e^H)$
Nodo 6	ND	$V_0 - C_R$	0	$-C(e^H)$
Nodo 7	D	$V_0 - D^T + VA(L^c) - C_R$	0	$-\frac{L_t^c}{(1+k)^t} - C(e^L)$
Nodo 8	ND	$V_0 - C_R$	0	$-C(e^L)$
Nodo 9	D	$V_0 - D^T + VA(L^c) - C_R$	0	$-\frac{L_t^c}{(1+k)^t} - C(e^H)$
Nodo 10	ND	$V_0 - C_R$	0	$-C(e^H)$
Nodo 11	D	$V_0 - D^T + VA(L^c) - C_R$	0	$-\frac{L_t^c}{(1+k)^t} - C(e^L)$
Nodo 12	ND	$V_0 - C_R$	0	$-C(e^L)$
Seguro de responsabilidad civil		Gobierno	Compañía aseguradora	Ente potencialmente contaminante
Pago	Naturaleza	P_1	P_2	P_3
Nodo 13	D	$V_0 - D^T + VA(L^{c+i}) - C_R$	$\tilde{P}(e^H) - \frac{I_{A_t}}{(1+k)^t} - C_A$	$-\tilde{P}(e^H) - \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t} - C(e^H)$
Nodo 14	ND	$V_0 - C_R$	$\tilde{P}(e^H) - C_A$	$-\tilde{P}(e^H) - C(e^H)$
Nodo 15	D	$V_0 - D^T + VA(L^{c+i}) - C_R$	$\tilde{P}(e^L) - \frac{I_{A_t}}{(1+k)^t} - C_A$	$-\tilde{P}(e^L) - \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t} - C(e^L)$
Nodo 16	ND	$V_0 - C_R$	$\tilde{P}(e^L) - C_A$	$-\tilde{P}(e^L) - C(e^L)$
Nodo 17	D	$V_0 - D^T + VA(L^{c+i}) - C_R$	0	$-\frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t} - C(e^H)$
Nodo 18	ND	$V_0 - C_R$	0	$-C(e^H)$
Nodo 19	D	$V_0 - D^T + VA(L^{c+i}) - C_R$	0	$-\frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t} - C(e^L)$
Nodo 20	ND	$V_0 - C_R$	0	$-C(e^L)$
Nodo 21	D	$V_0 - D^T + VA(L^{c+i}) - C_R$	0	$-\frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t} - C(e^H)$
Nodo 22	ND	$V_0 - C_R$	0	$-C(e^H)$
Nodo 23	D	$V_0 - D^T + L^{c+i} - C_R$	0	$-\frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t} - C(e^L)$
Nodo 24	ND	$V_0 - C_R$	0	$-C(e^L)$

Tabla 16: Pagos esperados para cada jugador

SI	Tipo de esfuerzo	Naturaleza	Probabilidad de ocurrencia	Tabla de pagos esperados		
				Gobierno	Compañía aseguradora	Ente potencialmente contaminante
				$E(P_1)$	$E(P_2)$	$E(P_3)$
Nodo 1	e^H	D	$p(e^H)$	$V_0 + p(e^H)[VA(L^c) - D^T] - C_R$	$\bar{P} + p(e^H) \left[\frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} - \frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right]$	$-\bar{P} - C(e^H) - p(e^H) \left[\frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} \right]$
Nodo 2	e^H	ND	$1 - p(e^H)$			
Nodo 3	e^L	D	$p(e^L)$	$V_0 + p(e^L)[VA(L^c) - D^T] - C_R$	$\bar{P} + p(e^L) \left[\frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} - \frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right]$	$-\bar{P} - C(e^L) - p(e^L) \left[\frac{L_{t+s}^c}{(1+k)^{t+s}} \right]$
Nodo 4	e^L	ND	$1 - p(e^L)$			
Nodo 5	e^H	D	$p(e^H)$	$V_0 + p(e^H)[VA(L^c) - D^T] - C_R$	0	$-C(e^H) - p(e^H) \left[\frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right]$
Nodo 6	e^H	ND	$1 - p(e^H)$			
Nodo 7	e^L	D	$p(e^L)$	$V_0 + p(e^L)[VA(L^c) - D^T] - C_R$	0	$-C(e^L) - p(e^L) \left[\frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right]$
Nodo 8	e^L	ND	$1 - p(e^L)$			
Nodo 9	e^H	D	$p(e^H)$	$V_0 + p(e^H)[VA(L^c) - D^T] - C_R$	0	$-C(e^H) - p(e^H) \left[\frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right]$
Nodo 10	e^H	ND	$1 - p(e^H)$			
Nodo 11	e^L	D	$p(e^L)$	$V_0 + p(e^L)[VA(L^c) - D^T] - C_R$	0	$-C(e^L) - p(e^L) \left[\frac{L_t^c}{(1+k)^t} \right]$
Nodo 12	e^L	ND	$1 - p(e^L)$			
LI	Tipo de esfuerzo	Naturaleza	Probabilidad de ocurrencia	Gobierno	Compañía aseguradora	Ente potencialmente contaminante
				$E(P_1)$	$E(P_2)$	$E(P_3)$
Nodo 13	e^H	D	$p(e^H)$	$V_0 + p(e^H)[VA(L^{c+i}) - D^T] - C_R$	$\tilde{P}(e^H) - C_A - p(e^H) \frac{I_{At}}{(1+k)^t}$	$-\tilde{P}(e^H) - C(e^H) - p(e^H) \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t}$
Nodo 14	e^H	ND	$1 - p(e^H)$			
Nodo 15	e^L	D	$p(e^L)$	$V_0 + p(e^L)[VA(L^{c+i}) - D^T] - C_R$	$\tilde{P}(e^L) - C_A - p(e^L) \frac{I_{At}}{(1+k)^t}$	$-\tilde{P}(e^L) - C(e^L) - p(e^L) \frac{(L^{c+i} - I_A)_t}{(1+k)^t}$
Nodo 16	e^L	ND	$1 - p(e^L)$			
Nodo 17	e^H	D	$p(e^H)$	$V_0 + p(e^H)[VA(L^{c+i}) - D^T] - C_R$	0	$-C(e^H) - p(e^H) \frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t}$
Nodo 18	e^H	ND	$1 - p(e^H)$			
Nodo 19	e^L	D	$p(e^L)$	$V_0 + p(e^L)[VA(L^{c+i}) - D^T] - C_R$	0	$-C(e^L) - p(e^L) \frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t}$
Nodo 20	e^L	ND	$1 - p(e^L)$			
Nodo 21	e^H	D	$p(e^H)$	$V_0 + p(e^H)[VA(L^{c+i}) - D^T] - C_R$	0	$-C(e^H) - p(e^H) \frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t}$
Nodo 22	e^H	ND	$1 - p(e^H)$			
Nodo 23	e^L	D	$p(e^L)$	$V_0 + p(e^L)[VA(L^{c+i}) - D^T] - C_R$	0	$-C(e^L) - p(e^L) \frac{L^{c+i}_t}{(1+k)^t}$
Nodo 24	e^L	ND	$1 - p(e^L)$			

Capítulo IV

COBERTURA DE RIESGOS AMBIENTALES

PARTE II: OPCIONES AMBIENTALES

Temas abordados en este capítulo

IV.1. Objetivos del capítulo IV

IV.2. Motivaciones y antecedentes: derivados no tradicionales

IV.3. Modelo teórico de cobertura de riesgos microeconómicos mediante opciones ambientales

IV.3.1. Descripción del valor de una empresa que produce daño ambiental

IV.3.2. Descripción de las opciones ambientales (OA)

IV.3.2.1. Funciones y mecanismos de operación de las OA

IV.3.2.1.1. Descripción del nivel de ejercicio de la opción ambiental

IV.3.2.1.2. Descripción del subyacente y determinación del ejercicio de la opción

IV.3.2.1.3. Pago de la opción en ejercicio y fondo mutuo

IV.3.2.1.4. Ajuste en la cantidad de contratos para mejorar la cobertura

IV.3.2.2. Valor de las opciones ambientales

IV.3.2.2.1. Factores que influyen en el valor

IV.3.2.2.2. Proceso de valoración

IV.3.2.3. Limitaciones de las opciones ambientales

IV.3.3. Efectos de la cobertura ambiental en el valor de la empresa

IV.4. Simulación del modelo de cobertura con opciones ambientales

IV.4.1. Especificaciones del modelo de simulación

IV.4.2. Resultados e interpretaciones

IV.4.2.1. Caso 1: equivolatilidad en la distribución de probabilidad de la contaminación de las empresas

IV.4.2.2. Caso 2: empresa con distribución de probabilidad de la contaminación más volátil

IV.4.2.3. Caso 3: empresa con distribución de probabilidad de la contaminación menos volátil

IV.4.2.4. Comparación entre casos con diferentes volatilidades

IV.4.2.5. Interpretaciones generales de los resultados simulados

IV.5. Consideraciones

IV.6. Apéndice del capítulo IV

IV.1. Objetivos del capítulo IV

Este capítulo tiene por objetivo estudiar cómo la cobertura de riesgos ambientales mediante derivados ambientales puede reducir la incidencia negativa de eventos con efectos sobre la calidad medioambiental en el valor de las firmas potencialmente contaminantes. Para ello, se analiza cómo el valor de una firma se ve influenciado por variables ambientales con componentes estocásticos y determinísticos. Se plantea un modelo para cuantificar la pérdida de valor de las empresas debido a riesgos ambientales y cómo dicho riesgo puede ser cubierto mediante instrumentos como derivados ambientales, inexistentes aún en el mercado.

Se puede definir al derivado ambiental como un instrumento financiero cuyo subyacente es una variable ambiental que representa daños o beneficios en el ambiente. Las opciones ambientales en particular, surgen de la adaptación de la teoría financiera a la economía ambiental.

Luego, se ensambla la valuación de empresas con la cobertura de riesgos ambientales. Se culmina con una simulación de Monte Carlo que permite ilustrar esta reducción de la exposición al riesgo ambiental para diferentes casos de volatilidad en el nivel de contaminación.

Tal como para la cobertura mediante seguros ambientales, algunos tópicos de los tratados en capítulos anteriores son relevantes para el estudio de lo que se analiza a continuación. Específicamente, las metodologías de valoración ambiental permiten conocer el valor del daño potencialmente asegurable. También es posible tipificar, mediante los atributos de la matriz método-factor, qué tipo de daño ambiental es susceptible de ser cubierto mediante opciones ambientales. De este modo, en este capítulo se analizan daños ambientales producidos por fenómenos principalmente aleatorios cuya probabilidad de ocurrencia es independiente; y caracterizados por ser apropiables por la empresa potencialmente contaminante (es decir, el valor de la empresa sufre un detrimento por el potencial daño). Esta internalización del daño está

influenciada directamente por el efecto ocultamiento, el nivel de cultura ambiental y la postura de los individuos de la sociedad ante el medio ambiente. También es necesario que los sujetos productores del daño sean identificables y que el nivel de contaminación pueda ser monitoreado mediante mediciones objetivas. Como puede deducirse del análisis que se presenta a continuación, la compensación que se analiza en este capítulo no tiene relación con la restauración del daño ambiental, con lo cual el grado de reversibilidad del daño, la existencia de tecnologías alternativas y la tangibilidad del bien afectado no son factores determinantes en esta caracterización.

Asimismo es necesario recalcar una diferencia sustancial entre el riesgo cuya cobertura se estudia en este capítulo, respecto al riesgo cubierto mediante seguros del capítulo anterior. Esta diferencia se origina principalmente por el sujeto expuesto a los efectos del riesgo a cubrir. Particularmente, el análisis mediante seguros permite cubrir riesgos emanados hacia la sociedad dado que los fondos, ya sea de la empresa contaminante o de la entidad aseguradora, se destinan a restaurar el daño en el medio ambiente y compensar a los damnificados por el detrimento en su calidad de vida o patrimonio. Este tipo de riesgo se puede señalar como riesgo público. Por el contrario, la cobertura mediante opciones ambientales permite reducir exclusivamente la incidencia del daño ambiental en el valor de una firma potencialmente contaminante, con lo cual se está cubriendo un riesgo microeconómico privado, a pesar de que los efectos negativos también los pueda padecer la sociedad.

El capítulo se estructura de la siguiente manera: en la sección IV.2 se presentan los antecedentes en relación al tema de derivados no tradicionales. En la sección IV.3 se exhibe el modelo y la metodología dividiéndose la exposición en tres sub-secciones: primero se describe brevemente la función de valor de una empresa que produce daños ambientales, luego se diseñan y desarrollan las opciones ambientales, y por último, se analizan los efectos de la cobertura ambiental en el valor de la firma. En la sección IV.4 se realiza una aplicación del modelo de cobertura de riesgos ambientales mediante una simulación de Monte Carlo, detallándose las especificaciones del modelo y los resultados e interpretaciones para cada uno de los casos analizados. Por último, se presentan algunas consideraciones de este avance de la investigación.

IV.2. Motivaciones y antecedentes: derivados no tradicionales

El derivado es un instrumento financiero cuyo valor depende del comportamiento de alguna variable subyacente especificada en el contrato. Los derivados con mayor volumen de negociación son los futuros y opciones sobre activos financieros (acciones), commodities, tipos de interés, índices, entre otros. Dado que el trabajo se centra en el desarrollo de un subyacente no tradicional, no se incursionará en una descripción exhaustiva de estos derivados “tradicionales” cuya función principal es la cobertura del riesgo de precio del activo subyacente. Sin embargo, a los fines de la

propuesta que se realiza en este capítulo es conveniente presentar brevemente el marco conceptual de las opciones como instrumento financiero.

Particularmente, una opción es un derecho, para quien la compra, a comprar o vender un activo en plazo y precio previamente acordados. Es decir, la opción otorga a su tenedor el derecho de su ejercicio. Existen dos tipos básicos de opciones:

- Opción de compra (*call*): es un instrumento financiero que otorga a su tenedor el derecho a comprar un activo a determinado precio en una fecha específica.
- Opción de venta (*put*): es un instrumento financiero que otorga a su tenedor el derecho a vender un activo a determinado precio en una fecha específica.

El activo a comprar o vender se denomina subyacente, el precio determinado es el precio de ejercicio y la fecha específica se conoce como fecha de vencimiento. Los activos subyacentes de las opciones negociadas en el mercado son habitualmente acciones de una empresa de capitales abiertos, *commodities* agropecuarios, otros activos físicos como oro o petróleo, divisas, índices, futuros, etc.

En simultáneo, las opciones pueden ser europeas o americanas. La diferencia reside en que las opciones europeas pueden ser ejercidas únicamente en su fecha de vencimiento, mientras que las americanas pueden ser ejercidas en cualquier momento de su vida hasta su vencimiento. La mayoría de opciones negociadas en las bolsas de valores son americanas.

Todo contrato de opción tiene dos partes: el comprador o tenedor y el vendedor o lanzador. De este modo, existen cuatro tipos de posiciones a tomar en relación a las opciones:

- Posición larga (compradora) en una opción de compra (*call*).
- Posición corta (vendedora) en una opción de compra (*call*).
- Posición larga (compradora) en una opción de venta (*put*).
- Posición corta (vendedora) en una opción de venta (*put*).

El comprador de una opción de compra o *call* adquiere, mediante el pago de una prima (c), el derecho de comprar el subyacente al precio de ejercicio (X) hasta la fecha de vencimiento o en la fecha de vencimiento, de acuerdo a si se trate de una opción americana o europea. Es quien ejerce la opción. El ejercicio depende del precio del activo subyacente (S), ejerciéndose en la medida en que el mismo sea mayor al precio de ejercicio, esto es cuando $S > X$.

El vendedor de una opción de compra o *call* tiene la obligación de vender el activo subyacente al precio de ejercicio (X) cuando el comprador de la misma la ejerce. Es quien cobra la prima (c) y en lugar de un derecho, tiene una obligación cuando la opción que emitió entra en ejercicio. La opción le será ejercida en la medida en que $S >$

X. De este modo, el vendedor de una opción *call* es la contraparte del comprador de la misma opción *call*.

El comprador de una opción de venta o *put* adquiere, mediante el pago de una prima (p), el derecho de vender el subyacente al precio de ejercicio (X) hasta la fecha de vencimiento o en la fecha de vencimiento, de acuerdo a si se trate de una opción americana o europea. Es quien decide el ejercicio de la opción. En este caso, la misma se ejerce cuando el precio del subyacente es inferior al precio de ejercicio, esto es cuando $S < X$.

El vendedor de una opción de venta o *put* tiene la obligación de comprar el activo subyacente al precio de ejercicio (X) cuando el comprador de la misma la ejerce. Es quien cobra la prima (p) a cambio de la obligación de cumplir con lo antedicho en caso que le ejerzan la opción que emitió. La opción le será ejercida cuando $S < X$. El vendedor de una opción *put* es la contraparte del comprador de la misma opción *put*.

El valor o prima de una opción se puede dividir en dos componentes: el valor intrínseco y el valor temporal. El valor intrínseco se puede definir como el valor que tiene una opción en un momento determinado si se ejerciese inmediatamente. Formalmente la función del valor intrínseco para una opción de compra es $\max(0; (S - X))$ y para una opción de venta $\max(0; (X - S))$, siendo S el precio del activo subyacente y X el precio de ejercicio de la opción. Por otra parte, el comprador de una opción estará dispuesto a pagar un importe superior al valor intrínseco si espera que hasta el vencimiento los precios en el mercado puedan modificarse de tal forma que obtenga un beneficio superior a dicho valor. A su vez, el vendedor de la opción exigirá una prima superior al valor intrínseco para cubrirse del riesgo de una alteración en los precios que le suponga una pérdida mayor. A la diferencia entre la prima y el valor intrínseco se la denomina valor temporal o potencial.

Antes de comenzar con la descripción de instrumentos para coberturas no tradicionales, vale la pena revisar brevemente algunos tipos de opciones exóticas (Hull, 2002; Kolb, 2003) dado que por la naturaleza del instrumento que se propone, algunas cualidades son compartidas. Dentro de los instrumentos derivados exóticos se pueden mencionar las opciones compuestas, las opciones binarias o digitales, las opciones *chooser*, las opciones barrera, las opciones *lookback*, las opciones asiáticas, las opciones de intercambio o arcoíris, entre otras. La mayoría de estos instrumentos exóticos se negocian en el mercado *over-the-counter*.

Las opciones compuestas son opciones sobre opciones, por lo que tienen dos precios de ejercicio y dos fechas de vencimiento. Las opciones binarias o digitales tienen pagos discontinuos, determinados por el hecho de que el precio del subyacente termine por debajo o por encima del precio de ejercicio, recibiendo nada o la totalidad de un monto fijo establecido en cada caso. Las opciones *chooser* tienen la particularidad de que luego de un período de tiempo determinado, el comprador puede decidir si se

trata de una opción de compra o de venta. Las opciones barrera son aquellas en las cuales el ejercicio depende de si el precio del subyacente alcanza cierto nivel durante un período de tiempo determinado. Los pagos de las opciones *lookback* dependen del precio máximo o mínimo del activo subyacente alcanzado durante la vida de la opción. Las opciones asiáticas son aquellas cuyos pagos dependen del precio medio del subyacente, tanto en el rol del subyacente propiamente dicho, como en el rol del precio de ejercicio²⁴. Las opciones de intercambio o arcoíris son opciones que permiten intercambiar dos o más activos con riesgo. Una descripción más acabada de estos instrumentos puede encontrarse en Hull (2002) y Kolb (2003).

Dentro de los derivados no tradicionales, encontramos opciones sobre catástrofes, desarrolladas a partir de 1992 y lanzadas por el *Chicago Board of Trade* en el año 1995 (Hoyt & McCullough, 1999). Este es el primer antecedente de un instrumento financiero relacionado con desastres naturales en el mercado organizado. Sin embargo, dado que el tenedor debía demostrar que había sufrido una pérdida debido a alguno de los eventos catastróficos enumerados en el contrato, eran instrumentos muy similares a los seguros, más que al resto de derivados, a pesar de poseer índices como subyacentes. El instrumento salió del mercado media década después de su lanzamiento debido a que la demanda fue menor a la esperada.

El caso de los derivados climáticos propiamente dicho es un caso particular en donde la variable de la cual depende el valor del contrato es un índice climático (Vázquez & García Fronti en Casparri & García Fronti, 2010). Los derivados climáticos comenzaron a utilizarse en el año 1996 en el mercado *over-the-counter*, principalmente por empresas de energía. Por el impacto de las condiciones climáticas en las actividades económicas, este instrumento siguió desarrollándose y llegó a estandarizarse en 1999 en el *Chicago Mercantile Exchange*. Los índices más difundidos en los mercados organizados son los siguientes: días con temperatura para refrigeración (*cooling degree days*), días con temperatura para calefacción (*heating degree days*), temperatura media acumulada (*cumulative average temperature*), nieve precipitada mensualmente (*monthly snowfall*) y días de helada (*frost days*).

Recientemente, se desarrollaron derivados para la cobertura contra huracanes, conocidos como *Hurricane Risk Landfall Options* (HuRLOs) (Casparri & García Fronti en Casparri & García Fronti, 2010). El instrumento se negoció por primera vez en el año 2008 en el *Chicago Mercantile Exchange*. En este caso el sistema que se utiliza es *pari-mutuel*, que implica que cualquier participante puede comprar HuRLOs sin tener que buscar otro participante en el mercado que quiera lanzar la opción. Estas primas se acumulan en un fondo mutual de riesgo que se reparte entre los titulares de los

²⁴ Esto significa que el precio de ejercicio se sustituye por el valor medio del subyacente; o bien, el valor del subyacente se sustituye por el valor medio del subyacente.

instrumentos en el primer lugar donde el evento acaezca; es decir, en la costa que recibe el primer huracán dentro de las comprendidas en la cobertura.

En relación al medio ambiente específicamente, existen en el mercado derivados sobre bonos de carbono (Parvathamma, 2010). Los bonos o créditos de carbono son derechos de emisión que reciben aquellos con la capacidad técnica y económica de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o secuestrar carbono adicional. Los mismos se comercializan en el mercado *spot*, *forward* y de opciones. Existen distintos instrumentos que se negocian en los siguientes mercados: *Chicago Climate Exchange*, *European Climate Exchange*, *Nasdaq OMX Commodities Europe*, *PowerNext*, *Commodity Exchange Bratislava* y *European Energy Exchange*. Estos instrumentos son tradicionales desde el punto de vista del objetivo, que es cubrir el riesgo de precio; pero dado que se asocian específicamente con la economía ambiental se los ha incluido entre los antecedentes.

En los antecedentes sobre la literatura revisada no se encontraron casos con activos subyacentes relacionados con la calidad de los recursos naturales, como índices de contaminación. Sin embargo, existe evidencia suficiente de la posibilidad de crear este tipo de instrumentos, con base en las opciones exóticas y los derivados sobre subyacentes no tradicionales que se negocian en el mercado.

IV.3. Modelo teórico de cobertura de riesgos microeconómicos mediante opciones ambientales²⁵

IV.3.1. Descripción del valor de una empresa que produce daño ambiental

Este tema se desarrollará en profundidad en el capítulo siguiente. Sin embargo, para poder analizar los efectos de la cobertura sobre el valor de una empresa potencialmente contaminante es necesario anticipar algún modelo de valor de una empresa que esté expuesta a riesgos ambientales microeconómicos.

El valor de una empresa sujeta a riesgos ambientales pertenece a un rango comprendido entre V_{SR} , el valor de una empresa comparable (con riesgos operativos²⁶ y financieros equivalentes) pero con una exposición a riesgos ambientales nula; y V_{CRSC} , el valor de la empresa expuesta a este tipo de riesgos pero sin cobertura de los mismos mediante contratos de seguros u opciones.

Esto implica que la función de valor de una empresa tiene una cota máxima y una mínima para diferentes niveles de exposición a riesgos de daño ambiental, *ceteris*

²⁵ Una versión preliminar de esta sección de la tesis fue presentada y publicada en los anales de la XLVI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política (AAEP) en la Universidad Nacional de Mar del Plata (Pesce, Vigier & Durán, 2011).

²⁶ Suponiendo igual estructura de costos fijos a pesar de diferencias en el riesgo ambiental.

páribus el comportamiento del resto de las variables que pueden afectar la valuación (tamaño, flujos de fondos operativos, nivel de riesgo, estructura y costo de capital, etc.).

La función de valor de la empresa entonces se puede expresar mediante la expresión presentada en la Ecuación 59.

$$V_{CRSC} = V_{SR} - \omega * D$$

Ecuación 59

Donde:

V_{CRSC} es el valor de una empresa expuesta al riesgo ambiental sin cobertura.

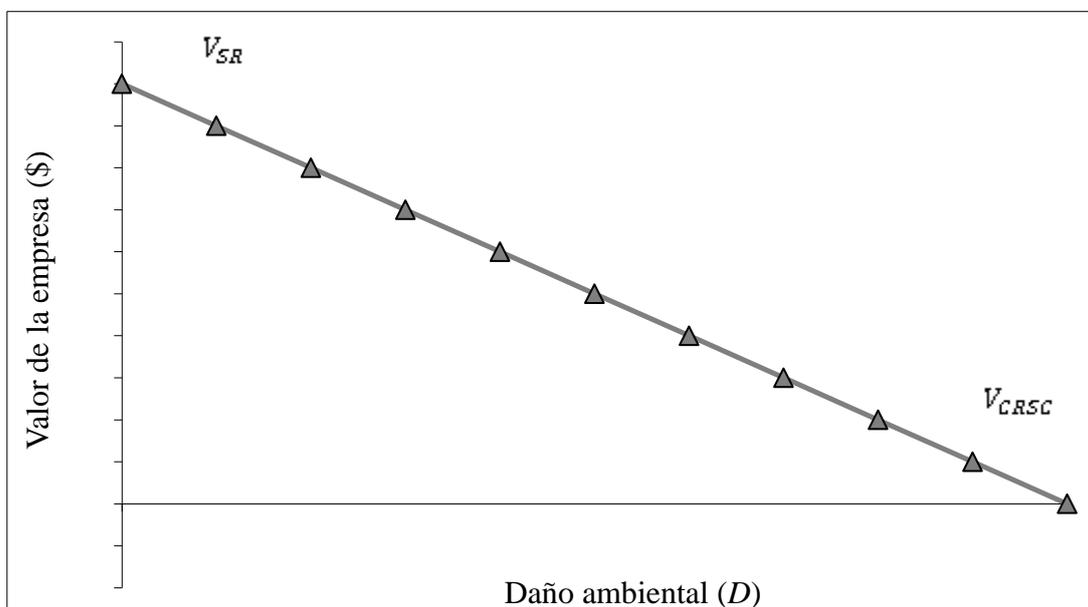
V_{SR} es el valor de la empresa sin riesgo ambiental (cota máxima)

D representa el valor del daño ambiental, determinado mediante el nivel de la variable ambiental que mide la contaminación (C_i).

Dado que D representa el valor del daño, ω puede interpretarse como la probabilidad de ocurrencia del fenómeno. Por lo tanto, el valor de una empresa potencialmente contaminante sin cobertura es el valor de la empresa sin riesgo ambiental menos el valor esperado del daño ambiental.

Cabe aclarar que pueden presentarse funciones no lineales en D pero dado que esta es una primera aproximación al tema y no se disponen de datos empíricos para realizar una estimación de dicha relación, se trabaja con el caso más simple.

Ilustración 15: Valor de la empresa sin cobertura como función del daño ambiental



Fuente: Elaboración propia.

Se supone que la cota mínima de valor para la empresa con riesgo sin cobertura es cero, por lo que el valor esperado del daño tiene que ser menor al valor de la empresa sin riesgo. Esto puede fundamentarse mediante la existencia de regulaciones que

prohíban producir a empresas que no sean capaces de solventar los potenciales daños ambientales que las mismas puedan ocasionar.

El daño ambiental generado a través de la contaminación de algún recurso natural es la variable que afecta el valor de la empresa de manera negativa. Entonces, la empresa tiene un valor máximo cuando no tiene riesgo ambiental, y un valor mínimo cuando tiene riesgo ambiental y no posee coberturas mediante seguros u opciones ambientales. En el medio, existe un *continuum* en donde el valor de la empresa aumenta por la cobertura del riesgo ambiental, cuestión que se desarrolla en la sección IV.3.3.

El objetivo de la siguiente sección es estudiar si pueden existir instrumentos derivados que permitan cubrir riesgos ambientales y eviten el deterioro del valor de la empresa. En particular, interesa demostrar qué serían y cómo funcionarían como escudo de valor las opciones ambientales.

IV.3.2. Descripción de las opciones ambientales (OA)

IV.3.2.1. Funciones y mecanismos de operación de las OA

Como se ha descrito en la sección IV.2 del presente capítulo, no se han encontrado antecedentes de instrumentos financieros de este tipo. La propuesta es diseñar un instrumento financiero de cobertura que siga las pautas de una opción financiera, pero con una variable ambiental como subyacente. Se trata de un instrumento no tradicional, porque el objetivo de su cobertura no es el riesgo de precio, sino el riesgo ambiental. En relación a su operatoria, pueden encontrarse similitudes con las opciones exóticas asiáticas, aunque no se replique el método en su totalidad. Sin embargo, dado que el subyacente y el nivel de ejercicio no se miden en términos monetarios, al momento de especificar el *pay-off* también se debe definir una relación contaminación - unidades monetarias. A continuación se detalla en qué consiste el nivel de ejercicio de la opción, qué es el subyacente y cómo se determina el ejercicio, cómo se establece el pago y cómo se ajusta el número de contratos para mejorar la cobertura.

IV.3.2.1.1. Descripción del nivel de ejercicio de la opción ambiental

El nivel de ejercicio de la opción ambiental está dado por un índice ambiental que mide la contaminación media por empresa en la zona. Existen antecedentes de algunos índices de desempeño ambiental que se calculan anualmente por país a nivel mundial. Uno de ellos es el *Environmental Performance Index* (EPI) que tiene en cuenta 25 indicadores relacionados con la salud ambiental y la vitalidad del ecosistema, contemplando la contaminación del aire, agua, biodiversidad y hábitat, forestación, pesca, agricultura y cambio climático (Emerson, Esty, Levy, Kim, Mara, de Sherbinin & Srebotnjak, 2010). Otro de los índices publicados con anterioridad es el *Environmental Sustainability Index* (ESI), el cual pondera 76 indicadores relacionados

con la calidad del aire, la biodiversidad, la tierra, la calidad del agua, la cantidad de agua, la reducción sobre la contaminación del aire, la reducción del estrés del ecosistema, la reducción de la presión de la población, la reducción de residuos y consumo, la reducción de estrés hídrico, la gestión de recursos naturales, las emisiones de gases de efecto invernadero, las políticas ambientales, entre otros (Esty, 2001). A nivel nacional, se cuenta con la publicación de indicadores de manera aislada, por ejemplo mediante la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, no informándose públicamente ningún tipo de índice que los aglutine.

Específicamente para el modelo que se propone, se denomina A_t al índice ambiental que funciona como nivel de ejercicio. Dicho índice refleja la degradación de la calidad ambiental en una zona geográfica determinada en el período t , cuantificando la contaminación en unidades físicas. Alternativamente, el índice ambiental podría medir los efectos positivos sobre el medio ambiente, que permiten incrementar la calidad o la cantidad de los recursos naturales. Para este trabajo, se elige presentar un índice que cuantifique la contaminación, dado que entre los antecedentes de la literatura revisada se encuentran mayores efectos sobre el valor de la empresa a causa de eventos ambientales negativos²⁷.

Dicho índice ambiental tiene un componente de variación determinístico y otro estocástico. El primer componente cuya conducta es no aleatoria puede estar relacionado con indicadores de actividad, como el nivel de producción de las firmas de la zona. El segundo componente es simplemente impredecible, dado que refleja el efecto de procesos cuya evolución es aleatoria en el tiempo, tal como el efecto del clima o la afección de terceros en los niveles de contaminación involuntariamente. En pos de modelar la conducta de la variable ambiental A_t , se presenta lo antedicho de manera analítica en la Ecuación 60.

$$A_t = \left[\sum_{i=1}^n C_{it} + \varepsilon_t \right] / n$$

Ecuación 60

Donde: el primer término dentro del corchete es la agregación para las n empresas de los niveles C_{it} , que miden la contaminación directa de la empresa i de la zona en el período t . A esto se adiciona ε_t , que es el componente estocástico agregado en el momento t que afecta a A_t . Por último, la contaminación se divide sobre las n empresas de interés de la zona para obtener un nivel de contaminación medio zonal por ente potencialmente contaminante.

En cuanto a su operatividad, la variable ambiental podría tratarse de un índice medido a nivel zonal en un punto geográfico determinado mediante un organismo sin

²⁷ Léase la revisión de antecedentes del capítulo V.

intereses involucrados en la cobertura mediante opciones²⁸, combinando indicadores de contaminación ambiental referidos a los distintos medios receptores: la atmósfera, el agua superficial, el suelo y las aguas subterráneas. Así se obtendría, mediante una medición, el componente $\sum_{i=1}^n C_{it} + \varepsilon_t$ de la Ecuación 60. No se detallan cuestiones técnicas referidas a cómo agregar indicadores de contaminación, simplemente se debe tener presente que A_t se expresa genéricamente como una medida de degradación de la calidad ambiental media en unidades homogéneas de contaminación²⁹.

IV.3.2.1.2. Descripción del subyacente y determinación del ejercicio de la opción

El subyacente de la opción ambiental es la contaminación directa de la empresa i , denominada C_{it} . Es decir, todas las empresas de la zona z se encuentran sujetas al mismo índice ambiental publicado para determinar el nivel de ejercicio de su opción, pero dicho nivel es comparado con el nivel de contaminación propio de la empresa i , por lo que una opción con igual nivel de ejercicio puede estar en el dinero para una empresa y fuera del mismo para otra.

Se decide diseñar un instrumento con menor liquidez por su especificidad, y no determinar un nivel de ejercicio fijo y único para todas las empresas, que podría estar relacionado con el umbral que establece la legislación para el nivel de contaminación de ese tipo, debido a que ello provocaría pagos a empresas con bajos niveles de contaminación en simultáneo con pagos a otras con altos niveles de contaminación. De la forma prevista, solo recibe pagos aquella empresa cuyo valor se encuentra sujeto a una mayor pérdida por la evolución del daño ambiental.

Entonces, para determinar el ejercicio de la opción debe compararse A_t con C_{it} . De este modo, una opción de compra (*call*) está dentro del dinero, esto significa que se ejerce, si la contaminación de la empresa i se sitúa por encima del nivel medio de contaminación zonal ($C_{it} > A_t$). Por el contrario, una opción de venta (*put*) es ejercida si la contaminación de la empresa i se sitúa por debajo del nivel medio de contaminación zonal ($C_{it} < A_t$).

El mismo método de ejercicio puede representarse mediante la noción de “subyacente relativo”, definido como el ratio entre el nivel de contaminación de la empresa i y el nivel medio de contaminación zonal (Ecuación 61).

²⁸ Podría tratarse de una Secretaría de Medio Ambiente dependiente del gobierno municipal de cada zona. La propuesta es que esta figura sea distinta a la del lanzador y del tomador de la opción para evitar superposición de intereses.

²⁹ El índice que subyace el contrato de opciones ambientales se podría definir más detalladamente como una función que depende de los niveles de contaminación en los medios receptores básicos: aire, suelo y agua: $A_t = f(C_1; C_2; C_3)$; donde: C_1 es la medida de contaminación en el aire, C_2 representa la contaminación en el suelo y C_3 en el agua. Para agregar factores de contaminación de distintos tipos se requiere de algún coeficiente técnico, por ejemplo, de equivalencia en el nivel de toxicidad de diferentes tipos de contaminación.

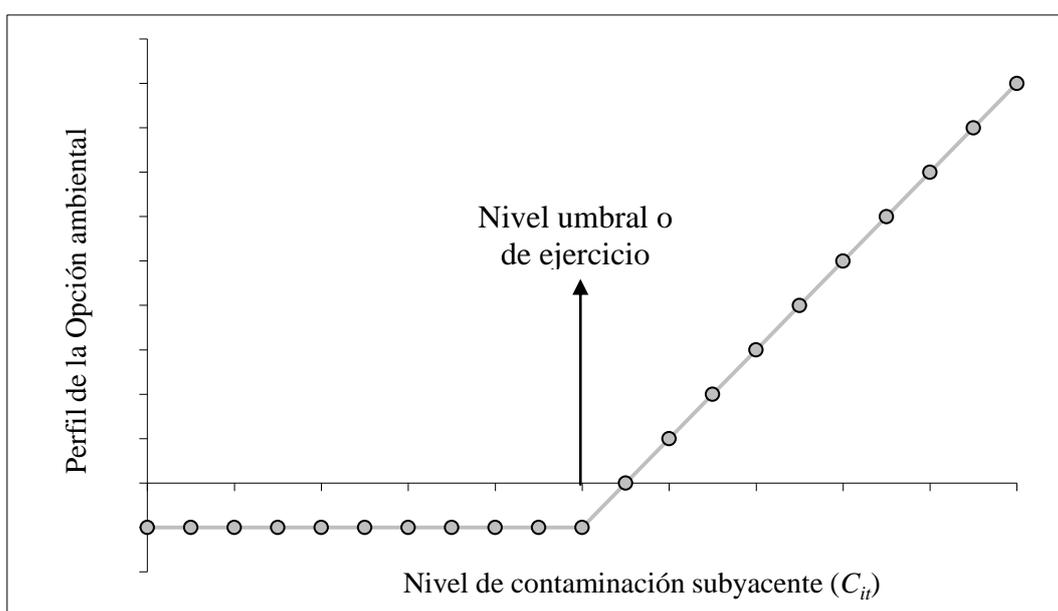
$$C_{relat} = C_{it}/A_t$$

Ecuación 61

Interpretando el ejercicio mediante el subyacente relativo, una opción *call* se ejercerá si $C_{relat} > 1$ y una opción *put* cuando $C_{relat} < 1$.

La opción ambiental puede servir de cobertura para una empresa que produce externalidades negativas³⁰, pagando una prima para poder ejercer la opción de compra de derechos de contaminación a partir de un umbral que se llama nivel de ejercicio. Siguiendo esta descripción, el perfil de beneficios para quien toma una posición larga sobre una opción de compra ambiental se presenta en la Ilustración 16.

Ilustración 16: Perfil de la opción ambiental para una posición larga sobre una opción *call*

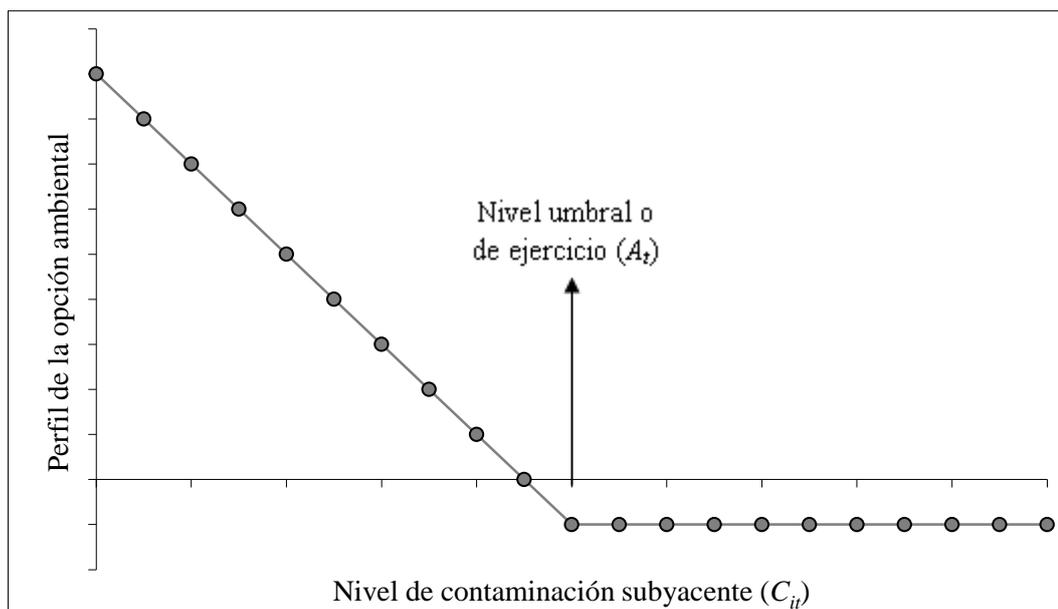


Fuente: Elaboración propia.

También se puede considerar el caso de una empresa que produzca externalidades positivas en el medio ambiente, por ejemplo reduciendo el nivel de contaminación, por lo que para internalizar el riesgo ambiental positivo puede desear tomar una posición larga sobre una opción de venta ambiental. Cuando C_{it} se sitúe por debajo del umbral, la empresa podrá ejercer el derecho de vender permisos de contaminación, apropiándose de este modo de la externalidad que mejora la calidad de los recursos naturales. El perfil de beneficios para este tipo de cobertura se presenta en la Ilustración 17.

³⁰ Es dable recordar que la variable A_t tiene un componente estocástico por lo que la empresa no controla su evolución a pesar de producir daños ambientales. Por ello es factible que sea un daño asegurable.

Ilustración 17: Perfil de la opción ambiental para una posición larga sobre una opción *put*



Fuente: Elaboración propia.

IV.3.2.1.3. Pago de la opción en ejercicio y fondo mutuo

Dado el nivel de contaminación ambiental subyacente C_{it} , y el índice de contaminación zonal A_t , ambos medidos en unidades no monetarias, se define la función de pagos que transforma las unidades homogéneas de contaminación en unidades monetarias (Ecuaciones 62 y 63). Para ello, se utilizan los métodos de valoración ambiental desarrollados por la rama de la economía ambiental, como costos de restauración, variación en la función de producción, valuación contingente, etc. Una revisión de esos métodos se presentó en el capítulo II. La aproximación empírica a la función de pagos podría obtenerse estudiando la correlación entre los costos ambientales reales y el nivel de la variable ambiental subyacente. Dado que no se dispone de datos al respecto y a los efectos de este trabajo, se define la función simplemente como $f(C_{it})$ y $f(A_t)$, obteniéndose mediante dicho algoritmo, el subyacente en términos monetario S_t .

El pago para una opción de compra se determina como se presenta en la Ecuación 62, mientras que para una opción de venta en la Ecuación 63.

$$Pago_{call} = \max(0; f(C_{it} - A_t))$$

Ecuación 62

$$Pago_{put} = \max(0; f(A_t - C_{it}))$$

Ecuación 63

El subyacente en términos monetarios hereda el componente estocástico de A_t , por lo que también es una variable riesgosa. Asimismo puede adicionarse otro

componente de riesgo exógeno proveniente de la incertidumbre en la política ambiental de un gobierno, en el costo de los equipos y materiales utilizados en la restauración, etc.

Una dificultad para la operatividad de este tipo de instrumentos financieros es la figura del lanzador de la opción. En principio, podría tratarse de un emisor institucional centralizado (estatal o no) dado que quien lanza la opción absorbe el riesgo que la misma cubre. Es por ello que ninguna empresa se vería beneficiada con dicha operación, producto del incremento de su exposición al riesgo. Por el contrario, un emisor institucional centralizado puede lograr diversificar el riesgo ambiental lanzando opciones en distintos puntos geográficos con riesgos ambientales independientes.

En cuanto al mecanismo de transacción de este tipo de opciones, se propone la constitución de un fondo mutuo (del tipo *pari-mutuel* en las apuestas) que será repartido entre aquellos tomadores de opciones que se encuentren dentro del dinero (*in-the-money*). Obsérvese que el tomador de cada opción pagará una prima correspondiente con la volatilidad, y por lo tanto la probabilidad de que *su* subyacente esté en el dinero. De este modo, el fondo que se constituye toma de cada comprador un monto ajustado a su cobertura.

Dado que el lanzador de las opciones se encuentra diversificado geográficamente, de manera agregada reduce el riesgo de que el fondo mutuo sea insuficiente para hacer frente al pago de las opciones ejercidas.

IV.3.2.1.4. Ajuste en la cantidad de contratos para mejorar la cobertura

Adicionalmente, el tomador de la opción debe tener en cuenta la correlación existente entre el nivel de contaminación propio C_{it} y el índice ambiental de su zona A_t . En el caso que se está considerando, donde el ejercicio del contrato está determinado mediante un índice ambiental, cada empresa deberá ajustar la cantidad de contratos de su cobertura, no solo por la exposición al riesgo ambiental, sino también por la correlación entre la variación de la variable sobre la cual requiere cobertura y la variación del índice ambiental del derivado. Para realizar este ajuste se debe tener en cuenta la proporción de riesgo del índice ambiental al que está expuesta la empresa, cuestión que se mide mediante un ratio de cobertura (Ecuación 64).

$$H^* = H \cdot \frac{cov(x, A)}{var(A)} = H \cdot \beta_x = H \cdot \frac{\rho_{x,A} \cdot \sigma_x}{\sigma_A}$$

Ecuación 64

Donde:

H^* es el número de contratos ajustado para la cobertura.

H es el número de contratos si el índice subyacente replica el riesgo al que está expuesto la empresa.

$cov(x, A)$ es la covarianza entre la variable ambiental que afecta el valor de la empresa y el índice ambiental del contrato de opciones.

$var(A)$ es la varianza del índice ambiental.

El ratio covarianza-varianza equivale a β_x , que sería el riesgo ambiental estandarizado que presenta la empresa.

Simplificando el desvío estándar del índice ambiental (σ_A) en el numerador y el denominador del ratio, se obtiene la última expresión de la Ecuación 64, en la que $\rho_{x,A}$ es el coeficiente de correlación entre la variable ambiental que afecta el valor de la empresa y el índice ambiental que subyace al contrato de opciones, y σ_x es el desvío estándar de la variable ambiental que afecta al valor de la empresa.

IV.3.2.2. Valor de las opciones ambientales

IV.3.2.2.1. Factores que influyen en el valor

Las principales diferencias respecto a las opciones financieras radican en que el activo subyacente en este caso no se negocia en el mercado, puede ser un activo o un pasivo y no se mide en unidades monetarias. Por lo tanto, en el proceso de valuación existirán divergencias respecto al caso de las opciones financieras, dado que para valuar las opciones ambientales se deben considerar también la relación entre el pago y la variable ambiental subyacente. Para el resto de las características del contrato, el tratamiento es relativamente similar.

También en el caso de opciones ambientales se puede dividir el valor de las mismas en valor intrínseco (VI) y valor temporal o potencial (VP). En la Tabla 17 se enumeran las variables que influyen en el mismo, su equivalencia en relación a la teoría de las opciones financieras, el tipo de valor sobre el que afectan directamente y en qué sentido para cada clase de opción.

Tabla 17: Factores que influyen en el valor de una opción ambiental

Factores	Equivalencia en la teoría financiera	VI o VP	Call	Put
Nivel ambiental de ejercicio (A_t)	Precio de ejercicio	VI	-	+
Nivel ambiental actual o valor del subyacente (C_{it})	Activo subyacente	VI	+	-
Función monetaria de contaminación		VI	+	-
Tipo de interés	Tipo de interés	VI	?	?
Multas	Dividendos	VI	-	+
Volatilidad de la variable ambiental subyacente	Volatilidad activo subyacente	VP	+	+
Volatilidad de la función monetaria de contaminación		VP	+	+
Tiempo al vencimiento de la opción	Tiempo al vencimiento de la opción	VP	+	+

Fuente: Elaboración propia.

El nivel ambiental de ejercicio, que equivale al precio de ejercicio en la teoría de opciones financieras, expresa el nivel del índice ambiental a partir del cual la opción entra en ejercicio. Este valor puede estar dado por una combinación de umbrales límites establecidos en la legislación para contaminación en aire, agua y suelo; o bien, como se detalló anteriormente, por el nivel medio de contaminación zonal. Este factor afecta sobre el valor intrínseco, de manera negativa sobre las opciones de compra, porque a mayor nivel umbral la opción entra en ejercicio para un nivel más alto del subyacente, y de manera positiva sobre las opciones de venta por la causa inversa.

El nivel ambiental actual es el valor de la contaminación para la empresa i , con mediciones de sus componentes realizadas al día de la fecha. En conjunto con la función monetaria de contaminación, equivalen al subyacente. Esta unión de dos componentes para representar el activo subyacente en la teoría de opciones financieras debe darse para lograr expresar el mismo en unidades monetarias. Estos componentes afectan el valor intrínseco de manera positiva para el valor de una opción de compra y negativamente para una opción de venta.

El tipo de interés afecta el valor intrínseco directamente a través de la actualización del precio de ejercicio, que es el valor umbral transformado en unidades monetarias. Sin embargo, y al igual que para las opciones financieras, también afecta el subyacente dado que implícitamente el valor del mismo implica el descuento de flujos de fondos a un tipo de interés determinado. En el caso de las opciones ambientales, esta tasa afecta la función de pagos que transforma el valor del índice en unidades monetarias (por ejemplo, mediante el valor actual de los costos de restauración para recobrar la situación a la calidad ambiental previa a la ocurrencia del daño). Dado este

efecto dual sobre el subyacente y el nivel ambiental de ejercicio, el efecto del tipo de interés sobre el valor de una opción, ya sea *call* o *put*, es indeterminado.

Las multas podrían afectar el valor del subyacente si se tratase de multas que obliguen a realizar un saneamiento ambiental. De ser así, el valor del nivel de contaminación subyacente y el índice de contaminación ambiental se reducirían indirectamente gracias a la multa. Realizando una comparación con la teoría de opciones financieras, estas penalizaciones equivalen a los dividendos de una acción que luego de su pago reducen el precio de la misma.

La volatilidad del índice ambiental subyacente afecta el valor temporal de la opción, de manera positiva indistintamente del tipo de opción. Esto se debe a que una mayor volatilidad en el índice ambiental subyacente implica mayores chances de que la opción entre en ejercicio.

La volatilidad de la función monetaria de contaminación surge de cambios en los precios de los factores necesarios para el saneamiento durante la vida de la opción, en modificaciones de legislaciones ambientales, entre otros factores. Al igual que la volatilidad de la variable o índice ambiental subyacente, incide positivamente sobre el valor temporal de las opciones, ya sean *calls* o *puts*. Las volatilidades sobre ambas variables o funciones equivalen a la volatilidad del activo subyacente para la teoría de las opciones financieras.

Por último, el tiempo al vencimiento de la opción tiene el mismo efecto que sobre el valor de las opciones financieras. Aumenta el valor temporal de las opciones, tanto de compra como de venta, produciendo de este modo un efecto positivo ya sea sobre una opción *call* o *put*.

IV.3.2.2.2. Proceso de valoración

Una opción ambiental puede valorarse mediante metodologías idénticas a las opciones financieras, considerando las diferencias que las distinguen. Es decir que podríamos utilizar el modelo de Black & Scholes (Black & Scholes, 1973; Merton, 1973), o alguno de la familia de métodos binomiales (cartera libre de riesgo, cartera réplica, o probabilidades neutrales al riesgo). Al solo efecto de ejemplificar dicho proceso de valoración, se procede a explicar cómo obtener la prima de una opción de compra mediante probabilidades neutrales al riesgo y, posteriormente, mediante el modelo de Black & Scholes.

Suponiendo un subyacente relativo con una distribución binomial, una volatilidad del subyacente relativo equivalente a $\sigma_{C_{relat}}$, una tasa libre de riesgo R_f para un período t y dada una opción de compra ambiental con un plazo de vida igual a t , se obtienen los coeficientes de ascenso (u) y descenso (d) del subyacente relativo como se presenta en las Ecuaciones 65 y 66.

$$u = e^{\sigma_{C_{relat}} \cdot \sqrt{t}}$$

Ecuación 65

$$d = \frac{1}{u}$$

Ecuación 66

Luego, a partir de estos coeficientes se puede estimar la evolución del subyacente relativo partiendo del valor actual del mismo (Ilustración 18).

Ilustración 18: Evolución del subyacente relativo mediante una grilla binomial

	En T=t
En T=0	$C_{it}/A_t = C_{relat} * u$
$C_{relat} = C_{i0}/A_0$	$C_{it}/A_t = C_{relat} * d$

Fuente: Elaboración propia.

Las probabilidades neutrales al riesgo para cada una de las ramas de la grilla se definen como $p^+ = (e^{Rf} - d)/(u - d)$ y $p^- = 1 - p^+$ respectivamente. Entonces a partir de la determinación del valor intrínseco del *call* a su vencimiento en cada una de sus ramas (Ilustración 19), se determina el valor de la prima de la opción hoy (Ecuación 67).

Ilustración 19: Valuación de la prima de la opción de compra ambiental

	En T=t
En T=0	$Call^+ = \max(0; f(C_{it} - A_t))$
$Call_0$	$Call^- = \max(0; f(C_{it} - A_t))$

Fuente: Elaboración propia.

$$Call_0 = (Call^+ * p^+ + Call^- * p^-) * e^{-Rf * T}$$

Ecuación 67

Siguiendo el mismo método, puede valorarse una opción de venta, recordando que en este caso el valor intrínseco está determinado por el máximo entre 0 y $f(A_t - C_{it})$.

Mediante el modelo de valoración opciones de Black & Scholes (Black & Scholes, 1973; Merton, 1973) se supone que el subyacente relativo sigue un proceso continuo estocástico de evolución Gauss-Wiener, con una distribución lognormal (normal logarítmica), por lo que la tasa de cambio del nivel de contaminación de la empresa respecto al promedio de su zona se distribuye normalmente. Asumiendo

nuevamente que no existen multas que modifiquen el nivel de contaminación y conociendo la tasa libre de riesgo y la volatilidad del subyacente relativo, se puede estimar el valor de una opción ambiental de compra como se presenta en la Ecuación 68, adaptando el modelo financiero al marco de opciones ambientales.

$$Call_0 = C_{it} * N(d_1) - A_t * N(d_2)$$

Ecuación 68

Donde:

$N(d_i)$ es la función de distribución de probabilidad para una variable normal estandarizada. Es decir, es la probabilidad de que una variable aleatoria con una distribución normal estándar $N \sim (0,1)$ sea mayor a d_i .

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{C_{i0}}{A_0}\right) + \left(R_f + \frac{\sigma^2}{2}\right) * T}{\sigma * \sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{C_{i0}}{A_0}\right) + \left(R_f - \frac{\sigma^2}{2}\right) * T}{\sigma * \sqrt{T}} = d_1 - \sigma * \sqrt{T}$$

Siendo R_f la tasa anual libre de riesgo, T la fracción de año restante hasta el vencimiento de la opción y σ la volatilidad anualizada del nivel de contaminación subyacente. Dicha volatilidad podría ser estimada mediante datos históricos (volatilidad histórica), mediante precios de derivados sobre dicho subyacente si existiesen y la información de mercado fuese válida (volatilidad implícita) o mediante modelos de series de tiempo tipo ARCH (*auto regressive conditional heteroskedasticity*) o GARCH (*generalized autoregressive conditional heteroskedasticity*) y la opinión de expertos (volatilidad futura estimada).

IV.3.2.3. Limitaciones de las opciones ambientales

Las opciones ambientales, como instrumentos financieros para la cobertura del riesgo ambiental al que se encuentran expuestas las empresas, tienen determinadas limitaciones que no pueden ser minimizadas al momento de presentar el contrato diseñado. Entre ellas, se destacan:

- Necesidad de generación y publicación de información: como se explicó previamente para determinar el ejercicio de la opción, se requiere de información en relación al nivel de contaminación de la empresa i y al nivel de contaminación medio zonal. Para ello es necesario establecer mecanismos objetivos de medición, técnicas de agregación de distintos indicadores de contaminación, precisar responsables para dichas tareas y publicar información que puede no favorecer la reputación de las empresas potencialmente contaminantes.

- Figura del lanzador de estas opciones: para emitir este tipo de opciones, es necesario contar con la figura de un emisor institucional y centralizado, que gestione el fondo mutuo y logre diversificar riesgos geográficamente, para lo cual se requiere de la creación de nuevos organismos interesados en evaluar este tipo de riesgos y diseñar esta clase de instrumentos.

- Necesaria intervención del Estado: para regular el mercado de este tipo de instrumentos financieros y para realizar mediciones objetivas del índice ambiental de contaminación media zonal es necesaria la participación del sector público por su objetividad en la defensa de intereses sociales como el deseo a un medio ambiente sano y equilibrado. Además se debe regular la intervención en el mercado de derivados ambientales, debiendo prohibirse operaciones de especulación con este tipo de instrumentos. Solo deberían poder operar aquellas empresas con determinadas características ambientales que tengan una posición en el mercado del subyacente (es decir, que el valor de su empresa se vea afectado por la evolución de una variable ambiental subyacente).

- Medición de A_t y de C_{it} : Dichas variables ambientales deben ser cuantificadas con una determinada frecuencia mediante técnicas objetivas. El índice de contaminación A_t debe tener un alcance regional (local) para que tenga una correlación no nula con el riesgo de la empresa C_{it} , pero no ser exclusivamente la medición para un ente. Un caso de este tipo implicaría demasiado control por parte de la empresa i sobre la evolución de la contaminación particular del ente y del índice ambiental zonal.

- Separación de la porción de evolución determinística y estocástica sobre la variable ambiental. Es necesario contar con componentes estocásticos en la evolución del índice de contaminación zonal. De modo contrario, en promedio la mitad de las empresas³¹ ejercerían su opción ambiental, dado que se compararía un componente de la contaminación zonal con su promedio para determinar el ejercicio del instrumento. Entonces, la validez de las opciones financieras está limitada a los casos en donde exista una gran porción de componentes estocásticos (efectos de terceros o de la naturaleza), es decir, donde la empresa no controle completa y voluntariamente la contaminación ambiental C_{it} . Ejemplos de este tipo pueden presentarse en empresas que transporten sustancias peligrosas por vías terrestres o marítimas; en petroquímicas que establecen oleoductos y gasoductos que pueden ser perforados voluntaria o involuntariamente por terceros, generando responsabilidad de la empresa por el producto derramado y por la restauración del daño causado; contaminación con productos de cualquier industria tóxica desatada por catástrofes naturales, como terremotos, tsunamis, lluvias o vientos.

³¹ La proporción de empresas por encima de la media depende de la distribución de las observaciones de contaminación. Siendo las mismas simétricas y considerando un componente estocástico nulo, el 50% de las empresas en promedio presentan contaminación por encima de la media zonal.

IV.3.3. Efectos de la cobertura ambiental en el valor de la empresa

Cuando la empresa potencialmente contaminante posee cobertura de su riesgo ambiental, el valor de la misma se situará en un punto perteneciente al intervalo que establece su cota máxima de valor (V_{SR}) y su cota mínima (V_{CRSC}). La Ecuación 69 presenta la función que expresa el valor de la empresa sujeta a riesgo ambiental pero con cobertura del mismo. Dicha situación se grafica en la Ilustración 20, en la que se puede observar el escudo de valor de la empresa que se genera gracias a la cobertura mediante una opción de compra ambiental.

$$V_{CRCC} = V_{SR} - \omega * D + \varphi * C(A) = V_{CRSC} + \varphi * C(A)$$

Ecuación 69

Donde: $C(A)$ el flujo neto de cobertura de ese riesgo ambiental. La cobertura puede provenir de un contrato de seguro, de opciones ambientales u otros instrumentos que permitan reducir la exposición al riesgo. Si la cobertura proviene de una opción ambiental, $C(A)$ se define como se expone en la Ecuación 70.

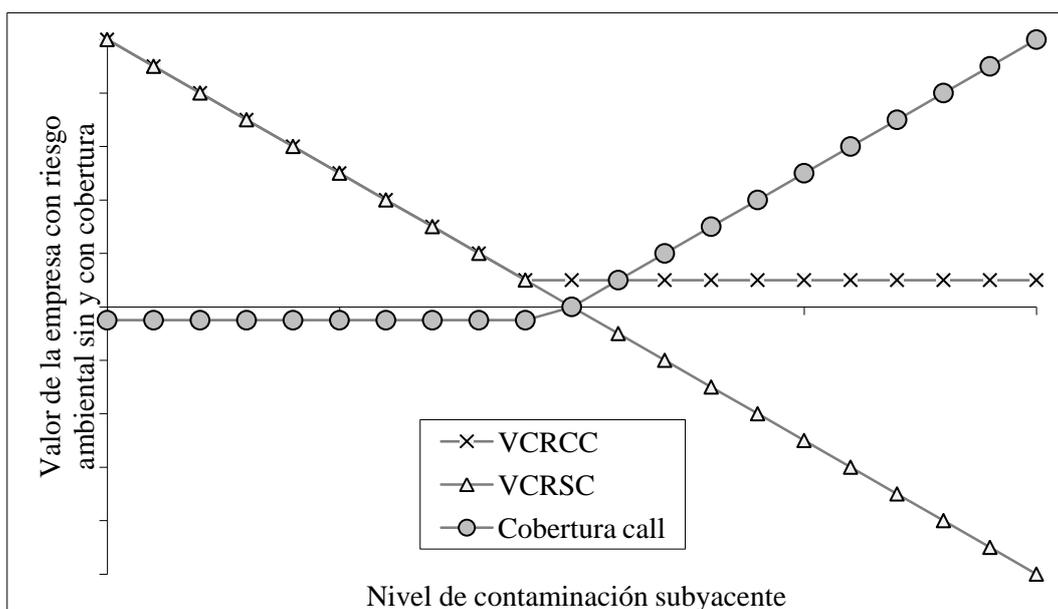
$$C(A) = f(A) = VA[f(\max(0; C_{it} - A_t))] - c(.)$$

Ecuación 70

Donde $VA[f(\max(0; C_{it} - A_t))]$ es el valor actual del pago esperado de la opción y $c(.)$ es la prima que paga el tomador de la misma.

Suponiendo mercados de cobertura perfectos, ningún contrato de seguros ni de opciones creará valor para la empresa, por lo que el término $\varphi * C(A)$ es menor a $\omega * D$.

Ilustración 20: Valor de la empresa con cobertura como función de una variable ambiental negativa



Fuente: Elaboración propia.

IV.4. Simulación del modelo de cobertura con opciones ambientales

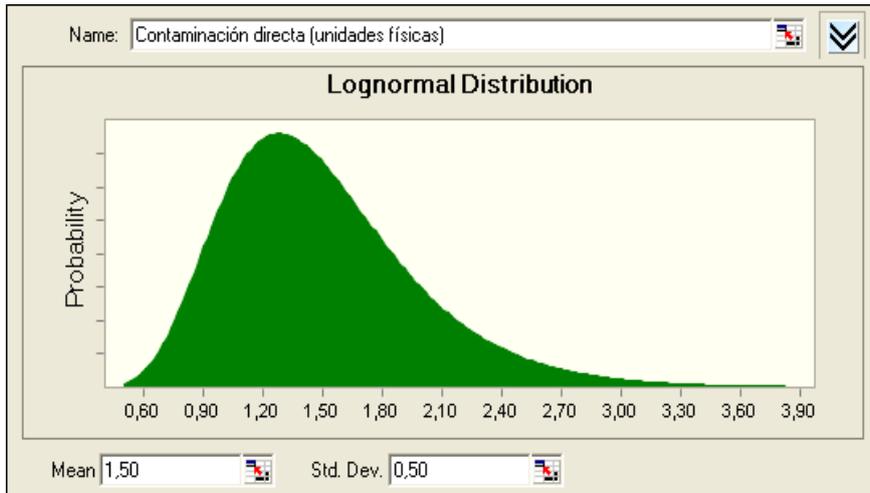
Para testear el modelo planteado, se propone realizar una simulación de Monte Carlo. Para llevar a cabo este tipo de análisis, se definen distribuciones de probabilidad para cada una de las variables que tienen influencia sobre los resultados a estudiar y luego se simulan mediante iteraciones, los resultados que pueden asumir las variables de interés con un determinado nivel de confianza. Para realizar las simulaciones se utiliza el software Crystal Ball como complemento de la planilla de cálculo de Microsoft Excel®.

IV.4.1. Especificaciones del modelo de simulación

En este caso se considera la contaminación directa de cada empresa de la zona (C_{it}) y el componente estocástico épsilon (ε_t) como las variables riesgosas del modelo. A continuación se describen dichas distribuciones de probabilidad.

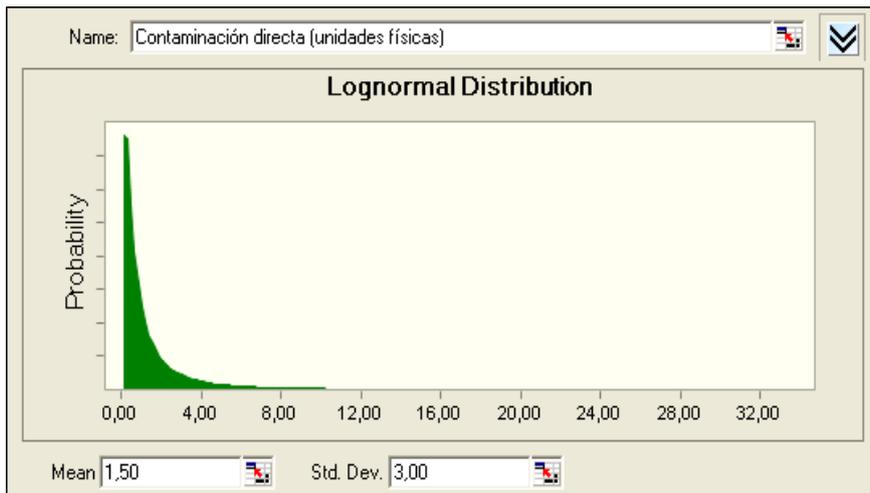
- La contaminación directa que puede generar cada empresa de la zona (C_{it}), tomando $n = 50$ entes potencialmente contaminantes con distribuciones independientes. La distribución elegida representativa de fenómenos de contaminación es la lognormal, con media en 1,5 y volatilidad definida en tres niveles distintos para cada caso simulado. En la primera simulación, se supone que todas las empresas se encuentran sometidas a una distribución probabilística con igual volatilidad en relación al grado de contaminación que generan (Ilustración 21, con un desvío estándar de 0,50). En el segundo caso, la empresa analizada presenta una volatilidad mayor en relación al resto de la zona (Ilustración 22, con un desvío estándar de 3,00), permaneciendo la volatilidad para las empresas restantes igual al caso base. En el tercer caso, la volatilidad de la empresa i es menor (Ilustración 23, con un desvío estándar de 0,08) en relación a las otras, que permanecen como en el caso base.

Ilustración 21: Distribución de la contaminación directa C_{it} para el caso base de equivolatilidad



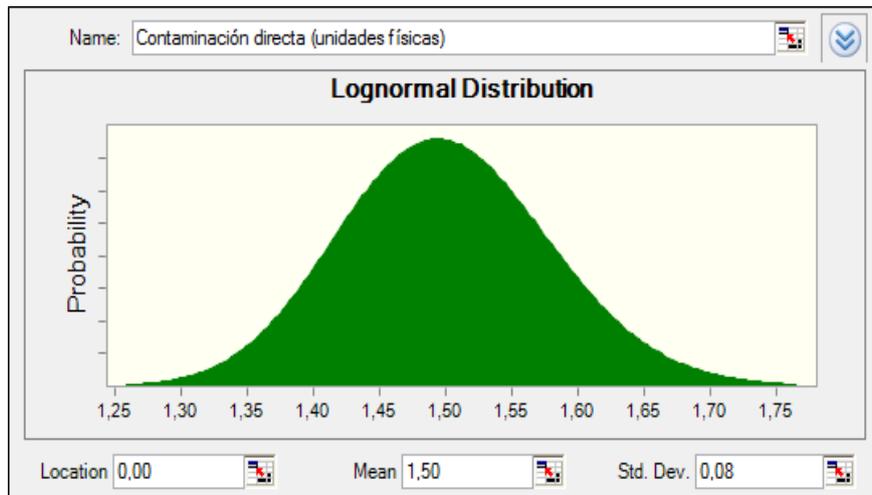
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 22: Distribución de la contaminación directa C_{it} para el caso con mayor volatilidad



Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

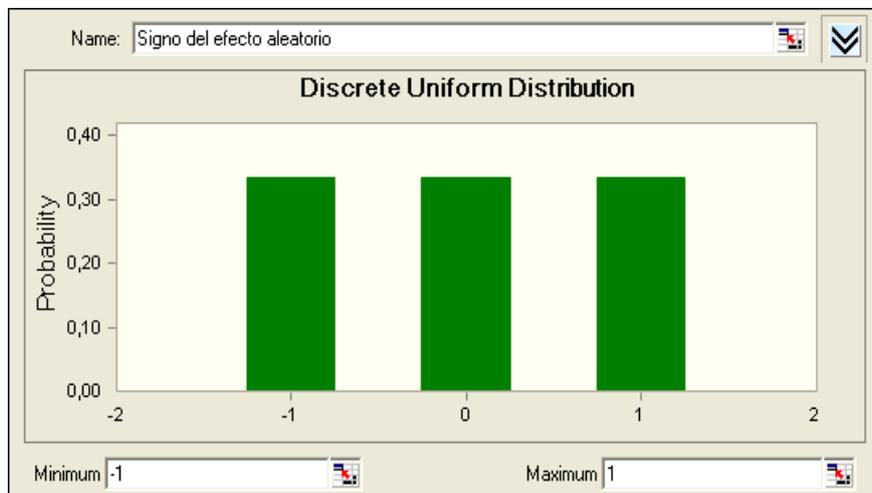
Ilustración 23: Distribución de la contaminación directa C_{it} para el caso con menor volatilidad



Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

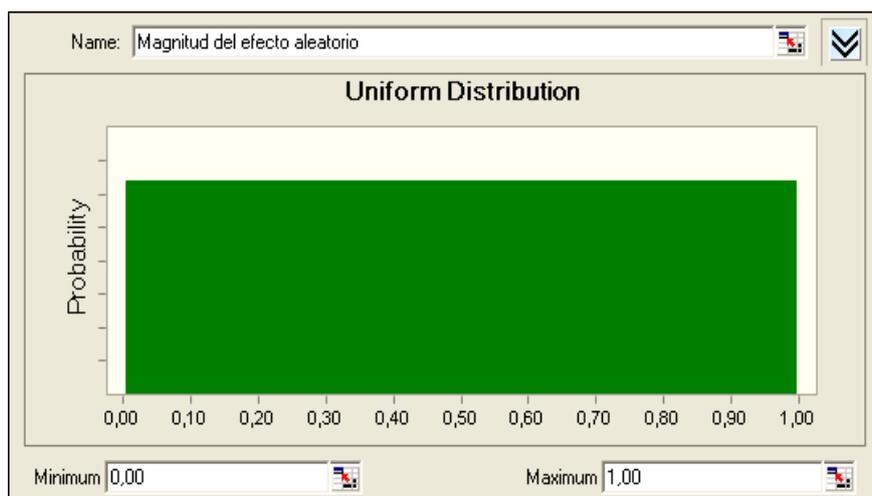
- El componente estocástico ϵ_t expresado en términos medios (ϵ_t/n), que depende de dos variables riesgosas: el signo estocástico, definido con una distribución uniforme discreta con valores entre -1 y 1 (Ilustración 24); y la magnitud del efecto estocástico, determinado mediante una distribución uniforme continua en el rango perteneciente al intervalo [0,1] (Ilustración 25).

Ilustración 24: Distribución de probabilidad para el signo del efecto estocástico



Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 25: Distribución de probabilidad para la magnitud del efecto estocástico



Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Además de establecer las variables riesgosas, se supone que:

- El valor de la empresa sin riesgo es de \$1.000 (unidades monetarias genéricas), igual para las 50 empresas de la zona z .
- El valor del daño en unidades monetarias (UM) se determina mediante una función lineal en la que cada unidad física equivale a 100 UM. Es decir: valor del daño en UM = $100 \times$ daño en unidades físicas. Mediante esta misma función, se calcula el pago para las opciones cuando están en el dinero.
- La prima se valúa para cada iteración mediante el método binomial, suponiendo un plazo de vida de la opción de un año, una tasa libre de riesgo $R_f = 10\%$ anual y una volatilidad de 30% anual para el subyacente relativo.
- No existen multas que modifiquen el nivel de contaminación en la actualidad.
- La empresa i toma una posición larga sobre una opción de compra ambiental para su cobertura.

Las variables de interés cuyo comportamiento se busca pronosticar son:

- El valor de la empresa sin cobertura del riesgo ambiental
- El valor de la empresa con cobertura del riesgo ambiental
- El subyacente en términos relativos del cual se deriva la probabilidad de ejercicio de la opción.
- El resultado del fondo mutuo.

En la corrida, se establecen las siguientes características para brindarle robustez a los resultados: 1.000.000 iteraciones y un nivel de confianza de 95% .

Para ilustrar la operatividad del modelo, se presenta en la Ilustración 26 un extracto de la planilla de cálculo en la que se plantea este problema de simulación.

Ilustración 26: Extracto del modelo planteado mediante la planilla de cálculo, utilizado para la simulación

		Empresa I zona A	
Valor empresa sin riesgo (unidades monetarias)	Supuesto	1000,00	
Contaminación directa (unidades físicas)		1,20	Variable riesgosa
Valor del daño (unidades monetarias)		120,00	= 1,20 * 100UM
Multa	Supuesto	0,00	
Valor empresa sin cobertura		880,00	= 1000 - 120
Información de la cobertura			
N° de contratos	Supuesto	1,00	
Prima opción		5,11	Valuación teórica
Índice (en unidades físicas)		1,11	= 0,10 * 1,00
Aleatorio compuesto		0,10	
Magnitud del efecto aleatorio		0,10	Variable riesgosa
Signo del efecto aleatorio		1,00	Variable riesgosa
Subyacente relativo		1,08	= 1,20 / 1,11
Nivel de ejercicio		1,00	
Pago de la opción si entra en ejercicio		9,40	= (1,20-1,11)*100
Valor de la empresa con cobertura		884,29	= 880-5,11+9,40
Diferencia cobertura		4,29	= 884,29 - 880,00

Fuente: Elaboración propia.

IV.4.2. Resultados e interpretaciones

IV.4.2.1. Caso 1: equivolatilidad en la distribución de probabilidad de la contaminación de las empresas

Para comparar volatilidades en un rango de valores dado, para la empresa sin y con cobertura, se ha determinado el rango de valores mayores a 800 UM. En el caso de la empresa sin cobertura la probabilidad de presentar un valor perteneciente a ese rango es de 85% (Ilustración 27³²), en comparación con un 88% para la empresa con cobertura (Ilustración 28). Al solaparse las curvas de densidad de valor sin y con cobertura, puede observarse que la cola de resultados negativos es más gruesa para el caso sin cobertura (Ilustración 29). El subyacente relativo se sitúa por encima de 1, es decir la opción será ejercida, con un 47% de probabilidad (Ilustración 30). En la Ilustración 31 se presenta un gráfico de correlación entre el índice de contaminación zonal y la contaminación directa de la empresa i , y por supuesto, dicha correlación es positiva. Por último, se presenta el resultado del fondo mutuo en la Ilustración 32, con un resultado poco alentador por la alta probabilidad de *default* que presenta. Evidentemente, no se están considerando dos factores que reducen la probabilidad de insolvencia del fondo: por un lado, la diversificación geográfica del lanzador, que al considerar sólo una zona en el estudio se pierden sus beneficios; y por el otro, un solo período de tiempo, siendo que los resultados acumulados en el fondo en períodos anteriores, reducen la probabilidad de *default* para un período t .

IV.4.2.2. Caso 2: empresa con distribución de probabilidad de la contaminación más volátil

Al modificar la volatilidad del nivel de contaminación subyacente, sextuplicándolo respecto al caso base, se observan curvas de densidad con una curtosis diferente en comparación con lo presentado anteriormente. Como es esperable, la probabilidad de que el valor de la empresa esté por encima de 800 UM es menor al caso base, y comparando la situación sin y con cobertura (Ilustraciones 33 y 34), es mayor para este último caso. Al solapar las curvas de densidad de las dos ilustraciones previas, se observa, en la Ilustración 35, que el valor de la empresa sin cobertura presenta una mayor probabilidad de ocurrencia para algunos valores inferiores a la media. La probabilidad de ejercicio de la opción se reduce a 28% (Ilustración 36), con lo cual se obtiene una probabilidad de *default* del fondo mutuo de 25% (Ilustración 38), insignificamente menor a la del caso 1.

³² Las ilustraciones 27 a 44 se encuentran en el apéndice de este capítulo para aligerar la lectura de los resultados.

IV.4.2.3. Caso 3: empresa con distribución de probabilidad de la contaminación menos volátil

Al modificar la volatilidad del nivel de contaminación subyacente, tomando un sexto de aquella presentada en el caso base, las curvas de densidad presentan una curtosis relativamente similar a la de una distribución normal. Tanto en el caso sin cobertura (Ilustración 39), como con la misma (Ilustración 40), el valor de la empresa se sitúa por encima de 800 UM con certeza. Es decir, el valor en riesgo (VaR) de la empresa es menor cuando disminuye la volatilidad de la contaminación directa, lo cual es intuitivo si se relaciona dicha volatilidad con el nivel de exposición de la firma a los riesgos ambientales. En la Ilustración 41 pueden observarse las curvas de valor con y sin cobertura solapadas, y nuevamente se concluye que la cobertura reduce la probabilidad de obtener peores resultados para el valor de la empresa. La probabilidad de ejercicio de la opción se incrementa a aproximadamente 50% (Ilustración 42), con lo cual se aumenta la probabilidad de *default* del fondo mutuo a 27% (Ilustración 44).

IV.4.2.4. Comparación entre casos con diferentes volatilidades

En la Tabla 18, se presentan los principales estadísticos del valor de la empresa con y sin cobertura de riesgos ambientales para cada uno de los tres casos simulados.

Tabla 18: Resultados en unidades monetarias de los tres casos simulados

Estadísticos	Caso 1: equivolatilidad en la contaminación entre empresas		Caso 2: empresa con contaminación más volátil que el resto		Caso 3: empresa con contaminación menos volátil que el resto	
	Sin cobertura	Con cobertura	Sin cobertura	Con cobertura	Sin cobertura	Con cobertura
Valor de la empresa con riesgo ambiental						
Media	849,94	854,19	862,47	869,64	850,01	853,10
Mediana	857,64	859,93	932,95	933,21	850,22	852,95
Desvío Estándar	50,06	46,49	190,39	172,17	8,00	8,10
Varianza	2.506,50	2.161,06	36.248,93	29.643,77	64,08	65,68
Coficiente de variación	0,0589	0,0544	0,2208	0,1980	0,0094	0,0095
Valor mínimo	297,42	345,72	0,00	66,72	803,74	806,58
Valor máximo	973,39	973,39	999,83	3.424,03	882,98	893,73

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, el valor de la empresa tiene una volatilidad (desvío estándar y varianza) que está vinculada directamente al riesgo (desvío estándar) de la contaminación subyacente, pero la misma se reduce cuando existe cobertura; excepto para el caso de la empresa con contaminación menos volátil, en donde intervenir en el contrato de opciones aumenta la volatilidad del valor de la empresa (muy sutilmente).

Esta conducta se observa también para el coeficiente de variación en los tres casos (se reduce debido a la cobertura para el caso 1 y 2, y aumenta en el caso 3). El aumento del riesgo en el tercer caso puede deberse a que la opción contiene también la variabilidad del índice ambiental que determina el nivel de ejercicio, por lo que esta incertidumbre puede aumentar la volatilidad del valor de la empresa con cobertura. Por lo tanto, desde el punto de vista de la reducción del riesgo, la cobertura mediante opciones es más conveniente cuando la volatilidad del nivel de contaminación directa es mayor o similar al resto de las empresas.

Respecto al valor medio, la mediana y el valor mínimo son mayores en los tres casos para la situación de la empresa con cobertura de riesgos ambientales. A partir de este resultado, puede concluirse que desde el punto de vista del valor en riesgo, la cobertura resulta beneficiosa ante cualquier nivel de volatilidad de la contaminación directa de la empresa i .

El valor máximo es igual o superior en los casos en los que la empresa posee cobertura sobre riesgos ambientales. Por lo tanto, desde el punto de vista del rango de valores que puede tomar la empresa con versus sin cobertura, es conveniente tomar posiciones largas en opciones ambientales.

IV.4.2.5. Interpretaciones generales de los resultados simulados

Desde el punto de vista de la información, se presentan dos efectos relevantes y reveladores a causa de la cobertura mediante opciones ambientales. En primer lugar, podría sospecharse por la información brindada precedentemente que las empresas que toman posiciones largas sobre contratos de opciones son las más riesgosas, por lo que se presenta un efecto de señalización en la demanda de estos instrumentos. En segundo lugar, se genera un efecto revelación o efecto transparencia, debido a que para el ejercicio del instrumento financiero, es necesario que la empresa i publique los datos de su nivel de contaminación directa C_{it} que funciona como subyacente. Por lo tanto, se presiona al ente potencialmente contaminante a revelar información que de otro modo permanecería oculta.

Otra proposición que se constituye a partir del modelo es que la cobertura resulta más beneficiosa cuando los daños son mayores. Esto también podría deducirse analíticamente, dado que ante daños mayores aumenta la probabilidad de ejercicio de la opción. Esta interpretación es equivalente a afirmar que la cobertura mediante opciones ambientales reduce el VaR de la empresa, consistente con la obtención de mayores valores mínimos para los casos en los que existe cobertura.

Por último, uno de los resultados más apreciables que surge del análisis de los datos, es que los beneficios de la cobertura son mayores cuando la volatilidad de la contaminación subyacente es mayor.

IV.5. Consideraciones

Este capítulo constituye un aporte de los instrumentos financieros que podrían colaborar para la gestión de riesgos ambientales, es pos de reducir el impacto negativo de los mismos en el valor de las firmas.

Para estudiar esta cobertura, en primer lugar se analizó cómo el valor de una firma se ve influenciado por variables ambientales con componentes estocásticos y determinísticos. Posteriormente, se presentaron las opciones ambientales, un instrumento derivado diseñado a través de la adaptación de la teoría de opciones financieras a la economía ambiental. En particular, se demostró qué son y cómo funcionan como escudo de valor las opciones ambientales. Se continuó el trabajo con el ensamble de la valuación de empresas con la cobertura de riesgos ambientales, demostrándose cómo el valor de una firma con cobertura mediante opciones puede generar un piso de valor, independientemente de lo que suceda con las variables ambientales relacionadas. Por último, se realizó con una simulación de Monte Carlo que permitió ilustrar esta reducción de la exposición al riesgo ambiental de las empresas, para casos de contaminación con distintos niveles de volatilidad.

Resumiendo, se ha demostrado cómo puede reducirse el efecto negativo de los riesgos ambientales sobre el valor de la firma mediante las coberturas con opciones ambientales.

Sin embargo, se presentaron un conjunto de limitaciones del instrumento financiero propuesto que no pueden ser obviadas en el estudio del tema, como la necesaria intervención del estado, la inevitable generación y publicación de información referida a niveles de contaminación, entre otros factores.

Las opciones ambientales tienen una utilidad determinada por la naturaleza de los casos que se analicen. Es decir, no todos los riesgos ambientales deberían ser asegurable mediante opciones, sino sólo aquellos en donde el componente estocástico del daño tiene un rol relevante en la probabilidad de ocurrencia del mismo.

Asimismo, gracias a la simulación efectuada se puede afirmar que las opciones ambientales mediante el mecanismo diseñado, colaboran con la información brindada al entorno mediante dos efectos: i) efecto señalización debido a que las empresas que tomen posiciones largas en opciones ambientales serán las que están expuestas a daños más volátiles; ii) efecto revelación o transparencia, dado que para el ejercicio de la opción se debe revelar la medida de su contaminación directa en el medio ambiente. Esto es una ventaja desde el punto de vista de la información y una desventaja desde la operatividad de ejecución del instrumento.

Esta sección de la investigación ha presentado una primera aproximación al problema de la cobertura de riesgos ambientales, combinando principalmente dos

campos del conocimiento económico: las finanzas corporativas y la economía ambiental.

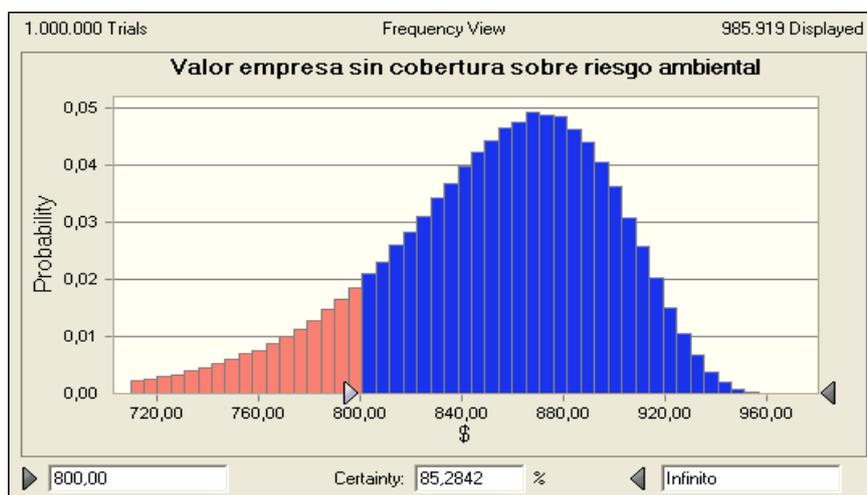
En los capítulos III y IV se han analizado y diseñado distintos instrumentos para la cobertura de riesgos ambientales, públicos y privados. Los seguros son instrumentos tradicionales que dan protección sobre la calidad medioambiental, y de acuerdo a su modo de regulación permiten la transferencia de riesgos del ente potencialmente contaminante a la compañía aseguradora. Las opciones ambientales también son un tipo de seguro instrumentado como un derivado no tradicional, que permiten la cobertura sobre el valor de la empresa con transferencia del riesgo ambiental microeconómico hacia una entidad emisora centralizada y diversificada geográficamente. Correctamente instrumentados, ambas figuras de cobertura proveen de incentivos para el cuidado del medio ambiente.

Continuando el desarrollo de la investigación en estos mismos campos del conocimiento, en el capítulo siguiente se analiza cómo pueden internalizarse los riesgos ambientales en el proceso de valuación de una empresa que puede producir daños o beneficios ambientales.

IV.6. Apéndice del capítulo IV

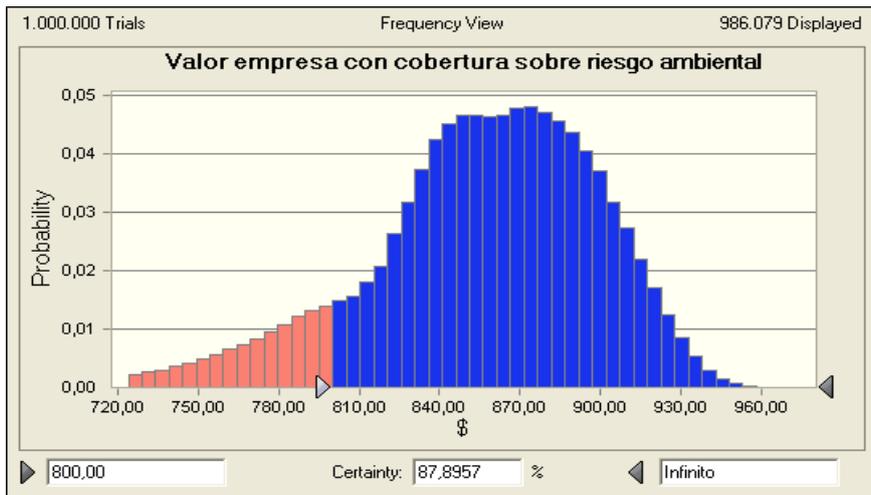
A continuación se presentan las ilustraciones que representan los resultados de la simulación de Monte Carlo, ordenadas por caso.

Ilustración 27: Valor de la empresa sin cobertura (caso 1)



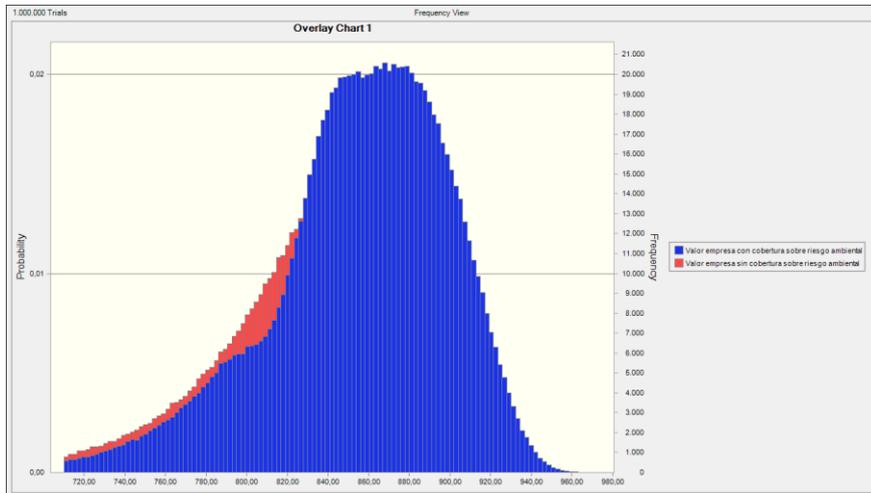
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 28: Valor de la empresa con cobertura (caso 1)



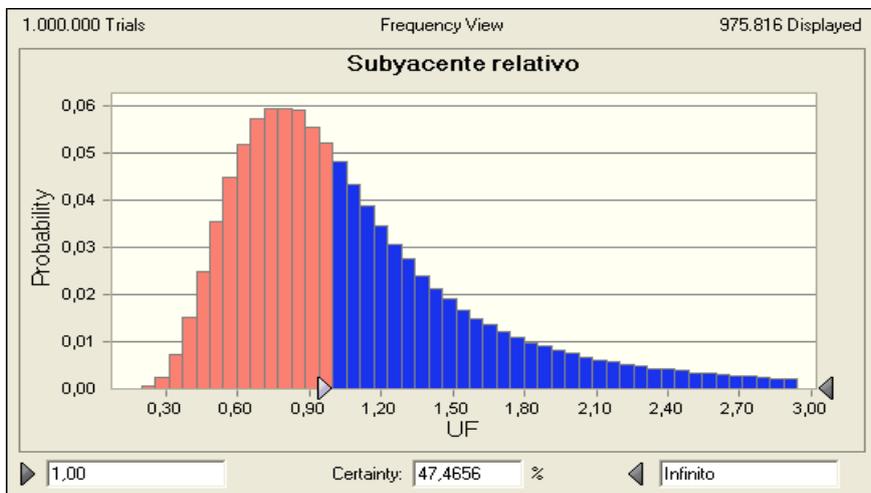
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 29: Superposición de distribuciones con y sin cobertura (caso 1)



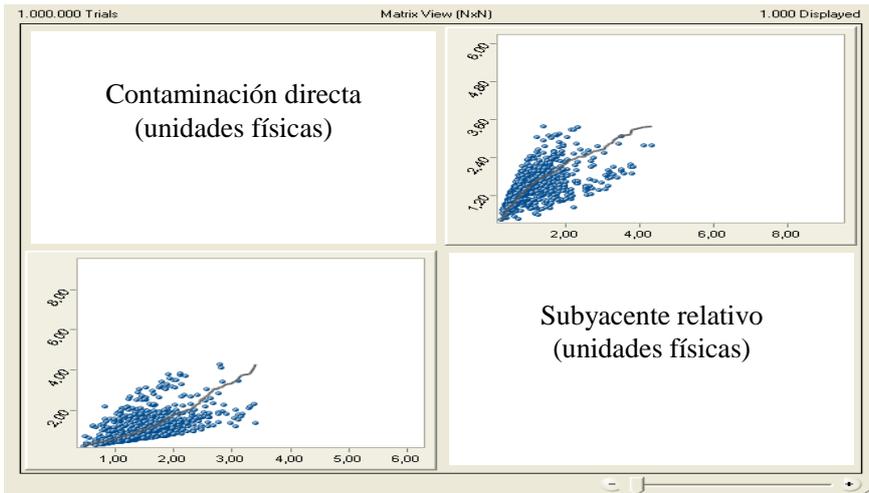
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 30: Distribución de probabilidad del subyacente relativo (caso 1)



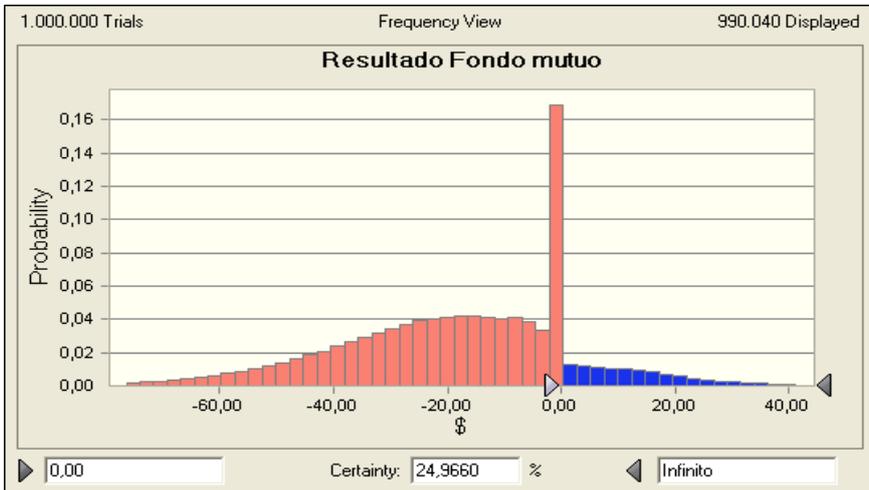
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 31: Correlación entre contaminación y subyacente relativo (caso1)



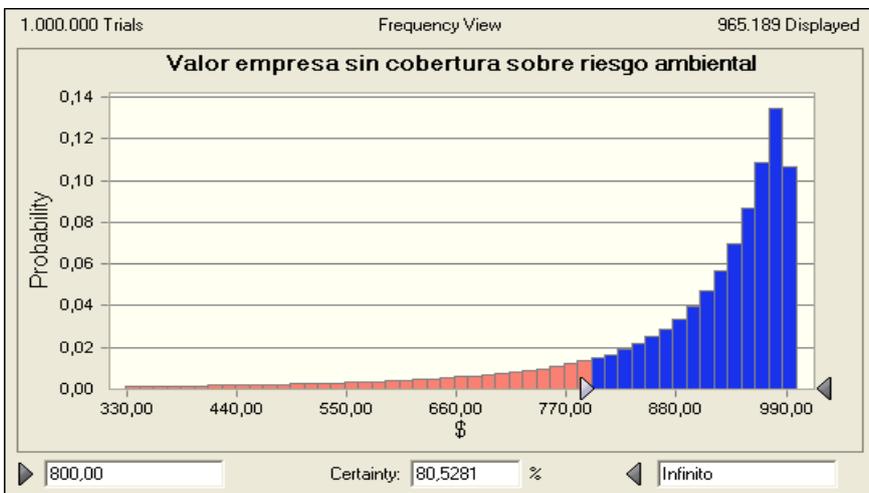
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 32: Resultado del fondo mutuo (caso 1)



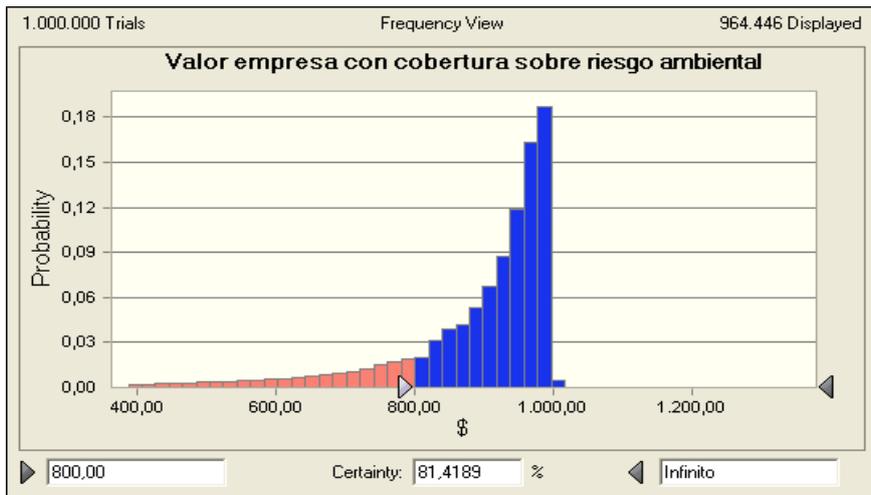
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 33: Valor de la empresa sin cobertura (caso 2)



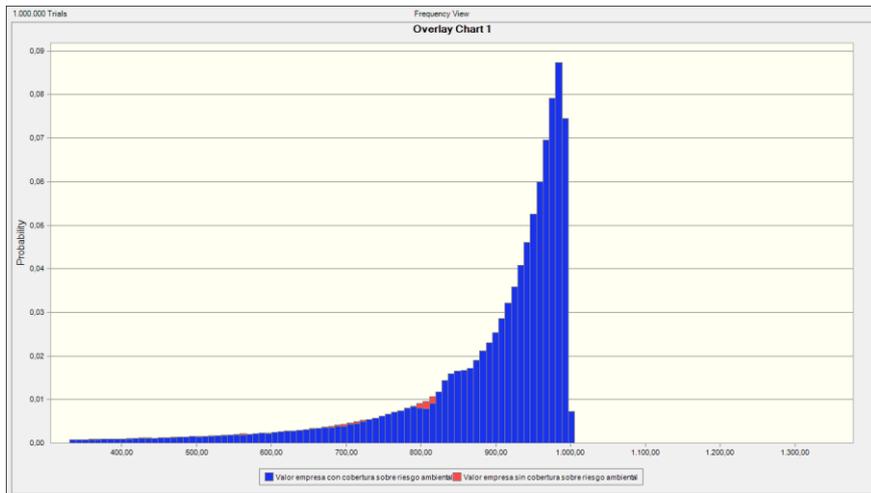
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 34: Valor de la empresa con cobertura (caso 2)



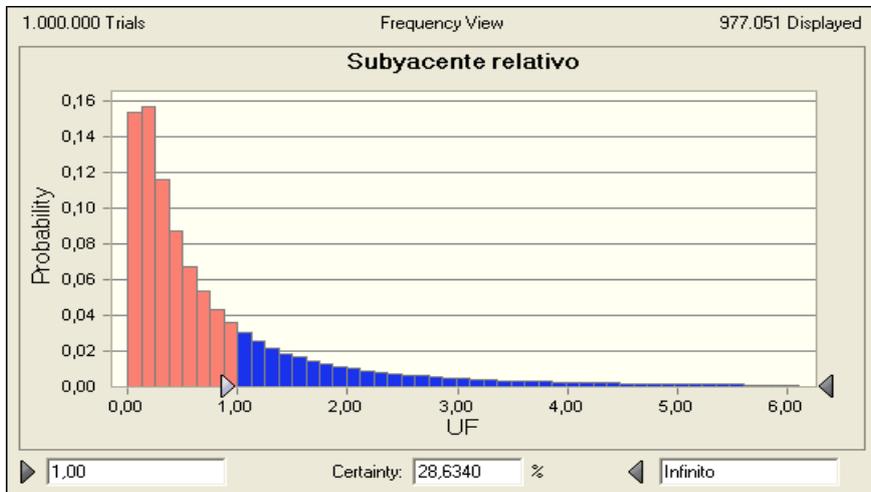
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 35: Superposición de distribuciones con y sin cobertura (caso 2)



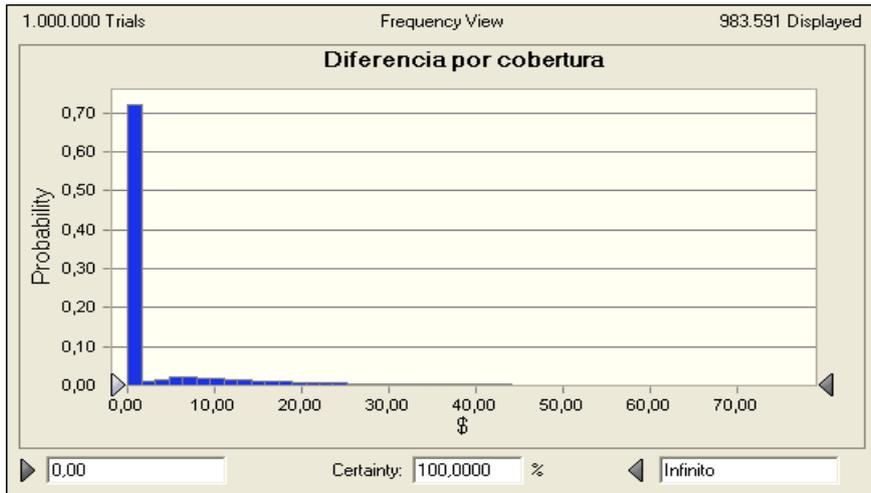
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 36: Distribución de probabilidad del subyacente relativo (caso 2)



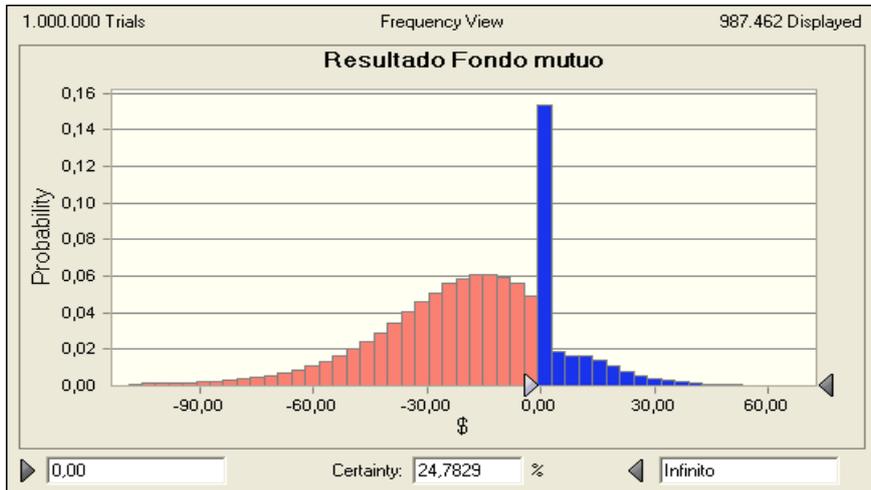
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 37: Diferencia de valor por la cobertura (caso 2)



Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 38: Resultado del fondo mutuo (caso 2)



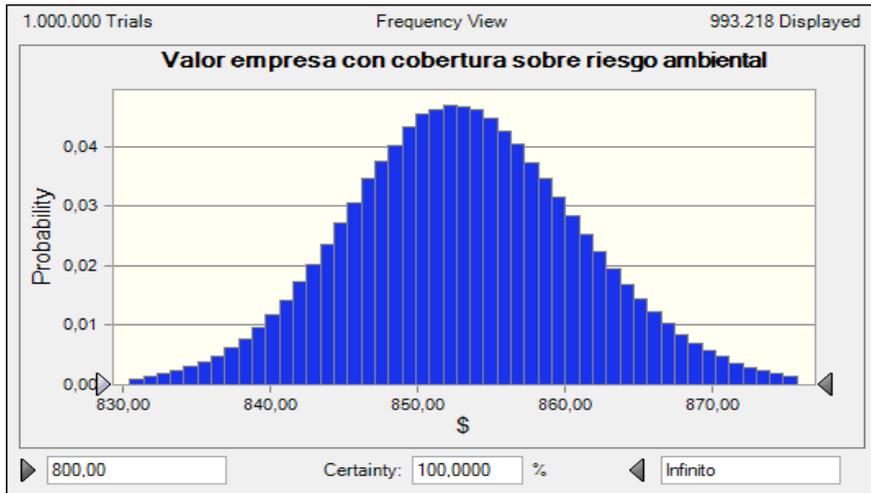
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 39: Valor de la empresa sin cobertura (caso 3)



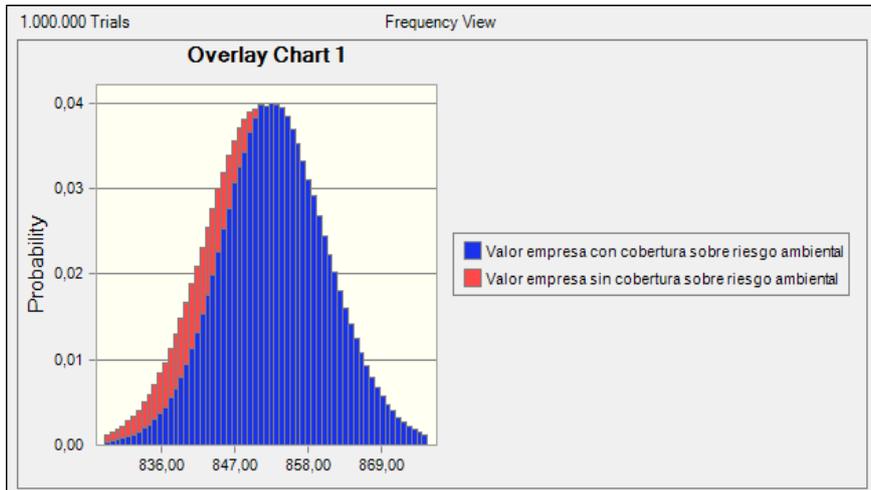
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 40: Valor de la empresa con cobertura (caso 3)



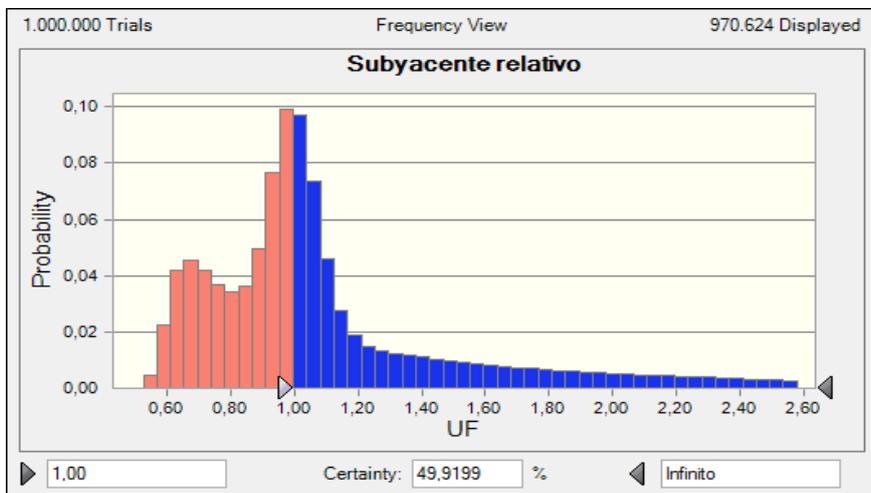
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 41: Superposición de distribuciones con y sin cobertura (caso 3)



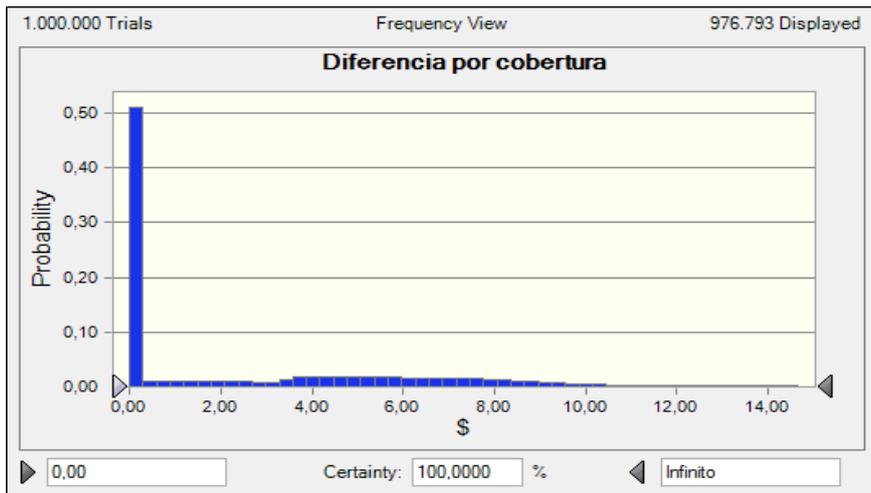
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 42: Distribución de probabilidad del subyacente relativo (caso 3)



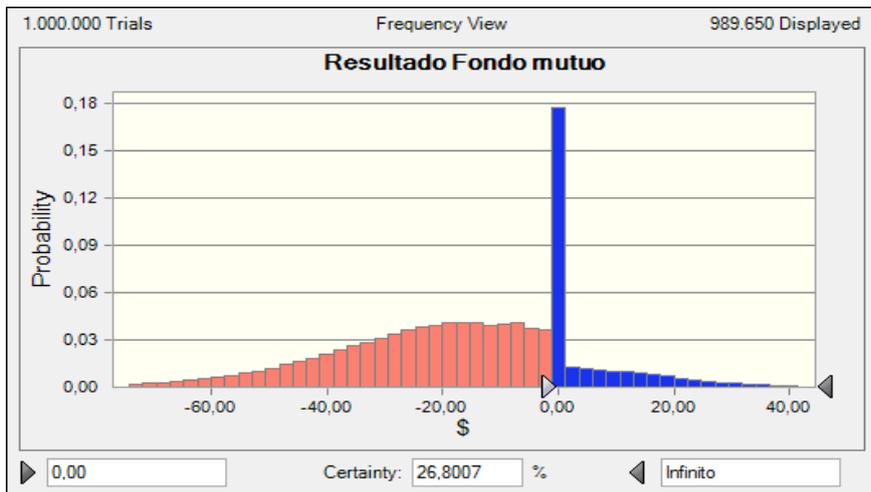
Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 43: Diferencia de valor gracias a la cobertura (caso 3)



Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Ilustración 44: Resultado del fondo mutuo (caso 3)



Fuente: Elaboración propia en base a software de simulación.

Capítulo V

VALUACIÓN DE EMPRESAS QUE PUEDEN PRODUCIR DAÑOS O BENEFICIOS AMBIENTALES

Índice

V.1. Objetivos del capítulo V

V.2. Antecedentes

V.2.1. Relación entre el valor de la empresa y variables ambientales

V.2.2. Revisión de las metodologías de valoración de empresas

V.2.2.1. Métodos contables o estáticos

V.2.2.2. Métodos por múltiplos o de valuación relativa

V.2.2.3. Métodos de descuento de flujos de fondos

V.2.2.4. Métodos mixtos o compuestos

V.2.2.5. Métodos de derechos contingentes

V.3. Metodología de valuación de empresas que generan efectos ambientales

V.3.1. Ajustes en los métodos contables

V.3.2. Ajustes en los métodos por múltiplos

V.3.3. Ajustes en los métodos por descuento de flujos de fondos

V.3.4. Ajustes en los métodos mixtos

V.3.5. Valuación de opciones reales sobre estrategias ambientales

V.4. Definición de estrategias que impactan en el desempeño ambiental

V.5. Consideraciones

V.1. Objetivos del capítulo V

La generación de costos ambientales disminuye el valor de las firmas a través de varias vías, como por ejemplo la reducción del patrimonio neto por deterioro de los recursos productivos de los que se vale la empresa, la pérdida de valor de mercado por detrimento de su imagen corporativa, el incremento del riesgo del negocio, entre otros. Por ello que se plantea la necesidad de diseñar una metodología que permita valorar e

internalizar los costos ambientales en los análisis económicos y financieros de las organizaciones, reformulando las herramientas tradicionales. De este modo, se podrá tomar decisiones considerando los potenciales cambios en la calidad del medio ambiente y promover políticas que induzcan cambios en las conductas no deseadas por la sociedad.

La utilidad de este capítulo es estudiar cómo incorporar el riesgo ambiental dentro del proceso de valuación de empresas. El interés de la valuación con la internalización de efectos ambientales puede generarse al momento de tomar decisiones de inversión para un agente externo a la firma (nuevos accionistas), para considerar fusiones o adquisiciones entre empresas, para analizar el otorgamiento de financiamiento o subsidios estatales, para gestionar el riesgo diversificable, etc. El objetivo es evaluar qué valor tiene la empresa en términos monetarios, considerando las contingencias ambientales que puedan surgir.

Nuevamente los conceptos desarrollados para la tipificación de daños son fundamentales para caracterizar los casos en donde algunos métodos de valoración de empresas pueden captar las contingencias ambientales. Asimismo, los métodos de valuación ambiental resultan sustanciales para la estimación de los efectos ambientales a ser internalizados en el valor de la firma.

Una de las cuestiones que surgen es si los riesgos ambientales positivos, entendidos como la posibilidad de generar beneficios ambientales, cambian el valor de la empresa. Esto puede depender de la tipificación del efecto ambiental, dado que si existe efecto ocultamiento, es decir un gran cúmulo de información no disponible, bajo nivel de cultura ambiental y reactividad en la acción de la población, es posible que no se valoren las externalidades positivas.

El capítulo presenta inicialmente una revisión de los antecedentes empíricos en torno a la relación entre el valor de la empresa y las variables de desempeño ambiental. Luego se revisan las principales metodologías de valuación de empresas. El núcleo central del capítulo es ajustar los métodos de valuación, desagregándolos por familias: contables, por múltiplos o de valuación relativa, de descuento de flujos de fondos, mixtos o compuestos y de derechos contingentes. Por último, se presenta un análisis matricial de las estrategias que pueden afectar el desempeño económico-financiero y ambiental de una firma.

V.2. Antecedentes

V.2.1. Relación entre el valor de la empresa y variables ambientales

La discusión de esta temática se vincula en gran medida con el concepto de responsabilidad social empresarial. Al respecto, uno de los trabajos seminales es el de Friedman (1970), quien afirma que las empresas no son responsables por intereses

sociales, sino las personas como individuos. El autor indica que la responsabilidad social de los gerentes es aumentar al máximo las utilidades obtenidas por la empresa para sus accionistas, un caso enmarcado como problema de principal-agente. En su trabajo se justifica que dado que cada individuo puede utilizar su propio dinero para alcanzar intereses sociales, lo adecuado es interpretar el comportamiento socialmente responsable como más propio de las personas que de las organizaciones.

En este mismo campo de investigación, Reinhardt, Stavins & Vietor (2008) concluyen que si bien el objetivo de una empresa es maximizar el lucro para sus propietarios, la justicia permite sacrificar los beneficios de los accionistas por intereses públicos, pero los límites los establecen las presiones por la competitividad en el mercado.

Existe en la literatura sobre economía ambiental, un amplio conjunto de trabajos empíricos que argumentan que “vale la pena ser verde” para las empresas (Spicer, 1978; Russo & Fouts, 1997; White, 1996). En ellos se demuestra, mediante análisis econométricos, que un mejor desempeño ambiental entendido como una menor contaminación, está relacionado positivamente con un mejor desempeño financiero, medido a través de indicadores como rendimiento sobre el activo (ROA) o el rendimiento sobre el capital propio (ROE). Sin embargo, dichos trabajos solo demuestran correlación, pero no estudian causalidad.

Con objetivo de estudiar la causalidad de la relación entre el valor de la empresa y el desempeño ambiental, King & Lenox (2001) relacionan la Q de Tobin como medida de desempeño financiero con las emisiones de productos químicos tóxicos como indicador de desempeño ambiental, desagregando este último en dos constructores: las emisiones relativas de la empresa en relación a la industria y las emisiones del sector. Asimismo se incluyen variables de control por el tamaño de la firma, la intensidad del capital, la tasa de crecimiento, el grado de apalancamiento financiero, la intensidad de investigación y desarrollo (I&D) y el rigor de las normativas existentes. La muestra se basa en 652 firmas manufactureras de los Estados Unidos durante el período comprendido entre 1987 y 1996. Los resultados que encuentran permiten afirmar que menores emisiones relativas tienden a generar una mejor performance financiera durante el siguiente año. Sin embargo, no se puede concluir que operar en sectores más limpios pueda afectar la Q de Tobin.

Posteriormente, Ambec & Lanoie (2008) realizan un trabajo sustancial en relación a los efectos del desempeño ambiental sobre el rendimiento económico-financiero de una empresa. Explican que si bien habitualmente se consideró que las mejoras en torno al desempeño ambiental estaban asociadas con mayores costos, actualmente el paradigma vincula las mejoras en el medio ambiente con siete estrategias que implican un incremento en ventas o una reducción de costos. Entre las oportunidades para aumentar las ventas se encuentran el acceso a determinados sectores,

la diferenciación de productos y la venta de tecnología para el control de la contaminación. Entre las estrategias que permiten reducir los costos se enuncian la gestión de riesgos y relaciones con los *stakeholders* externos, mejoras en productividad que reducen el costo de materiales, energía y servicios, reducción en el costo del capital por acceso a financiamiento a menores tasas y reducción en el costo de la mano de obra por ser una empresa más atractiva, con menores tasas de ausentismo, menores costos por enfermedades, etc.

Por otro lado, existe una serie de trabajos con estudios de eventos que demuestran que empresas más ecológicas efectivamente producen mejores resultados financieros (Blacconiere & Patten, 1994; Klassen & McLaughlin, 1996; White, 1996; Jones & Rubin, 1999). Para ello se estudia el cambio relativo de los precios de las acciones ante un evento ambiental, normalmente relacionado con la publicación de noticias ambientales.

En esta línea de investigación y a nivel local, se destaca el trabajo realizado por Conte Grand & D'Elia (2012), en el que estudian los cambios en los precios de 13 empresas que cotizan en el mercado de capitales de la Argentina ante 61 eventos vinculados a las noticias ambientales de las empresas durante el período 1995 a 2001. Los resultados indican que las noticias ambientales positivas no tienen impacto en el valor de las firmas, mientras que las negativas tienen un efecto sobre el rendimiento los días siguientes a su aparición. En relación a la magnitud de los efectos encontrados, afirman que son menores respecto a las halladas por otros estudios realizados en países en desarrollo.

Por otro lado, De Palma & Prigent (2007) desarrollan un modelo de inversión óptima armando carteras compuestas por activos financieros y activos ambientales. El modelo puede ser aplicado para la elección de una firma que debe asignar capital entre inversiones para producción (por ejemplo, de energía) o permisos de contaminación. También sirve para modelar el *trade-off* entre la producción de bienes materiales y las inversiones que mejoran la calidad ambiental. Esta última afecta la utilidad de los individuos indirectamente, a través de otros actos de consumo; y directamente, por la calidad ambiental *per sé*. Los resultados que obtienen estos autores sugieren que para maximizar la utilidad esperada de los individuos deben introducirse derivados sobre activos ambientales, pero la solución óptima claramente depende de la aversión al riesgo y de las condiciones de cobertura (restricciones sobre niveles mínimos para la calidad ambiental y la producción de bienes materiales).

En relación a las formas de captar el valor de la gestión ambiental de una empresa, Figge (2005) presenta dos enfoques de valor basados en el efecto de las decisiones, riesgos y costos ambientales sobre el valor de la empresa. El primer enfoque se plantea a partir del valor de la empresa capturado mediante uno de los métodos más tradicionales: el valor actual neto (VAN) de los flujos de fondos futuros (Rappaport,

1986). El segundo enfoque es el valor de las opciones reales. El trabajo no presenta un desarrollo formal de los modelos, sino que explica los métodos mediante sus siete y seis conductores de valor (*value drivers*) respectivamente. Los conductores de valor bajo el enfoque del VAN son las inversiones en capital de trabajo, las inversiones en activos fijos, el crecimiento de las ventas, el margen de ganancias operativo, la tasa de impuesto a las ganancias, la duración del crecimiento y el costo de capital. Bajo el enfoque de opciones reales, los conductores de valor son: el nivel de riesgo, la duración de la opción, el valor de la opción si se ejerce hoy, el precio de ejercicio, la tasa de interés libre de riesgo y los costos de oportunidad. El trabajo ejemplifica cómo determinadas decisiones ambientales influyen positiva o negativamente en cada uno de los conductores de ambos métodos. Se concluye que cada enfoque tiene sus ventajas y limitaciones, recomendando el uso de uno y/u otro de acuerdo al nivel de exposición al riesgo y a los costos de oportunidad (Tabla 19).

Tabla 19: Riesgos versus costos de oportunidad para la valuación de la gestión ambiental

		Costos de oportunidad	
		Bajos	Altos
Riesgos	Altos	Valor de la opción	Valor de la empresa tradicional (VAN) y Valor de la opción
	Bajos	Valor de la empresa tradicional (VAN)	Valor de la empresa tradicional (VAN)

Fuente: Adaptado de Figge (2005). Traducción propia.

V.2.2. Revisión de las metodologías de valoración de empresas

Para Fernández (2005), la valoración de una empresa es un ejercicio de sentido común que requiere algunos conocimientos técnicos. Los principales métodos de valoración pueden agruparse según se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20: Principales métodos de valoración de empresas

Métodos contables o estáticos	Valor contable Valor contable ajustado Valor de liquidación Valor sustancial
Métodos por múltiplos o de valuación relativa	PER Precio-valor libros Q de Tobin Índice precio-ventas Otros múltiplos
Métodos de descuento de flujos de fondos	Método WACC Valor actual ajustado Flujo a Capital
Métodos mixtos o compuestos	Ganancias residuales Beneficio económico EVA
Métodos de derechos contingentes	Opciones reales

Fuente: Elaboración propia con base en revisión de literatura.

V.2.2.1. Métodos contables o estáticos

Según Fernández (2005), los métodos basados en balances, o métodos contables son cuatro: el valor contable, el contable ajustado, el de liquidación y el sustancial.

El valor contable es el valor en libros del patrimonio neto. Esto es el valor de los recursos propios que aparecen en el balance. Este método presenta el defecto de su propio criterio de definición: los criterios contables están sujetos a cierta subjetividad y difieren de los de mercado.

El valor contable ajustado trata de salvar el inconveniente que genera el uso del criterio contable, ajustando las partidas del activo y del pasivo a su valor de mercado. Por diferencia se obtiene el patrimonio neto ajustado.

El valor de liquidación es el valor de una empresa en caso que se vendan sus activos y se cancelen sus deudas. Se calcula deduciendo del patrimonio neto ajustado los gastos de liquidación del negocio, como indemnizaciones, gastos fiscales y otros gastos propios de la liquidación.

El valor sustancial representa la inversión que debería efectuarse para constituir una empresa en idénticas condiciones a la que se está valorando. Puede definirse como el valor de reposición de los activos bajo el supuesto de continuidad de la empresa. Normalmente no se incluyen en el valor sustancial aquellos bienes que no sirven para la explotación operativa de la empresa.

V.2.2.2. Métodos por múltiplos o de valuación relativa

La valuación relativa o valuación por múltiplos puede tener dos enfoques. La valuación mediante *fundamentals* o la valuación mediante comparables (Copeland, Koller & Murrin, 2000).

Mediante comparables, el proceso de valoración consiste en la identificación y selección de una firma comparable de capitales abiertos, que opere en el mismo sector y esté influida por los mismos factores que la empresa objeto de valoración. Es sustancial comparar los *fundamentals* de ambas empresas para seleccionar la comparable, como la tasa de crecimiento, los costos de financiamiento, el tamaño, etc. Luego, se calcula el múltiplo elegido sobre los datos de la empresa comparable, y a posteriori, con ese dato del múltiplo se valora la empresa objetivo.

A través de *fundamentals*, que son las variables fundamentales del valor de la empresa, los múltiplos se calculan sobre la información propia de la empresa objeto de la valoración. Los principales *fundamentals* son la tasa de crecimiento, el rendimiento patrimonial y operativo, el costo del capital propio y el costo de capital promedio ponderado, entre otros.

Las ecuaciones para el cálculo de algunos múltiplos, tanto a través de comparables como mediante *fundamentals*, se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21: Algunos múltiplos habitualmente utilizados para la valuación de empresas

Múltiplo	Por comparables	Por <i>fundamentals</i>
Price-earnings ratio (PER)	$PER = \frac{P_c}{UPA_c}$ <p>Ecuación 71</p>	$PER = \frac{(ROE - g) * (1 + g)}{ROE * (k_e - g)}$ <p>Ecuación 72</p>
Precio-valor libros (P/VL)	$P/VL = \frac{VM(PN)_c}{VL(PN)_c}$ <p>Ecuación 73</p>	$P/VL = \frac{(ROE - g) * (1 + g)}{(k_e - g)}$ <p>Ecuación 74</p>
Q de Tobin (Q de T)	$Q de T = \frac{VM(AON)_c}{VL(AON)_c}$ <p>Ecuación 75</p>	$Q de T = \frac{(ROA - g)}{(k_{wacc} - g)}$ <p>Ecuación 76</p>
Índice precio-ventas ($\frac{P}{VT}$)	$\frac{P}{VT} = \frac{VM(PN)_c}{Ventas_c}$ <p>Ecuación 77</p>	$P/VT = \frac{M * (ROE - g) * (1 + g)}{ROE * (k_e - g)}$ <p>Ecuación 78</p>

Donde:

P_c es el precio de mercado de la empresa comparable.

UPA_c es la utilidad por acción de la empresa comparable.

$VM(PN)_c$ es el valor de mercado del patrimonio neto de la empresa comparable, calculado como el precio de mercado por el número de acciones en circulación.

$VL(PN)_c$ es el valor en libros del patrimonio neto de la empresa comparable.

$VM(AON)_c$ es el valor de mercado de los activos operativos netos de la empresa comparable.

$VL(AON)_c$ es el valor en libros de los activos operativos netos de la empresa comparable.

$Ventas_c$ es el nivel de facturación de la empresa comparable.

ROE es el rendimiento patrimonial sobre la empresa objeto de valoración.

g es la tasa de crecimiento de la empresa objeto de valoración.

k_e es el costo del capital propio de la empresa objeto de valoración.

ROA es el rendimiento operativo de la empresa objeto de valoración.

k_{wacc} es el costo de capital promedio ponderado de la empresa objeto de valoración.

M es el margen sobre ventas de la empresa objeto de valoración, calculado como la razón entre la ganancia ordinaria y el nivel de ventas.

Si se utiliza el PER (*price-earnings ratio*) como múltiplo para la valoración de una acción, debe multiplicarse el múltiplo por la utilidad por acción (UPA) de la empresa objetivo (Ecuación 79). De este modo, se obtiene el precio por acción (P).

$$P = PER * UPA$$

Ecuación 79

Luego, el valor total de la empresa es el precio (P) por el número de acciones en circulación ($N^{\circ}acc$) más el valor de la deuda (B). El cálculo se presenta formalmente en la Ecuación 80.

$$V_L = P * N^{\circ}acc + B$$

Ecuación 80

Cuando el múltiplo elegido es el ratio precio-valor libros, el precio de la acción se obtiene de la multiplicación del ratio por el valor en libros de una acción, que es equivalente al valor en libros del patrimonio neto sobre el número de acciones ($\frac{VL(PN)}{N^{\circ}acc}$). Esto se presenta en la Ecuación 81.

$$P = P/VL * \frac{VL(PN)}{N^{\circ}acc}$$

Ecuación 81

Luego, el valor total de la empresa se calcula como se presentó en la Ecuación 80.

Si se utiliza la Q de Tobin como múltiplo, el valor de la empresa apalancada proviene de la multiplicación entre dicho ratio y el monto en libros de los activos

operativos netos de los pasivos operativos (proveedores, sueldos a pagar, etc.) de la empresa objeto de la valoración.

$$V_L = Q \text{ de } T * VL(AON)$$

Ecuación 82

Si el ratio elegido es el índice precio-ventas, el precio de la acción de la empresa objeto de valoración se obtiene de la multiplicación del ratio por el nivel de ventas de la empresa, dividido por el número de acciones (Ecuación 83).

$$P = P/VT * \frac{Ventas}{N^{\circ}acc}$$

Ecuación 83

Lógicamente, el valor total de la empresa se calcula también como se presentó en la Ecuación 80.

V.2.2.3. Métodos de descuento de flujos de fondos

Los métodos basados en el descuento de flujos de fondos intentan determinar el valor de la empresa a través de la estimación de los flujos de fondos que generará en el futuro, descontados a una tasa de costo de capital apropiada según el riesgo de dichos flujos.

Ross, Westerfield & Jaffe (2002) proponen tres métodos de descuento de flujos de fondos: el valor actual ajustado, el flujo a capital y el método del costo promedio ponderado de capital.

Bajo el enfoque del valor actual ajustado, el valor de una empresa apalancada se puede calcular como se presenta en la Ecuación 84.

$$V_L = V_U + VA(F)$$

Ecuación 84

Donde:

V_L es el valor de la empresa apalancada.

V_U es el valor de la empresa no apalancada, es decir, sin pasivos financieros. Surge del valor actual de los flujos de fondos no apalancados (FFL) descontados a la tasa de costo de capital de la firma desapalancada (k_0). Es decir, $V_U = \sum_{t=1}^T \frac{FFL_t}{(1+k_0)^t}$.

$VA(F)$ es el valor actual de los flujos de fondos de la deuda. Si la deuda es constante y perpetua, $VA(F) = B * T_C$, donde B es el monto de la deuda y T_C es la tasa de impuestos corporativa.

El enfoque del flujo a capital requiere que se descuenten los flujos de fondos residuales correspondientes a los tenedores de capital propio de la empresa apalancada,

a la tasa de costo de capital propio. Esta actualización brinda el valor de la empresa para los propietarios, con lo cual para obtener el valor total de la empresa apalancada, debe sumarse el valor de la deuda. La ecuación fundamental del método se presenta a continuación.

$$V_L = \sum_{t=1}^T \frac{FFR_t}{(1 + k_e)^t} + B$$

Ecuación 85

Donde:

FFR_t son los flujos de fondos residuales del período t , equivalentes a los flujos de fondos libres (no apalancados) menos los flujos de fondos de la deuda.

K_e es la tasa representativa del costo requerido de capital propio³³.

B es el valor de la deuda.

T es el período de vida de la empresa. Si se proyecta perpetua, $T = \infty$.

El método del costo promedio ponderado de capital³⁴ supone descontar los flujos de fondos no apalancados de la empresa al costo promedio ponderado del capital, calculado como el costo de cada fuente de financiamiento ponderado por la proporción a valores de mercado de esa fuente en la estructura de capital de la empresa (Ecuación 86).

$$V_L = \sum_{t=1}^T \frac{FFL_t}{(1 + k_{wacc})^t}$$

Ecuación 86

Donde:

FFL_t son los flujos de fondos libres o no apalancados del período t .

$k_{wacc} = k_e * \frac{S}{S+B} + k_i * \frac{B}{S+B} * (1 - T_C)$, siendo k_e el costo del capital propio dado ese nivel de endeudamiento, k_i el costo de la deuda antes de impuestos, S el patrimonio neto a valores de mercado, B el monto del pasivo financiero a valores de mercado y T_C la tasa de impuestos corporativa.

³³ El costo de capital propio (k_e) puede estimarse mediante la ecuación fundamental del modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*): $k_e = R_f + [E(R_m) - R_f] * \beta$, siendo R_f la tasa anual de rendimiento de un activo libre de riesgo, $E(R_m)$ el rendimiento estimado para la cartera de mercado y β el riesgo sistemático estandarizado de las acciones de la empresa a valorar.

³⁴ Método WACC por sus siglas en inglés (*Weighted Average Cost of Capital*).

V.2.2.4. Métodos mixtos o compuestos

Los métodos mixtos realizan una valoración estática de la empresa y añaden cierta dinamicidad al cuantificar el valor que generará la empresa en el futuro. Se trata de métodos cuyo objetivo es la determinación del valor de la empresa a través de la estimación del valor conjunto de su patrimonio más una plusvalía resultante del valor de sus beneficios futuros.

Uno de los métodos mixtos más relevantes es el de ganancias residuales. Dicho método puede aplicarse para el capital propio o para todos los activos de la empresa.

Calculado para los activos, el valor de la empresa apalancada es equivalente al valor en libro de los activos operativos netos, más el valor actual de las ganancias residuales (Ecuación 87).

$$V_L = VL(AON) + VA(GR)$$

Ecuación 87

Donde:

$VL(AON)$ es el valor en libros al momento de la valuación de los activos operativos netos de la empresa.

$VA(GR)$ es el valor actual de las ganancias residuales futuras sobre los activos, descontadas al costo de capital promedio ponderado.

Las ganancias residuales del período t se calculan como el diferencial entre el rendimiento operativo (ROA) y el costo promedio ponderado del capital (k_{wacc}) del período t , multiplicado por el valor en libros de los activos operativos netos en el período $t - 1$ ($VL(AON)_{t-1}$), tal como se expresa en la Ecuación 88.

$$GR_t = (ROA - k_{wacc}) * VL(AON)_{t-1}$$

Ecuación 88

El método de las ganancias residuales sobre el patrimonio neto arroja el valor de la empresa para sus propietarios (S). Metodológicamente es similar al caso presentado anteriormente. Surge de sumar el valor en libro del patrimonio neto al momento de la valuación más el valor actual de las ganancias residuales sobre el capital propio (Ecuación 89).

$$S = VL(PN) + VA(GR^*)$$

Ecuación 89

Donde:

$VL(PN)$ es el valor en libros del patrimonio neto al momento de la valuación de la empresa.

$VA(GR^*)$ es el valor actual de las ganancias residuales futuras descontadas al tasa de costo de capital propio (k_e).

Las ganancias residuales sobre el capital propio correspondientes al período t se calculan como el diferencial entre el rendimiento patrimonial (ROE) y el costo del capital propio (k_e) del período t , multiplicado por el valor en libros del patrimonio neto en el período $t - 1$ ($VL(PN)_{t-1}$), tal como se expresa en la Ecuación 90.

$$GR_t^* = (ROE - k_e) * VL(PN)_{t-1}$$

Ecuación 90

V.2.2.5. Métodos de derechos contingentes

Los métodos de derechos contingentes, basados en opciones reales, son adecuados cuando existe una posibilidad futura de actuación al conocerse la resolución de alguna incertidumbre actual.

Las opciones reales más comunes al momento de evaluar un negocio son las de expansión o ampliación, que se asemejan a una opción de compra para su valuación; las de diferimiento de las inversiones, que también se asimilan a una opción de compra; y las de abandono, que se equiparan con una opción de venta (Trigeorgis, 1996).

Los métodos de valoración de opciones más utilizados, tanto para opciones financieras como reales, son el método binomial y la fórmula de Black & Scholes. Los mismos fueron presentados en el capítulo IV, con lo cual no son desarrollados en esta revisión bibliográfica. Se recomienda la lectura del tema en Black & Scholes (1973), Merton (1973), Hull (2002) o Kolb (2003).

V.3. Metodología de valuación de empresas que generan efectos ambientales

Tal como se señaló al comienzo de este capítulo, la generación de costos ambientales disminuye el valor de las empresas a través de varios factores, de acuerdo a las características del caso. Es por ello que se plantea la necesidad de diseñar una metodología que permita internalizar los riesgos ambientales y potenciales beneficios o costos ambientales en la valuación de las organizaciones, reformulando las herramientas tradicionales.

Cuando el daño ambiental deteriora los recursos productivos de la firma, se da una internalización natural del mismo por reducción del activo, y por ende, del patrimonio neto. Si el daño ambiental produce un detrimento de la imagen corporativa, el efecto sobre el valor de la firma puede presentarse mediante una reducción del nivel de ventas y/o del precio de mercado de las acciones para empresas de capital abierto, si existen mercados eficientes desde el punto de vista informativo. En caso que los efectos ambientales aumenten el riesgo de la firma, la vía mediante la cual afecta su valor es el

costo de capital representativo, tanto de las fuentes externas como internas de financiamiento, dado que exigirán un mayor interés o rentabilidad por el incremento del riesgo al que exponen su capital.

El análisis que se realiza a continuación considera que no se posee cobertura sobre los riesgos ambientales a los que está expuesta la firma. Si por el contrario, se consideran los efectos de la cobertura, la reducción del valor producto de la generación de daños ambientales es menor que en el caso sin cobertura, tal como se analizó en el capítulo anterior, dado que al valor de la empresa con riesgo sin cobertura debe sumarse $\varphi * C(A)$, que es el valor esperado del flujo neto de la cobertura del riesgo ambiental.

Otra aclaración al respecto del análisis efectuado a continuación sobre cómo adaptar las metodologías de valuación de empresas incorporando el riesgo ambiental, es que primordialmente se evalúan casos donde el efecto ambiental que genera la firma sobre el medio ambiente es negativo. Por oposición, el mismo análisis puede realizarse para firmas que producen beneficios ambientales, si se cree que los mismos deben incidir en el valor de la empresa, que como se ha presentado en la revisión de literatura, no es un efecto fuertemente confirmado.

Si se considerase que la potencial producción de externalidades positivas no debe afectar el valor de la empresa, debería trabajarse por el riesgo medido como el desvío de la calidad ambiental por debajo de la media o de un nivel objetivo. Se revalorizan en este entorno el concepto de desvío semi-estándar, desvío negativo y de valor en riesgo.

En el entorno de riesgo ambiental, el desvío semi-estándar se puede medir como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados del mínimo entre cero o la diferencia entre la tasa de cambio del valor para un indicador de desempeño ambiental (A_n) y su media (\bar{A}), dividido por la cantidad de observaciones (N) o la cantidad de observaciones menos uno ($N - 1$), de acuerdo a si se trata de datos poblacionales o muestrales (Ecuación 91).

$$\sigma_{semi} = \sqrt{\sum_{n=1}^N [\text{Min}(A_n - \bar{A}, 0)]^2 * (N - 1)^{-1}}$$

Ecuación 91

El desvío negativo también se basa en las variaciones hacia abajo, pero calcula las diferencias negativas a partir de un nivel mínimo aceptable o nivel requerido (A^*) (Ecuación 92).

$$\sigma_{neg} = \sqrt{\sum_{n=1}^N [\text{Min}(A_n - A^*, 0)]^2 * (N - 1)^{-1}}$$

Ecuación 92

El valor en riesgo (*VaR*) en el entorno ambiental se puede definir como el nivel de pérdidas máximo en términos monetarios por el deterioro de la calidad ambiental, bajo un determinado nivel de confianza. Se mide como la diferencia del valor medio o esperado de la calidad ambiental ($E(V)$) y el valor de la misma cuando ocurren eventos que reducen su calidad (V^-) (Ecuación 93).

$$VaR = E(V) - V^-$$

Ecuación 93

A continuación se presenta la adaptación de distintas metodologías de valoración de empresas para la internalización de riesgos ambientales, dividiendo la exposición por familia de métodos.

V.3.1. Ajustes en los métodos contables

Cuando se estudian firmas capaces de producir daños apropiables, sobre recursos productivos tangibles que se utilizan como factores de producción, siendo los sujetos productores del daño coincidentes con los receptores del mismo (al menos parcialmente) y existen tecnologías alternativas, el ajuste en los métodos contables es una alternativa plausible para valorar firmas potencialmente contaminantes.

Este tipo de casos se presenta cuando la firma utiliza como insumo de producción un recurso natural que puede ser degradado. Cuando el recurso es de propiedad privada, como el suelo en una empresa agropecuaria, el efecto del daño debe reducir el valor del mismo en el activo de la empresa. Cuando el recurso no es de propiedad privada, como un curso de agua, el proceso de saneamiento de la misma o la utilización de otra fuente alternativa debe reflejarse mediante un aumento en el costo de producción, lo que genera una reducción de la ganancia operativa del ejercicio y por ende, un menor resultado acumulado en el patrimonio neto.

Otra alternativa es que existan regulaciones estatales que establezcan multas o premios por el desempeño ambiental, con lo cual se explicita, al menos parcialmente, el costo o beneficio que se intenta internalizar.

No es posible modificar los criterios contables de registración y exposición sin cambios en las Resoluciones Técnicas de la Federación Argentina de Consejos Profesionales de Ciencias Económicas (F.A.C.P.C.E.). Con lo cual el método contable puro solo es capaz de reflejar el valor de la empresa que puede generar daños o beneficios ambientales en tanto el criterio contable permita incorporar el desempeño

ambiental mediante el registro de costos o beneficios ambientales en el estado de resultados, o bien, provisiones por pasivos ambientales o activos ambientales en el estado de situación patrimonial. Cuando dichos movimientos patrimoniales o de resultados son ciertos, es posible registrarlos sin controversias, pero *ex ante* de la producción del daño, la contabilidad los reconoce como contingencias.

En la Argentina no existen normas o leyes referidas a la contabilidad ambiental particularmente, con lo cual los criterios para el registro y exposición contable son los generales para cualquier tipo de contingencia. Al respecto, a nivel internacional interesa particularmente la Norma Internacional de Contabilidad (N.I.C.) N° 37 (International Accounting Standards Committee, 1999) y a nivel nacional, la Resolución Técnica (R.T.) N° 17 de la F.A.C.P.C.E. (Federación Argentina de Consejos Profesionales de Ciencias Económicas, 2000).

A continuación, se analiza la normativa contable en cuanto a provisiones y pasivos contingentes, activos contingentes y reembolsos según dichas normas.

En cuanto a las provisiones y pasivos contingentes, la N.I.C. N° 37 determina que en el caso de que, como consecuencia de sucesos pasados, pueda producirse una salida de recursos económicos para pagar una obligación posible, cuya existencia ha de ser confirmada sólo por la ocurrencia, o en su caso por la no ocurrencia, de uno o más eventos inciertos en el futuro, que no están enteramente bajo el control de la empresa y:

- Existe una obligación actual que es altamente probable que exija una salida de recursos y es posible cuantificarlos de manera adecuada, se procede a reconocer una previsión y se exige información complementaria sobre la previsión.
- Existe una obligación posible que puede o no exigir una salida de recursos, no se reconoce la previsión, pero sí se exige información complementaria sobre el pasivo contingente.
- Existe una obligación posible en la que se considera remota la posibilidad de salida de recursos, no se reconoce la previsión y tampoco se exige información complementaria.

Por su parte, la R.T. N° 17 de la F.A.C.P.C.E., en su inciso 4.8, determina que los efectos patrimoniales desfavorables que pudieren ocasionar la posible concreción o falta de concreción de un hecho futuro, no controlable por el ente emisor de los estados contables, se reconocerán cuando:

- Deriven de una situación o circunstancia existente a la fecha de los estados contables.
- La probabilidad de que tales efectos se materialicen sea alta.
- Sea posible cuantificarlos en moneda de una manera adecuada.

En relación a los activos contingentes, la N.I.C. N° 37 establece que en el caso que, como consecuencia de sucesos pasados, exista un activo posible, cuya existencia ha

de ser confirmada sólo por la ocurrencia, o en su caso por la no ocurrencia, de uno o más eventos inciertos en el futuro, que no están enteramente bajo el control de la empresa y:

- La entrada de beneficios económicos es prácticamente cierta, el activo no es de carácter contingente; y por tanto, es apropiado proceder a reconocerlo en los estados contables.
- La entrada de beneficios económicos es probable, pero no prácticamente cierta, no se reconoce ningún activo pero se exige brindar información complementaria.
- La entrada de beneficios económicos no es probable, no se reconoce ningún activo, ni se exige ningún tipo de información.

Por su parte, la R.T. N° 17 de la F.A.C.P.C.E., en su inciso 4.8, determina que los efectos patrimoniales favorables que pudiere ocasionar la posible concreción o falta de concreción de un hecho futuro, no controlable por el ente emisor de los estados contables, se reconocerán sólo cuando se presenten los casos previstos en la sección de impuestos diferidos (5.19.6.3 de la misma R.T.). Sin embargo, el activo resultante de un efecto patrimonial favorable cuya concreción sea virtualmente cierta no se considerará contingente y deberá ser reconocido.

Por último, en relación a los reembolsos, la N.I.C. N° 37 determina que cuando se espera que una parte o la totalidad de los desembolsos necesarios para cancelar una previsión sean reembolsados a la empresa por un tercero y:

- La empresa está obligada por la parte de la deuda cuyo reembolso se espera, y además está prácticamente segura que recibirá el reembolso cuando pague la previsión; entonces el reembolso es objeto de reconocimiento, como activo independiente, en el balance de situación patrimonial, y el ingreso puede ser compensado con el gasto correspondiente en el estado de resultados. El importe reconocido como reembolso esperado no superará al pasivo correspondiente. Se debe informar sobre las condiciones del reembolso a la vez que sobre el importe del mismo.
- La empresa está obligada por la parte de la deuda cuyo reembolso se espera, pero el reembolso no es prácticamente seguro cuando la empresa pague la previsión; entonces el reembolso esperado no se reconoce como un activo. Se debe informar sobre el reembolso esperado.

Por otro lado, existe una rama de la contabilidad, la contabilidad medioambiental (Pahlen Acuña & Fronti de García, 2004), que realiza ciertas propuestas contables no normativas para la exposición de la información ambiental en los estados contables de las firmas. Las propuestas se pueden clasificar en tres grupos: el uso de indicadores específicos de desempeño ambiental, tales como la participación de gastos ambientales de la sociedad; el balance social, en donde se relevan detalladamente los agentes

contaminantes, su cuantificación, el porcentaje y el costo de saneamiento de los mismos alcanzados por la entidad contaminadora; y el balance ecológico o eco-balance, que pretende generar nuevos estados contables especialmente elaborados con este fin. En relación a los eco-balances, recientemente se han realizado investigaciones desde el campo de la contabilidad (Dauzacker, 2007) con el objetivo de analizar los recursos contables y modelar un informe financiero complementario que permita tratar de la problemática ambiental. De esta manera, la contabilidad puede registrar los efectos del impacto ambiental, transformándolos en hechos que permitan su utilización para la gestión ambiental y así ofrecer su contribución a la sociedad en cuanto a los eventos relacionados a los impactos que provocan alteraciones al ecosistema.

En caso que mediante el criterio contable no se contemple el registro de contingencias ambientales y las mismas se informen en notas complementarias o se ignoren en absoluto, la contabilidad ambiental brinda entonces algunas herramientas para realizar ajustes sobre el valor contable de una firma.

De este modo, el valor contable ajustado permite reevaluar las partidas del estado de situación patrimonial a su valor de mercado. La dificultad adicional que surge en estos casos es estimar el valor de mercado de contingencias ambientales con alto grado de incertidumbre que no están registradas contablemente. En este caso, se debe recurrir a métodos de estimación de efectos ambientales desarrollados en el capítulo II de la tesis, de los cuales en estos casos los que se basan en la función de producción son más adecuados. Asimismo, deben realizarse estimaciones de probabilidades de ocurrencia de eventos riesgosos, tema que se aborda en la sección V.3.3. Tanto los indicadores de desempeño ambiental como los eco-balances pueden contribuir con la información necesaria para dicho revalúo.

V.3.2. Ajustes en los métodos por múltiplos

Ninguno de los múltiplos que se utilizan habitualmente en la valuación de empresas, tales como PER, Precio-valor libros, Q de Tobin, Índice precio-ventas; guardan relación directa con los indicadores de desempeño ambiental, a pesar de que en el precio de mercado puede reflejarse el detrimento de la imagen corporativa u otros efectos de un desempeño ambiental negativo, tal como se verificó de acuerdo a los antecedentes empíricos de la relación entre la performance ambiental y el valor de la empresa.

Al momento de utilizar múltiplos mediante empresas comparables es fundamental elegir firmas que posean la misma categoría de acuerdo al nivel de riesgo ambiental. Esto es posible que esté vinculado con la industria donde opere y el tamaño de la empresa, pero también tiene relación con la ubicación, el tratamiento de los efluentes y residuos, los sistemas de gestión ambiental que se implementen, etc. Es por ello que la propuesta es considerar que dos empresas son comparables desde el punto de

vista ambiental si poseen similares niveles de complejidad ambiental, tal como se definió este concepto en el capítulo III, de acuerdo a la Resolución 1639/2007 de la SAyDS (Ecuación 32).

Un múltiplo que se podría utilizar es el *PER* ambientalmente ajustado (*PERA*), definiendo el mismo como el ratio precio-utilidad por acción, ponderado por la inversa del nivel de complejidad ambiental adicional por encima del límite que determina que una empresa realiza actividades riesgosas para el ambiente, los ecosistemas o sus elementos constitutivos, siempre que la diferencia sea mayor a la unidad. La propuesta del ratio ajustado se presenta en la Ecuación 94.

$$PERA = \frac{P_c}{UPA_c} * \frac{1}{\max [1; (NCA_c - 13,5)]}$$

Ecuación 94

Siendo:

P_c el precio de mercado de la empresa comparable.

UPA_c la utilidad por acción de la empresa comparable.

$\max [1; (NCA_c - 13,5)]$ el máximo entre la unidad y la diferencia ($NCA_c - 13,5$).

NCA_c el nivel de complejidad ambiental de la empresa comparable y 13,5 es una unidad menor al límite de puntos que determina que la empresa realiza actividades riesgosas para el ambiente, los ecosistemas y sus elementos constitutivos, de acuerdo al criterio de la reglamentación del Art. 22 de la Ley General del Ambiente N° 25675/2002. De este modo, cuando la empresa tiene un nivel de complejidad ambiental de segunda o tercera categoría según la Resolución N° 481/2011 de la SAyDS, esto es superior a 14,5 puntos, el ratio adicionado en el múltiplo castiga al *PER* tradicional, reduciendo el precio por unidad de utilidad por acción. Si para una misma firma el ratio ajustado *PERA* es menor que el *PER* tradicional, los empresarios pueden interpretar que la empresa tendrá un crecimiento menor, un riesgo mayor reflejado mediante un aumento del costo del capital propio, entre otros cambios en las variables fundamentales.

Luego, el precio por acción puede calcularse como en la Ecuación 95, donde UPA es la utilidad por acción y NCA es el nivel de complejidad ambiental de la empresa que se intenta valorar.

$$P = PERA * UPA * \max [1; (NCA - 13,5)]$$

Ecuación 95

A partir de aquí, al valor de la empresa (V_L) se arriba de igual modo que como se mencionó en la revisión de los métodos de valoración de empresas (Ecuación 80).

V.3.3. Ajustes en los métodos por descuento de flujos de fondos

Evidentemente, si existen modificaciones patrimoniales o resultados explícitos, los mismos serán reflejados mediante los cambios en los flujos de fondos libres, y consecuentemente, en los flujos de fondos residuales de una firma potencialmente contaminante o descontaminante. Un ejemplo de algunos resultados explícitos podrían ser ciertos costos ambientales.

El rubro de costos ambientales puede estar conformado por varios conceptos, entre los cuales se destacan los costos derivados de la prevención del daño ambiental, los costos de gestión del riesgo ambiental, los costos para mejorar la imagen corporativa y los costos de resarcimiento producto del daño ambiental. Algunos ejemplos de este tipo de conceptos, no pretendiendo ser taxativos, se presentan a continuación:

- Costos derivados de la obtención de información medioambiental.
- Costos de auditorías medioambientales.
- Costos de prevención del deterioro de los recursos naturales.
- Amortización de activos ambientales³⁵.
- Costos de la adecuación tecnológica a los requerimientos medioambientales como regalías o cánones por el uso de determinadas maquinarias, técnicas o *know-how*.
- Costos de la gestión de residuos, emisiones y efluentes.
- Costos provenientes de un plan de gestión medioambiental.
- Costos de estudios de impacto ambiental, análisis de laboratorios e investigaciones.
- Costos de evaluación de riesgos ambientales.
- Planes de emergencia ambiental internos y externos.
- Primas de seguros ambientales.
- Costos por la implementación de publicidad ecológica y/o de marketing medioambiental.
- Costos de restauración o reposición para alcanzar el nivel de calidad ambiental previo a que se produzca su daño o detrimento.
- Costos de oportunidad por el deterioro ambiental.
- Costos derivados de compensaciones, indemnizaciones o juicios por haber causado algún tipo de daño ambiental y contra terceros.

Estos conceptos naturalmente modifican los flujos de fondos libres de la empresa sin necesidad de ningún ajuste metodológico.

Asimismo, cuando una empresa puede producir daños o beneficios ambientales se produce un cambio en la exposición al riesgo de la firma. Los daños potenciales

³⁵ Si bien las amortizaciones no son costos explícitos, desde el punto de vista financiero producen un ahorro o escudo fiscal al reducir la base imponible del impuesto a las ganancias.

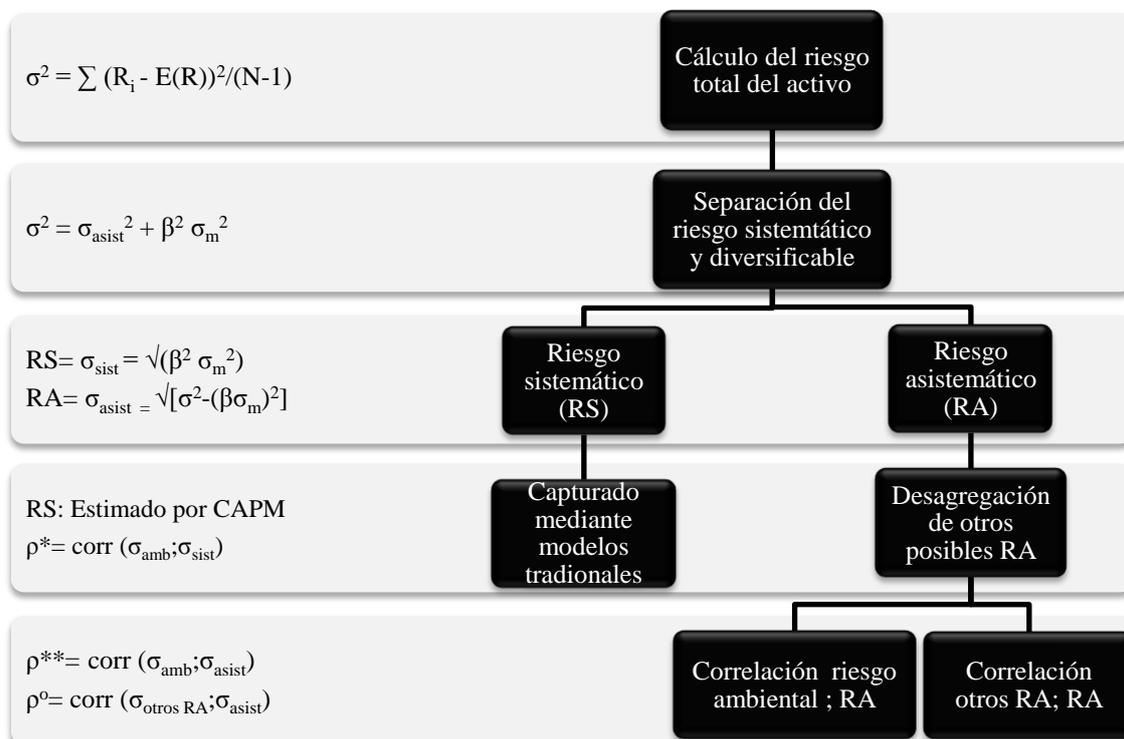
ocasionan un aumento en la exposición al riesgo del negocio, lo cual se puede reflejar mediante un acrecimiento en el costo de capital que se utiliza para descontar los flujos de fondos. Por contraposición, la producción de externalidades positivas puede ser incorporada en la valuación de la empresa mediante una reducción de la tasa de descuento, optándose por una tasa relativamente baja dado que en los proyectos con beneficios ambientales no es recomendable castigar en demasía sus flujos de fondos al actualizarlos. Esta propuesta está en sintonía con López (2008) quien analiza tasas de descuento sociales para nueve países de Latinoamérica, destacando que los proyectos con beneficios sociales normalmente emergen en el largo plazo, con lo cual altas tasas de descuento tienden a favorecer proyectos con beneficios de corto plazo, horizonte en el cual las cuestiones ambientales no suelen reflejarse.

Una discusión relevante en este punto es si el riesgo ambiental es sistemático o diversificable. Al respecto, Schaltegger & Figge (1998) afirman que algunos riesgos ambientales son no diversificables, con lo cual al estimar el costo requerido del capital propio (k_e) mediante algún modelo de equilibrio, como CAPM, ya se está incluyendo el correspondiente incremento en el rendimiento requerido.

El riesgo ambiental es sistemático cuando varias compañías están expuestas al mismo o similar factor de riesgo, por ejemplo, el riesgo de contaminación ambiental desatado a partir de eventos naturales como tsunamis. Sin embargo, algunos riesgos ambientales podrían ser diversificables, como el riesgo de contaminación por el accidente en una planta industrial. Entonces la primera disyuntiva es cómo establecer si el riesgo es sistemático o asistemático. Para ello se propone el modelo de la Ilustración 45.

En este modelo se busca determinar el riesgo total de un activo, calculado como la varianza de sus rendimientos. El mismo debe ser descompuesto en su riesgo sistemático y asistemático, teniendo en cuenta β , el coeficiente de riesgo no diversificable normalizado. Luego se analiza la correlación entre el riesgo sistemático y el riesgo ambiental (ρ^*). Si se encuentra significatividad en la relación, puede considerarse que el riesgo ambiental es sistemático. Si la misma no es significativa, se procede a desagregar el componente de riesgo asistemático o diversificable. Otros factores de riesgos asistemático podrían ser el tamaño o la iliquidez de una firma. Luego se analiza si el riesgo ambiental se correlaciona positivamente con el riesgo asistemático, y en caso positivo cabe preguntarse si es significativo dentro de los riesgos diversificables. Si la correlación es despreciable, el riesgo ambiental no afectará significativamente la valuación de una empresa potencialmente contaminante, mientras que si su magnitud es relevante, se debe contemplar en el proceso de valuación de la firma.

Ilustración 45: Modelo de detección de riesgos ambientales sistemáticos o asistemáticos



Fuente: Elaboración propia.

Si el riesgo ambiental es asistemático, pero la empresa no lo puede diversificar por su cuenta, debería incluirse una prima adicional, que podría ser calculada mediante un beta ambiental (β_{amb}), calculado como el riesgo ambiental de la empresa estandarizado al riesgo ambiental del mercado (Ecuación 96).

$$\beta_{amb} = \frac{COV(A_i; A_m)}{VAR(A_m)}$$

Ecuación 96

Donde:

A_i es la tasa de cambio del valor para un indicador de desempeño ambiental de la empresa i . Podría tratarse, por ejemplo, de la variable de contaminación C_{it} que fue presentada en el capítulo anterior. Entonces $A_i = \frac{C_{it} - C_{i(t-1)}}{C_{i(t-1)}}$.

A_m es la tasa de cambio del valor del indicador de desempeño ambiental a nivel regional o nacional.

$COV(A_i; A_m)$ es la covarianza entre A_i y A_m .

$VAR(A_m)$ es la varianza de A_m .

A partir del beta ambiental, y partiendo de la ecuación fundamental de CAPM, se puede adicionar un factor explicativo (al estilo del modelo APT³⁶, pero con ajustes

³⁶ APT: *Arbitrage Pricing Theory*.

por riesgo asistemático) y obtener de este modo el costo del capital propio ajustado por riesgo ambiental (k_{e^*}). Esta propuesta se presenta formalmente en la Ecuación 97, considerando que $E(R_A)$ representa el rendimiento de una cartera de inversiones vinculadas al medio ambiente o de empresas con desempeño ambiental destacable.

$$k_{e^*} = R_f + [E(R_m) - R_f] * \beta + [E(R_A) - R_f] * \beta_{amb}$$

Ecuación 97

Luego se descuentan los flujos de fondos residuales con esta nueva tasa del costo de capital, tal como se exhibe en la Ecuación 98.

$$V_L = \sum_{t=1}^T \frac{FFR_t}{(1 + k_{e^*})^t} + B$$

Ecuación 98

Si se utiliza el método del costo promedio ponderado del capital, el incremento en la tasa adecuada de descuento de los flujos de fondos libres se produce por dos vías: el aumento del costo de capital de la deuda y el del costo de capital propio, ambos producto de un incremento en el riesgo del negocio.

Si se utiliza el método del valor actual ajustado, el modelo para internalización del riesgo ambiental es similar al presentado en el capítulo anterior, en el que al valor de la empresa según el método tradicional debe deducirse el valor esperado del daño ambiental (Ecuación 99).

$$V_L = V_U + VA(F) - \omega * D$$

Ecuación 99

Donde:

V_U es el valor de la empresa no apalancada.

$VA(F)$ es el valor actual de los flujos de fondos de la deuda.

D es el valor del daño ambiental.

ω puede interpretarse como la probabilidad de acaecimiento del daño ambiental.

La estimación de la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental (ω) puede realizarse mediante distintos métodos de acuerdo a la información que se disponga. Si se cuenta con un gran cúmulo de datos, un método de estimación viable es mediante datos históricos, teniendo la ventaja de ser una estimación simple y no requerir de conocimientos técnicos.

Cuando no se cuenta con información pasada relevante o el daño potencial tiene grandes consecuencias pero una probabilidad de ocurrencia remota, el método de simulación puede resultar adecuado. Para su implementación, se requiere información sobre las distribuciones de probabilidades de otras variables riesgosas que afectan el

acaecimiento del daño ambiental, las funciones de dinámica entre los componentes ecosistémicos, las relaciones entre variables ambientales, etc. Es por ello que el método tiene más costos que el de datos históricos en cuanto a sistemas informáticos y conocimientos técnicos.

Por último, si existiesen opciones ambientales, como las diseñadas en el capítulo IV, cotizando en el mercado financiero, sería posible estimar la probabilidad de ocurrencia de los daños ambientales en función de las volatilidades implícitas partiendo de los precios de compra de dichos derivados. Mediante este método se asume que el precio de mercado de la opción ambiental es el de equilibrio, con lo cual puede estimarse la volatilidad del subyacente mediante el hallazgo del σ que iguale la ecuación de precio de algún modelo de valuación de opciones, como el de Black & Scholes (Ecuación 68).

V.3.4. Ajustes en los métodos mixtos

Los ajustes que pueden incorporarse en los métodos mixtos no son más que la combinación de los ajustes realizados sobre los métodos contables más los factibles de aplicar para los métodos de descuento de flujos de fondos.

Se debe tener precaución de no duplicar los ajustes de contingencias en el método contable y en la tasa de descuento de los flujos de fondos, dado que si el riesgo se incorpora simultáneamente en varios elementos de la valuación, se corre el riesgo de subvaluar a la firma objetivo.

Desde el punto de vista teórico es conveniente trabajar con el valor en libros del activo operativo neto o del patrimonio neto de acuerdo al caso, y ajustar por riesgo ambiental el componente dinámico de los métodos mixtos, que es el que toma el valor actual de las ganancias residuales.

V.3.5. Valuación de opciones reales sobre estrategias ambientales

Es importante resaltar que las opciones reales sobre estrategias ambientales son conceptualmente diferentes a las opciones ambientales. Las últimas son instrumentos financieros para la cobertura de riesgos ambientales, mientras que las primeras son decisiones estratégicas de la firma relacionadas con actos de producción que modifican el desempeño ambiental.

En este caso, no se proponen ajustes teóricos a los modelos de valuación de opciones reales propiamente dichos, sino que la manera de incorporar los derechos contingentes relacionados con la política ambiental de una firma en la valuación de la misma implica valorar la flexibilidad de determinadas opciones reales relacionadas con las estrategias ambientales.

Las opciones reales sobre estrategias ambientales no deterioran el valor de la firma, sino que lo aumentan, o en el peor de los casos no lo modifican, dado que las opciones siempre tienen un valor positivo por reflejar un derecho.

Un ejemplo de este tipo de opciones reales podría ser el abandono de una línea de productos que en su proceso de producción genera externalidades negativas (opción de venta); o la expansión del negocio mediante la incorporación de una línea de productos ecológicamente amigable (opción de compra); o el diferimiento de inversiones en tecnologías limpias (opción de compra).

Al momento de valorar los pagos de las opciones reales debe considerarse el valor del daño ambiental o su ahorro, de acuerdo a cada una de las estrategias.

V.4. Definición de estrategias que impactan en el desempeño ambiental

Como se comentó en el capítulo I, la teoría sistémica plantea que las empresas tienen interrelación constante con el medio ambiente y los miembros de la sociedad. Esto determina que al momento de diseñar estrategias de gestión ambiental se deba contemplar tanto la performance económico-financiera, como la ambiental.

De este modo se pueden distinguir cuatro tipos de estrategias diferentes de acuerdo al impacto que tengan sobre el desempeño económico-financiero, en particular sobre el valor de la firma, y sobre el desempeño ambiental (Tabla 22).

Tabla 22: Matriz de desempeño económico-financiero y ambiental

	Performance ambiental	
Performance económico-financiera	Ganar – Ganar	Ganar - Perder
	Perder – Ganar	Perder - Perder

Fuente: Elaboración propia.

Las estrategias de ganar-ganar son cursos de acción positivos desde las dos aristas que se analizan: benefician económicamente a la firma y ambientalmente a su entorno. Indirectamente la mejora en la calidad ambiental puede potenciar el impacto positivo sobre el valor de la empresa. Un ejemplo de este tipo de estrategias podría ser la incorporación de una nueva línea de productos verdes que sea rentable.

Las estrategias de perder-ganar son aquellas que producen una pérdida desde el punto de vista económico-financiero, pero traen aparejado un mejor desempeño ambiental. Una estrategia de este tipo podría ser una inversión en tecnologías limpias, pero menos eficientes desde el punto de vista productivo.

Las estrategias de ganar-perder provocan una mejora en el desempeño económico-financiero, pero deterioran la performance ambiental. Un ejemplo de este tipo de acciones podría ser reducción de costos operativos mediante la eliminación del tratamiento de los efluentes o residuos.

Por último, las estrategias de perder-perder son cursos de acción negativos desde las dos aristas, empeoran la performance ambiental y el desempeño económico-financiero. Se podría ejemplificar esta clase de estrategias con la inversión en una línea de productos que produce externalidades negativas, lo que deteriora la imagen corporativa de la empresa y por ende produce pérdidas desde el punto de vista económico-financiero.

Lógicamente, los administradores de las firmas que pueden producir daños o beneficios ambientales deben buscar la implementación de estrategias donde haya altas chances de ganar-ganar y evitar aquellas que lleven a situaciones de perder-perder.

Entre las estrategias ganar-perder y perder-ganar se cree que las primeras son más riesgosas, dado que empeorar el desempeño ambiental puede retroalimentar negativamente el desempeño económico-financiero; mientras que perder-ganar puede surtir el efecto contrario en la otra perspectiva.

En el ámbito de valuación de estrategias, los métodos de valoración de derechos contingentes son los más adecuados para considerar la flexibilidad de las decisiones de la firma.

V.5. Consideraciones

En este capítulo se presentó un conjunto de alternativas para valorar empresas que pueden producir daños o beneficios ambientales. Estos aportes colaboran a consolidar la perspectiva económica con la ambiental al momento de la toma de decisiones microeconómicas. Dichas decisiones pueden tener relación con agentes externos que deseen invertir en la firma, con la evaluación de fusiones o adquisiciones, para analizar el otorgamiento de créditos o subsidios, entre otras.

La exposición a riesgos ambientales produce una reducción en el valor de la firma. Dicha reducción se internaliza, de acuerdo al método de valuación, mediante distintas vías: reducción del patrimonio neto, aumento del riesgo del negocio y por lo tanto de la tasa de costo de capital, ajustes en los ratios de empresas comparables, etc.

Por último, se presentó un análisis en donde las estrategias se clasifican de acuerdo al impacto sobre el desempeño económico-financiero y el ambiental. Dichos cursos de acción deben ser valorados mediante los métodos de opciones reales para incorporar en el valor de la empresa la flexibilidad de decisiones estratégicas con impacto ambiental.

Capítulo VI

CONCLUSIONES

Temas abordados en este capítulo

VI.1. Consideraciones finales

VI.1.1. Resultados encontrados

VI.1.2. Limitaciones de la investigación

VI.2. Futuras líneas de investigación

VI.3. Necesidad de políticas públicas

VI.1. Consideraciones finales

VI.1.1. Resultados encontrados

La valoración de recursos ambientales e internalización en los análisis económicos y financieros permite obtener información útil no sólo para el sector privado en sí mismo, sino también para orientar políticas públicas que incentiven a los agentes a tomar decisiones en pos de un bienestar inter-generacional.

Durante la investigación de la tesis doctoral se estudiaron y propusieron distintos tipos de herramientas que permiten vincular las decisiones microeconómicas con los impactos ambientales. Los mismos fueron presentados en los capítulos núcleos de esta investigación (capítulos II, III, IV y V).

En el capítulo II de la tesis se revisaron los métodos de valoración de la calidad ambiental, determinando qué limitaciones presenta cada uno de ellos. Entre estas limitaciones, se encontró una inconsistencia relevante, que se denominó corolario de la relación opuesta. Esta se refiere a la contraposición de los valores arrojados por dos de los métodos basados en la función de producción, bajo determinadas características del daño ambiental.

Dado que cada método tiene sus ventajas y limitaciones, se buscó proponer qué conjunto de atributos pueden tipificar un daño ambiental para caracterizar en qué casos se ajusta mejor cada uno de los métodos. Los atributos que se proponen tienen relación con la tangibilidad del bien afectado, la reversibilidad del daño, la identificación de los sujetos productores y receptores del daño, el grado de aleatoriedad del fenómeno, la

existencia de regulación estatal y de tecnologías alternativas, el grado de cultura ambiental, el efecto ocultamiento, entre otros.

Por último, se diseñó una matriz método-factor que vincula los métodos de valoración con los atributos del daño ambiental, brindando una orientación para la elección de los métodos a aplicar según las características del caso a estudiar. Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de investigación, se presentó una variedad de situaciones en las cuales se evidencia que para cuantificar el costo ambiental particular, diseñar la cobertura de su riesgo o internalizarlo en el valor de la empresa es necesario recurrir a la enumeración de los factores que caracterizan el problema específico.

En el capítulo III se propuso un modelo teórico de seguros ambientales en donde se representa la situación de asimetrías de información existentes entre la compañía aseguradora y el ente potencialmente contaminante. Los principales resultados encontrados son que la oferta de contratos con prima constante no es adecuada para que el agente realice un nivel de esfuerzo alto para prevenir el daño ambiental; que un agente adverso al riesgo obtiene una mayor utilidad si logra trasladar el riesgo al principal, mientras que ante la neutralidad al riesgo la opción preferida es la del auto-seguro; y que existe un área de contratos factibles que cumple con las condiciones de participación y de compatibilidad de incentivos del agente, pero sólo un contrato maximiza el beneficio esperado para el principal.

Asimismo, se desarrollaron dos extensiones al modelo básico, en las que se incorpora la participación del Estado como un planificador central que maximiza la utilidad de los individuos de la sociedad y la franquicia en el monto de la cobertura del daño ambiental.

En la primera extensión se encuentra que el aumento de la utilidad social produce un detrimento de la utilidad para el ente potencialmente contaminante y una reducción del beneficio para la compañía aseguradora. De este modo se representa el *trade-off* entre el bienestar social y los beneficios privados en torno a la problemática ambiental.

El principal resultado de la segunda extensión es que la utilidad esperada para el ente potencialmente contaminante es menor cuando existe franquicia sobre el monto de la cobertura respecto a la solución en el modelo básico, ante el mismo nivel de esfuerzo; pero se proveen mayores incentivos para realizar un esfuerzo alto por prevenir el daño ambiental. La reducción en el monto de cobertura y las probabilidades del nivel deseado de esfuerzo provocan una reducción de la prima del contrato.

Luego se estudia cómo es la reglamentación de los seguros ambientales en la Argentina, encontrando que la misma se regula mediante un seguro de caución. Se determina que las empresas con cierto nivel de complejidad ambiental deben contratarlo por un monto de cobertura mínimo determinado mediante un algoritmo. Asimismo, se

revela que el mercado para este tipo de seguros en nuestro país desde el punto de vista de la oferta está altamente concentrado, su demanda a pesar de la obligatoriedad es baja y por lo tanto el mercado está poco desarrollado.

Entre las causas del escaso desarrollo del mercado local de seguros ambientales se encuentran los significativos montos a asegurar y por ende los altos costos de las primas, sin producirse ningún traslado de riesgo ni de responsabilidad por parte de los entes potencialmente contaminantes, que constituyen la demanda. Desde el punto de vista de las aseguradoras, una restricción a la oferta de estos contratos proviene considerar que el seguro de caución no es el instrumento adecuado y de la baja fuerza legal en referencia a la limitación de su responsabilidad, dado que dicho texto se encuentra en las resoluciones de la Ley General del Ambiente, que son normas administrativas de menor jerarquía que la ley.

A partir de la comparación del modelo de seguros ambientales presentado desde el punto de vista teórico y la situación empírica en la Argentina, se analizaron similitudes y diferencias en torno a determinados elementos del contrato. Fueron considerados el tipo de regulación, la transferencia de riesgos, los daños que pueden presentar cobertura, la participación del ente potencialmente contaminante, de la entidad aseguradora y del Estado, la forma de señalización del agente antes de la firma del contrato y durante la vida del mismo, la determinación de la prima del seguro y del monto asegurable, los incentivos que se brindan para el agente y para el principal, los límites máximos y mínimos de la cobertura, sus alcances y la alternativa del auto-seguro.

Se encontraron algunas similitudes y grandes diferencias generadas principalmente por el tipo de seguro, siendo de responsabilidad civil el planteado desde el punto de vista teórico y de caución el regulado en el mercado local. Entre las similitudes se pueden destacar el diseño de incentivos para prevenir el daño a través de efectos sobre el patrimonio del ente potencialmente contaminante y su señalización mediante algún índice o variable proxy a su riesgo ambiental. Sin embargo, diferencias importantes se generan a causa del tipo de regulación. El modelo teórico presenta un traslado del riesgo del ente potencialmente contaminante a la entidad aseguradora, mientras que la regulación vigente en nuestro país no permite trasladar ni riesgo ni responsabilidad. Por otro lado, el monto asegurable desde el punto de vista teórico se estima mediante los modelos de valuación de costos ambientales; por el contrario, la metodología empírica de estimación del MMES surge de un algoritmo que no tiene vinculación con las propuestas de la economía ambiental.

A causa de estas diferencias se planteó, mediante un modelo con base en la teoría de juegos, la interacción estratégica entre el Estado, la compañía aseguradora y el ente potencialmente contaminante, para determinar cuál es el perfil de estrategias a elegir por cada uno de ellos. La solución del juego encontrada mediante *backward*

induction implica que el gobierno establece un sistema de regulaciones mediante un seguro de responsabilidad civil, la compañía aseguradora ofrece el contrato y el ente potencialmente contaminante no acepta el seguro, realizando un esfuerzo alto o bajo dependiendo de las formas funcionales del costo del esfuerzo y de la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental.

Si bien en la solución del juego, el seguro no se contrata por parte del ente potencialmente contaminante, aun cuando este sea ofrecido, el resultado más significativo desde el punto de vista de la regulación como instrumento para la protección de los recursos naturales, es el tipo de esfuerzo a realizar por el agente para prevenir el daño en cada caso. Se interpreta a partir del análisis que es más probable que el agente realice un nivel alto de esfuerzo bajo un régimen de seguro de responsabilidad civil que bajo un seguro de caución, un resultado muy significativo para establecer políticas que promuevan la prevención del daño ambiental y minimicen la destrucción de los recursos naturales debido a las actividades humanas, que es uno de los objetivos más importantes de la regulación. Esto implica que debería diseñarse una política de seguros ambientales más eficiente para aumentar los incentivos en pos de reducir la probabilidad de ocurrencia de daños ambientales, por ejemplo, mediante un seguro de responsabilidad civil.

En el capítulo IV se presentó un instrumento innovador para la cobertura de riesgos ambientales microeconómicos. Dicha propuesta surge de la combinación de aportes del campo de las finanzas corporativas y de la economía ambiental, creándose una herramienta financiera denominada *opción ambiental* que colabora para la gestión de este tipo de riesgos, en pos de reducir el impacto negativo de los mismos en el valor de las firmas.

En esta sección de la investigación se modeló cómo puede modificarse el valor de una empresa sujeta a riesgos ambientales con componentes determinísticos y estocásticos cuando no posee cobertura, y cómo el efecto negativo puede reducirse mediante las coberturas con opciones. Se desarrolla el mecanismo de funcionamiento y las alternativas para la valuación de las primas de dichas opciones, así como también se detallan las condiciones bajo las cuales es adecuada la cobertura con este tipo de instrumentos, principalmente dadas por la magnitud del componente estocástico del daño ambiental, y sus limitaciones, como la necesaria intervención del Estado, la inevitable generación y publicación de información referida a niveles de contaminación, entre otros factores.

Se culminó el capítulo IV con una simulación de Monte Carlo que permitió ilustrar esta reducción en la exposición al riesgo ambiental de las empresas, para casos de contaminación con distintos niveles de volatilidad. Gracias a la simulación efectuada se puede afirmar que las opciones ambientales mediante el mecanismo diseñado, colaboran con la información brindada al entorno mediante dos efectos: i) efecto

señalización debido a que las empresas que tomen posiciones largas en opciones ambientales serán las que están expuestas a daños más volátiles; ii) efecto revelación o transparencia, dado que para el ejercicio de la opción debe revelar la medida de su contaminación directa en el medio ambiente. Esto es una ventaja desde el punto de vista de la información y una desventaja desde la operatividad de la ejecución del instrumento.

Una cuestión que resulta crítica respecto al mecanismo de funcionamiento de las opciones ambientales según los resultados de la simulación, es el resultado del fondo mutuo, que en todos los casos tiene una probabilidad de *default* superior al 20%. Sin embargo, una característica trascendental del lanzador de este tipo de opciones es la necesaria diversificación geográfica. La idea de que un emisor centralizado ofrezca estos instrumentos de cobertura de manera multi-regional produce que la probabilidad de quiebra del fondo mutuo se reduzca significativamente por la independencia en las distribuciones de probabilidad del daño ambiental de cada región, al menos, en la mayoría de los casos. Por lo tanto, la multi-regionalidad disipa las chances de insolvencia del fondo para cubrir la pérdida de valor de las empresas más perjudicadas por incidentes ambientales.

Otra alternativa que puede provocar una disminución de la probabilidad de *default* del fondo mutuo es que la opción se ejerza para niveles de contaminación que superen el promedio en una suma fija. Esto por supuesto tiene una incidencia negativa sobre el valor de la cobertura y la protección sobre el medio ambiente, pero provocaría menores chances de insolvencia. Por último, una simulación que incorpore múltiples períodos también mejora este resultado.

A pesar de sus limitaciones, las opciones ambientales son instrumentos de gestión creativos que colaboran con la cobertura de los riesgos ambientales microeconómicos, área para la cual existen pocos aportes de la ciencia.

En el capítulo V se presentan mecanismos para valorar firmas que pueden producir daños o beneficios ambientales. Estas alternativas surgen del ajuste o rediseño de los métodos tradicionales de valuación de empresas, como los contables, los basados en múltiplos, los de descuento de flujos de fondos, los métodos mixtos, etc.

Estos aportes colaboran a consolidar la perspectiva económica con la ambiental al momento de la toma de decisiones microeconómicas. Dichas decisiones pueden tener relación con agentes externos que deseen invertir en la firma, con la evaluación de fusiones o adquisiciones, para analizar el otorgamiento de créditos o subsidios, entre otras.

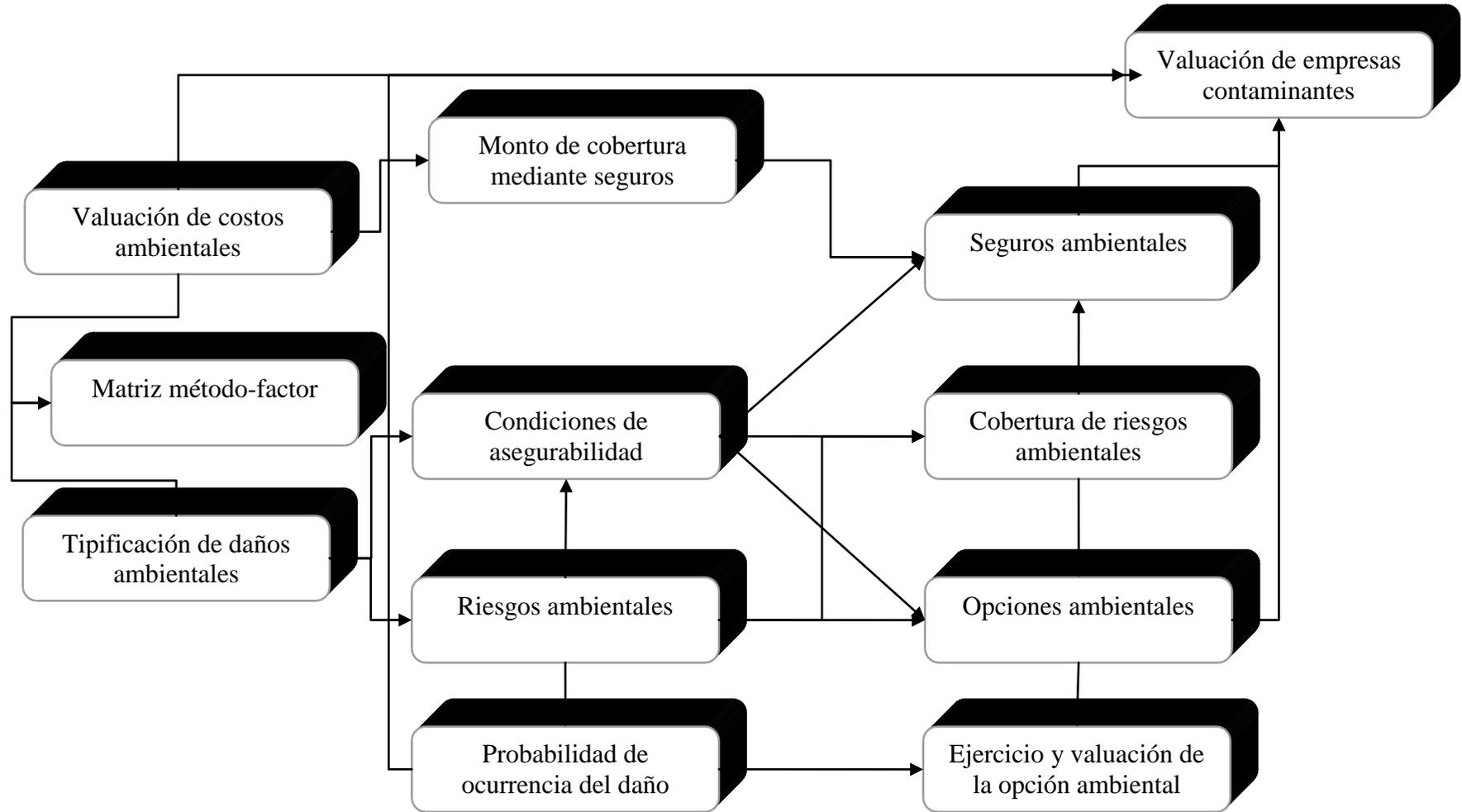
La reducción en el valor de la firma se internaliza, de acuerdo al método de valuación, por distintos canales como la reducción del patrimonio neto, el aumento del riesgo del negocio y por lo tanto de la tasa de costo de capital y el ajuste por riesgo ambiental en los múltiplos para valorar mediante ratios de empresas comparables.

Por último, se presentó un análisis en donde las estrategias se clasifican de acuerdo al impacto sobre el desempeño económico-financiero y el ambiental. Dichos cursos de acción deben ser valorados mediante los métodos de opciones reales para incorporar en el valor de la empresa la flexibilidad de decisiones estratégicas con impacto ambiental.

Existe una vinculación fundamental entre los aportes de la investigación. Los métodos de valoración ambiental se integran con los factores de tipificación de un daño mediante la matriz método-factor. Dicha herramienta provee información para caracterizar los riesgos ambientales y determinar la condición de asegurabilidad en determinados casos de acuerdo a su naturaleza. La cobertura de los riesgos ambientales puede darse mediante seguros ambientales para lo que es necesario calcular el monto de cobertura, tarea en la cual los métodos de valoración ambiental toman relevancia. También pueden asegurarse este tipo de riesgos asistemáticos mediante opciones ambientales, derivados cuyo valor y ejercicio depende de la probabilidad de ocurrencia de los daños ambientales que produce la empresa potencialmente contaminante en relación al desempeño ambiental medio. Por último, para valuar empresas que producen modificaciones sobre la calidad ambiental de su entorno, la valuación de efectos ambientales resulta fundamental, al igual que la estimación de los riesgos y probabilidades de ocurrencia de los daños. El efecto negativo de los riesgos ambientales sobre el valor de las firmas se reduce en tanto las mismas tengan coberturas mediante alguno de los instrumentos financieros mencionados.

Las interrelaciones conceptuales de los aportes de la tesis se presentan gráficamente en la Ilustración 46.

Ilustración 46: Vinculación de aportes presentados



Fuente: Elaboración propia.

VI.1.2. Limitaciones de la investigación

Una de las principales limitaciones para el desarrollo de la investigación es la indisponibilidad de datos para la realización de análisis empíricos. Debido a la sensibilidad y repercusión de la información ambiental en la sociedad y en el mercado, los datos cuya difusión no es obligatoria no están publicados por los entes generadores de la misma. Incluso, información que es de acceso público está restringida para las personas que desean analizar los datos.

La limitación en el acceso a los datos, tanto públicos como privados, impide realizar ajustes a los modelos propuestos, o simulaciones con parámetros ajustados a partir de datos históricos. Esta trama es crítica, porque las formas funcionales de las funciones de pago, de probabilidad de ocurrencia de los daños y de los costos ambientales indican en cierto punto qué incentivos son los adecuados en la formulación de políticas en pos de la sustentabilidad y cómo se toman las decisiones microeconómicas considerando el factor ambiental. Esta restricción al acceso de datos se potencia con el bajo nivel de cultura ambiental y la postura laxa ante el medio ambiente de los ciudadanos, dado que cuando la población tiene alta propensión a reaccionar o manifestarse en contra de actividades que puedan dañar la calidad del medio ambiente y los recursos naturales, la exigencia sobre el Estado para la publicación de información ambiental es más alta y la presión sobre los funcionarios públicos aumenta.

La segunda barrera en el desarrollo de algunas temáticas potencialmente abordables en la investigación es la necesidad de interdisciplinariedad para abordar temas complejos que involucran los sistemas ambientales. De acuerdo al tópico en particular cuyo estudio se quiera afrontar, surgen complementariedades de la economía con la ecología, la biología, la ingeniería, el derecho, la matemática y la química; entre otras ramas del conocimiento. En paralelo a este trabajo de tesis doctoral, se abordaron algunos trabajos de investigación interdisciplinarios relacionados con la valoración de costos ambientales mediante trabajos de grupos de investigación, en donde se interactuó principalmente con investigadores de las ciencias agronómicas, contables y económicas (por ejemplo, Durán *et al.*, 2010).

VI.2. Futuras líneas de investigación

Una propuesta para abordar en el futuro es la cuantificación de la matriz método-factor que ha sido presentada en el capítulo II. Dicho avance puede valerse de las herramientas de la matemática borrosa.

En caso de acceder a datos empíricos sustanciales, el análisis de los seguros ambientales podría profundizarse considerando más de dos tipos de esfuerzo y

estimando las formas funcionales de costos reales del esfuerzo, del valor de daño y de la probabilidad de ocurrencia del daño ambiental con base en datos empíricos.

El análisis de simulación para la cobertura mediante opciones ambientales podría desarrollarse fundamentándose en variables riesgosas de contaminación ajustadas a información real. Al respecto, se pueden utilizar los datos de la Estación de Monitoreo Continuo dependiente del Comité Técnico Ejecutivo de la Subsecretaría de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Bahía Blanca, donde se analiza un conjunto de variables vinculadas a la calidad del aire de manera automática las 24 horas al día (monóxido de carbono, dióxido de azufre, analizador quimiluminiscente de óxido nitroso y amoníaco, partículas ambientales, compuestos orgánicos volátiles, ozono, etc.). Para poder ajustar los parámetros de la simulación se presentará una solicitud en dicha subsecretaría o al organismo correspondiente a nivel provincial (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Buenos Aires) o nacional (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable), en pos de obtener dicha información empírica.

Asimismo, se propone continuar una línea de investigación incipiente en la literatura sobre cómo valorar empresas potencialmente contaminantes. Las propuestas metodológicas realizadas en el capítulo V pueden ser evaluadas mediante análisis de casos empíricos en pos de evidenciar cuál es su efectividad en términos de los resultados obtenidos.

Por último, resulta interesante abordar experimentos de economía ambiental, para valorar por ejemplo, la disposición a pagar por una mejora en la calidad o cantidad de agua para el consumo o por la calidad del aire. También podría experimentarse con la valuación de empresas con diferente desempeño y riesgo ambiental que hacen determinados inversores para analizar cómo cambia la percepción de valor por la incidencia de este tipo de riesgos.

VI.3. Necesidad de políticas públicas

Para que la utilidad de los aportes de este trabajo de investigación no dependa exclusivamente de la voluntad de los empresarios, el diseño de políticas eficientes es imprescindible.

La política existente no conduce a los resultados esperables en relación al cuidado de medio ambiente. En particular, en torno a los seguros ambientales sería conveniente que se amplíe la gama de instrumentos disponibles para dar cumplimiento al artículo 22 de la Ley General del Ambiente, incluyendo también el seguro de responsabilidad civil como una alternativa factible, dado que se ha demostrado que el mismo aumenta la probabilidad de que el ente potencialmente contaminante realice un nivel de esfuerzo alto en pos de prevenir el daño ambiental.

Respecto al cálculo del monto mínimo asegurable sería conveniente estudiar si el mismo tiene correlación alguna con el valor económico del daño determinado mediante los métodos propuestos por la economía ambiental. Asimismo, resultaría provechoso que se determine qué sucede en los casos en los que el monto asegurable no es suficiente para restituir la calidad ambiental a su condición previa a la ocurrencia del daño y se determinen los límites de la responsabilidad de las entidades aseguradoras. De este modo, las mismas se encontrarían en una situación de mayor protección y por lo tanto aumentarían la oferta de seguros ambientales en el mercado local.

Por otro lado, es necesario que desde la política se establezcan normas que obliguen a la incorporación de los efectos ambientales en los análisis económicos y financieros, por ejemplo, mediante controles durante el proceso de otorgamiento de créditos o subsidios para inversiones. Se podría instaurar una metodología en la cual cada empresa tenga que informar su nivel de complejidad ambiental para acceder a créditos o subsidios, y que si no se posee cobertura de los riesgos ambientales presentando una categoría con NCA > 14,5 puntos, dicho proyecto reciba una cantidad de fondos menor a la solicitada. A su vez, debería darse aviso a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (o al organismo descentralizado competente) para que solicite el cumplimiento del art. 22 de la mencionada ley.

En caso de observancia de las condiciones mínimas y obligatorias, el diseño de incentivos económicos que premien a las empresas con mejor desempeño ambiental es fundamental. Mediante el mercado de créditos públicos podría reducirse la tasa de costo de la deuda para empresas con implementación de sistemas de gestión ambiental, restauración de daños en su entorno, tratamiento de efluentes y residuos, etc.

También para el pedido de fondos a terceros, para hacer oferta pública de acciones y para la evaluación de fusiones y adquisiciones, debería solicitarse un informe de la valuación de la empresa ajustada por su riesgo ambiental en caso de tratarse de un ente con un nivel de complejidad ambiental significativo.

Definitivamente, esta ciencia -la economía- tiene la responsabilidad de analizar y diseñar herramientas que permitan la internalización de efectos ambientales desde el punto de vista económico y el Estado necesariamente debe proveer de regulaciones que generen incentivos para tomar decisiones y conductas tendientes a proteger el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, C. (1996). *Métodos e instrumentos de valoración económica de bienes y servicios ambientales*. El caso de España en sustentabilidad ambiental del modelo de crecimiento económico chileno, Programa de Desarrollo Sustentable. Editorial Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Álvarez, S.; Lomas, P. L.; Martín, B.; Rodríguez, M. & Montes, C. (2006). *La síntesis energética (“emergy synthesis”) integrando energía, ecología y economía*. Laboratorio de Socio-ecosistemas. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España.
- Álvarez-Farizo, B.; Gil, J. M. & Howard, B. J. (2005). Evaluación de impactos ambientales derivados de estrategias de restauración a través de las decisiones de jurados de ciudadanos. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 5(10): 19-39.
- Ambec, S. & Lanoie, P. (2008). Does it pay to be green? A systematic overview. *Academy Management Perspectives*, 22(4): 45-62.
- Argentina, Convención Nacional Constituyente (1994). *Constitución de la Nación Argentina*. Sancionada el 22/08/1994. Artículo 41. Disponible en: <http://www.senado.gov.ar/web/consnac/consnac.htm>. Fecha de consulta: 20-09-2011.
- Argentina, Honorable Congreso de la Nación Argentina (2002). *Ley General del Ambiente N° 25.675*. Publicada en el Boletín Oficial del 28/11/2002. Disponible en: <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79980/norma.htm>. Fecha de consulta: 20-09-2011.
- Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2007a). *Resolución 177/2007*. Publicada en el Boletín Oficial del 13/03/2007. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/?aplicacion=normativa&IdNorma=849&IdSeccion=0>. Fecha de consulta: 20-09-2011.
- Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2007b). *Resolución 303/2007*. Publicada en el Boletín Oficial del 13/03/2007. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/?aplicacion=normativa&IdNorma=847&IdSeccion=0>. Fecha de consulta: 20-09-2011.
- Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2007c). *Resolución 178/2007 en conjunto con la Resolución 12/2007 de la Secretaría de Finanzas*. Publicada en el Boletín Oficial del 13/03/2007. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/?aplicacion=normativa&IdNorma=848&IdSeccion=0>. Fecha de consulta: 20-09-2011.

- Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2007d). *Resolución 1639/2007*. Publicada en el Boletín Oficial del 21/11/2007. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/?aplicacion=normativa&IdNorma=1314&IdSeccion=0>. Fecha de consulta: 20-09-2011.
- Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2007e). *Resolución 1973/2007 en conjunto con la Resolución 98/2007 de la Secretaría de Finanzas*. Publicada en el Boletín Oficial del 10/12/2007. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/?aplicacion=normativa&IdNorma=1108&IdSeccion=0>. Fecha de consulta: 20-09-2011.
- Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2008). *Resolución 1398/2008*. Publicada en el Boletín Oficial del 22/09/2008. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/?aplicacion=normativa&IdNorma=1107&IdSeccion=0>. Fecha de consulta: 20-09-2011.
- Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2011a). *Resolución 481/2011*. Publicada en el Boletín Oficial del 06/05/2011. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/?aplicacion=normativa&IdNorma=1308&IdSeccion=0>. Fecha de consulta: 21-02-2012.
- Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2011b). *Resolución 945/2011 en conjunto con la Resolución 66/2011 de la Secretaría de Finanzas*. Publicada en el Boletín Oficial del 08/08/2011. Disponible en: <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/185000-189999/185287/norma.htm>. Fecha de consulta: 21-02-2012.
- Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2011c). *Resolución 42/2011*. Publicada en el Boletín Oficial del 05/01/2012. Disponible en: <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/190000-194999/192454/norma.htm>. Fecha de consulta: 21-02-2012.
- Argentina, Superintendencia de Seguros de la Nación (2010). *Resolución 35186/2010*. Disponible en: <http://www.caara.com.ar/pdf/ResolucionSSN35186.pdf>. Fecha de consulta: 21-02-2012.
- Azqueta Oyarzun, D. (1994). *Valoración económica de la calidad ambiental*. Editorial McGraw-Hill. Madrid, España.
- Barzev, R. [Ed.]. (2002). *Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales. Un aporte para la gestión de ecosistemas y recursos naturales en el CBM*. Corredor Biológico Mesoamericano. Managua, Nicaragua.
- Batabyal, A. A. (2000). *Contemporary research in Ecological Economics: Five Outstanding Issues*. Working paper series. Rochester Institute of Technology.

- Baumol, W. J. (1972). On taxation and the control of externalities. *American Economic Review*, 62(3): 307-322.
- Baumol, W. J. & Oates, W. E. (1988). *The theory of environmental policy*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.
- Blacconiere, W. & Patten, D. (1994). Environmental disclosures, regulatory costs, and changes in firm value. *Journal of Accounting and Economics*, 8: 357-377.
- Black, F & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81: 637-659.
- Brown, M. T. & Ulgiati, S. (2002). Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. *Journal of Cleaner Production*, 10: 321-334.
- Cairns, R. & Long, N. V. (2006). Maximin: a direct approach to sustainability. *Environmental and Development Economics*, 11: 275-300.
- Canter, L. W. (1999). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto*. Universidad de Oklahoma. Editorial Mc. Graw Hill. Segunda Edición.
- Casparri, M. T. & García Fronti, J. (2010). *Algunas innovaciones financieras para la gestión del riesgo global*. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Ciriacy-Wantrup, S. V. (1947). Capital returns from soil conservation practices. *Journal of Farm Economics*, 29: 1181-1196.
- Clawson, M. (1959). *Methods of measuring the demand for and value of outdoor recreation*. Resources of the Future Reprint 10. Washington DC, United States of America.
- Coase, R. (1968). *The problem of social cost*. Incluido en Breit William y Hochman Harold M. Readings in Microeconomics. Holt Rinehart and Winston. New York, United States of America.
- Commission of the European Communities (2000). *White Paper on Environmental Liability*. COM(2000) 66 final. Brussels.
- Conte Grand, M. (2001). *Una primera aproximación a la valuación hedónica de la contaminación en Buenos Aires*. Working paper. Universidad del CEMA.
- Conte Grand, M. & D'Elia, V. (2012). Environmental news and stock markets: the need for further evidence in developing countries. *International Journal of Sustainable Development*, 15(4): 374-398.
- Copeland, T.; Koller T. & Murrin, J. (2000). *Valuation: Measuring and managing the value of companies*. Ed. John Wiley & Sons. United States of America.

- Costanza, R. (1991). *Ecological economics: the science and management of sustainability*. Columbia University Press. New York, United States of America.
- Cristeche, E. & Penna, J. (2008). *Métodos de valoración económica de los servicios ambientales*. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales N° 3. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina.
- Cummings, R. G.; Brookshire, D. S. & Schulze, W. D. (1986). *Valuing environmental goods: an assessment of the contingent valuation method*. Rowman and Allanheld Ed. Totowa. New Jersey, United States of America.
- Daly, H. (1980). *Economics, ecology, ethics: essays toward a steady-state economy*. W. H. Freeman & Co. San Francisco, United States of America.
- Daly, H. & Cobb, J. (1993). *Para el bien común. Reorientando la economía hacia la comunidad, el ambiente y un futuro sostenible*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Daly, H. & Farley, J. (2004). *Ecological economics: principles and applications*. Island Press. Washington DC, United States of America.
- Dauzacker, N. (2007). *Impacto ambiental. Reconocimiento y gestión contable*. Tesis de Doctorado en Contabilidad. Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina.
- Davis, R. (1963). *The value of outdoor recreation: an economic study of the Maine Woods*. Doctoral dissertation in economics. Harvard University.
- De Palma, A. & Prigent, J.-L. (2007). Hedging global environment risks: An option based portfolio insurance. *Automatica*, 44(6): 1519-1531.
- Díez, M. A. & Etxano, I. (2008). *La Evaluación Social Multi-criterio como alternativa para la evaluación de la política de conservación de la naturaleza*. Presentado en las XI Jornadas de Economía Crítica. Bilbao, España.
- Diez de Castro, L. & Mascareñas Pérez-Iñigo, J. (1994). *Ingeniería Financiera. La gestión en los mercados financieros internacionales*. 2° Edición. Osborne McGraw Hill. Madrid, España.
- Dixon, J. & Hufschmidt, M. (1986). *Economic valuation techniques for the environment. A case study workbook*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London, England.
- Dixon, J. & Pagiola, S. (1998). *Economic analysis and environmental assessment*. Environmental Economics and Indicators Unit. Environment Department. *Environmental assessment sourcebook update*.

- Dopazo Fraguío, P. (2002). Coordinación y gerencia de riesgos ambientales (responsabilidad civil por daños ambientales y seguro ambiental). *Observatorio Medioambiental*, 5: 103-125.
- Durán, R.; Scoponi, L.; Galantini, J.; Chimeno, P.; Sánchez, M.; Cordisco, M.; Pesce, G.; Oliveras, G.; Merino, L.; De Batista, M. & Gzain, M. (2010). *Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense: medición y exposición de sus beneficios y costos ecológicos para sustentar el gerenciamiento ambiental de la empresa rural socialmente responsable*. Informe final del Proyecto de Grupo de Investigación PGI 24/C021, financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Ellis, G. M. & Fisher, A. C. (1987). Valuing the environment as input. *Journal of Environmental Management*, 25(2): 149-156.
- Emerson, J.; Esty, D. C.; Levy, M. A.; Kim, C.; Mara, V.; de Sherbinin, A. & Srebotnjak, T. (2010). *2010 Environmental Performance Index*. New Haven: Yale Center for Environmental Law and Policy. United States of America.
- Esty, D.C. (2001). Toward data-driven environmentalism: The environmental sustainability index. *Environmental Law Reporter*, 31(5): 10603-10613.
- Eyckmans, J. & Finus, M. (2006). Coalition formation in a global warming game: how the design of protocols affects the success of environmental treaty-making. *Natural Resource Modeling*, 19(3): 323-358.
- Falconí, F. & Burbano, R. (2004). Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 1: 11-20.
- Fankhauser, S. & Kverndokk, S. (1996). The global warming game – Simulations of a CO2-reduction agreement. *Resource and Energy Economics*, 18: 83-102.
- Faure, M. [Ed.] (2003). *Deterrence, insurability, and compensation in environmental liability. Future developments in the European Union*. SpringerWienNewYork. Austria.
- Federación Argentina de Consejos Profesionales de Ciencias Económicas (2000). *Resolución Técnica N° 17*. Disponible en: <http://www.facpce.org.ar:8080/infopro/categorias.php?categoria=3>. Fecha de consulta: 10-02-2012.
- Fernández, P. (2005). *Valoración de empresas. Cómo medir y gestionar la creación de valor*. Tercera Edición. Ediciones Gestión 2000. Barcelona, España.
- Fernández de Castro, J. & Tugores Ques, J. (1992). *Fundamentos de microeconomía*. Segunda edición. McGraw-Hill. Madrid, España.

- Ferraro, P. (2008). Asymmetric information and contract design for payments for environmental services. *Ecological Economics*, 65: 810-821.
- Field, B. C. (1994). *Environmental economics: an introduction*. McGraw-Hill. New York, United States of America.
- Figge, F. (2005). Value-based environmental management. From environmental shareholder value to environmental option value. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 12: 19-30.
- Finus, M. (2000). Game theory and international environmental cooperation: any practical application? *Diskussionsbeitrag*, 282: 1-60.
- Finus, M. & Rundshagen, B. (1998). Toward a positive theory of coalition formation and endogenous instrumental choice in global pollution control. *Public Choice*, 96: 145-186.
- Flam, S.D. & Ermoliev Y.M. (2008). Investment, uncertainty, and production games. *Environmental and Development Economics*, 14: 51-66.
- Flores, C.C. & Sarandón, S.J. (2002). ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata*, 105(1): 52-67.
- Freeman, A. M. III (1979). *The benefits of environmental improvement: theory and practice*. The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future. Baltimore.
- Freeman, A. M. III (1993). *The measurement of environmental and resource values: theory and methods*. Resources for the Future (RFF). Washington, United States of America.
- Friedman, M. (1970). The social responsibility of business is to increase its profits. *The New York Times Magazine*, September 13: 1-6.
- Friedman, D. & Sunder, S. (1994). *Experimental methods. A primer for economists*. Cambridge University Press. New York, United States of America.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *La ley de la entropía y el proceso económico*. Fundación Argentaria-Visor distribuciones. Madrid, España.
- Gil, J. M. & Soler, F. (2006). Knowledge and willingness to pay for organic food in Spain: evidence from experimental auctions. *Food Economics*, C(3): 109-124.
- Gintis, H. (2000). *Game Theory Evolving: a problem-centered introduction to modeling strategic behavior*. Princeton University Press. New Jersey, United States of America.
- Global Reporting Initiative (2000). *Sustainability Reporting Guidelines on Economic, Environmental and Social Performance*. GRI. Boston. United States of America.

- Green, P. E. & Srinivasan, V. (1978). Conjoint analysis in consumer research: issues and outlook. *Journal of Consumer Research*, 5(2): 103-123.
- Griliches, Z. [Ed.]. (1971). *Price indexes and quality change*. Harvard University Press. Cambridge, Mass.
- Hanemann, W. M. (1991). Willingness to pay and willingness to accept: how much can they differ? *American Economic Review*, 81(3): 635-647.
- Hannesson, R. (1997). Fishing as a Supergame. *Journal of Environmental Economics and Management*, 32: 309-322.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162: 1243-1248.
- Harrison, K. & Antweiler, W. (2003). Incentives for pollution abatement: Regulation, regulatory threats, and non-governmental pressures. *Journal of Policy Analysis and Management*, 22: 361-382.
- Heltberg, R. (2002). Property rights and natural resource management in developing countries. *Journal of Economic Surveys*, 16(2): 189-214.
- Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystems*, 4: 390-405.
- Hoyt, R. & McCullough, K. (1999). Catastrophe Insurance Options: Are They Zero-Beta Assets? *Journal of Insurance Issues*, 22(2): 147-163.
- Hull, J. (2002). *Introducción a los mercados de futuros y opciones*. 4^o Edición. Editorial Prentice-Hall. Madrid, España.
- International Accounting Standards Committee (1999). *International Accounting Standard 37. Provisions, contingent liabilities and contingent assets*. Disponible en: http://ec.europa.eu/internal_market/accounting/docs/consolidated/ias37_en.pdf. Fecha de consulta: 10-02-2012.
- Jones, K. & Rubin, P. (1999). *Effects of harmful environmental events on reputations of firms*. Working paper, Emory University. Atlanta, GA, United States of America.
- Kahneman, D. & Knetsch, J. L. (1992). Valuing public goods: the purchase of moral satisfaction. *Journal of Environmental Economics and Management*, 22(1): 57-70.
- King, A. A. & Lenox, M. J. (2001). Does it really pay to be green? An empirical study of firm environmental and financial performance. *Journal of Industrial Ecology*, 5(1): 105-116.
- Klassen, R. & McLaughlin, C. (1996). The impact of environmental management on firm performance. *Management Science*, 42: 1199-1214.

- Knetsch, J. L. (1963). Outdoor recreation demands and benefits. *Land Economics*, 39(4): 387-396.
- Kolb, R. (2003). *Futures, Options, and Swaps*. Blackwell Publishing. United Kingdom.
- Krantz, D. H. (1964). Conjoint measurement: The Luce-Tukey axiomatization and some extensions. *Journal of Mathematical Psychology*, 1(2): 248-277.
- Kreps, D. (1995). *Curso de teoría microeconómica*. McGraw-Hill. Madrid, España.
- Krutilla, J. V. (1967). Conservation reconsidered. *American Economic Review*, 57(4): 777-786.
- Laffont, J. (1995). Regulation, moral hazard and insurance of environmental risks. *Journal of Public Economics*, 58: 319-336.
- Lamothe Fernández, P. (1993). *Opciones financieras. Un enfoque fundamental*. McGraw-Hill. Madrid, España.
- Levhari, D. & Mirman, L. (1980). The great fish war: an example using a dynamic Cournot-Nash Solution. *The Bell Journal of Economics*, 11: 322-334.
- Lobos, G. A.; Vallejos, O. B.; Caroca, C. J. & Marchant, C. C. (2005). El mercado de los bonos de carbono (“bonos verdes”): una revisión. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 1(1): 42-52.
- Lomas, P. L.; Martín, B.; Louit, C.; Montoya, D.; Montes, C. & Álvarez, S. (2005). *Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas*. Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez. Madrid, España.
- López, H. (2008). *The Social Discount Rate. Estimates for Nine Latin American Countries*. Policy Research Working Paper 4369. Banco Mundial. Washington DC, United States of America.
- Luce, R. D. & Tukey, J. W. (1964). Simultaneous conjoint measurement: a new type of fundamental measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, 1(1): 1-27.
- Ma, C. & Stern, D. I. (2006). Environmental and ecological economics: a citation analysis. *Ecological Economics*, 58(3): 491-506.
- Macho Stadler, I. & Pérez Castrillo, D. (1994). *Introducción a la economía de la información*. Editorial Ariel. Barcelona, España.
- Mäler, K.-G. & de Zeeuw, A. (1998). The Acid Rain Differential Game. *Environmental and Resource Economics*, 12: 167-184.
- Marshall, A. (1890). *Principles of economics*. Macmillan. London, England.
- Martinez Alier, J. [Ed.]. (1995). *Los principios de la economía ecológica*. Fundación Argentaria-Visor distribuciones. Madrid, España.

- Mas-Colell, A.; Whinston, M.; & Green, J. (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford University Press. New York, United States of America.
- May, P.; Lustosa, M. C. & da Vinha, V. (2003). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Elsevier Editora Ltda. Rio de Janeiro, Brasil.
- May, P. H. & Seroa da Motta, R. (1994). *Valorando a natureza. Análise econômica para o desenvolvimento sustentável*. Editora Campus Ltda. Rio de Janeiro, Brasil.
- McConnell, K. E. (1980). Valuing congested recreation sites. *Journal of Environmental Economics and Management*, 7(4): 289-294.
- Merton, R. C. (1973). Theory of rational option pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4: 141-183.
- Mitchell, R. C. & Carson, R. T. (1989). *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Resources for the Future. Washington DC, United States of America.
- Muradian, R.; Corbera, E.; Pascual, U.; Kosoy, N. & May, P. H. (2010). Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics*, 69: 1202–1208.
- Odum, H.T. (1996). *Environmental accounting: Energy and decision making*. John Wiley. New York, United States of America.
- Osborne, M. J. & Rubinstein, A. (1994). *A course in game theory*. The Massachusetts Institute of Technology Press. London, England.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons. The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.
- Page, T. (1991). *Sustainability and the problem of valuation*. En *Ecological Economics: the science and management of sustainability*, editado por R. Costanza. Columbia University Press. New York, United States of America.
- Page, T. (1997). On the problem of achieving efficiency and equity, intergenerationally. *Land Economics*, 73(4): 580–596.
- Pahlen Acuña, R. & Fronti de García, L. (2004). *Contabilidad social y ambiental*. Ediciones Macchi. Buenos Aires, Argentina.
- Parrachino, I.; Dinar, A. & Patrone, F. (2006). *Cooperative game theory and its application to natural, environmental and water resource issues: Application to water resources*. World Bank Policy Research Working Paper 4074.
- Parvatham, E. (2010). Carbon Credits Trading-Young and Emerging Market. *Tata Consultancy Services*, 1: 1-22.

- Passet, R. (1979). *Principios de bioeconomía*. Fundación Argentaria-Visor distribuciones. Madrid, España.
- Pearce, D. W. & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, United States of America.
- Pengue, W. (2009). *Fundamentos de economía ecológica*. Ediciones Kraicon. Buenos Aires, Argentina.
- Pesce, G. (2011). *Environmental Insurance Game*. Presentado en el V Congreso Nacional de Estudiantes de Postgrado en Economía (CNEPE) organizado por el Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (CONICET-UNS). EdiUNS, ISBN 978-987-1620-36-4.
- Pesce, G.; Terceño, A.; Vigier, H. & Durán, R. (2010). Environmental Insurance Analysis from an Economic Approach. *Journal of Insurance Markets and Companies: Analyses and Actuarial Computations*, 1(3): 38-46.
- Pesce, G.; Vigier, H. & Durán, R. (2008). *El proceso de sojización en Argentina: valoración de sus costos ambientales y discusión de los métodos aplicados*. Presentado en la XXXIX Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, 2º Congreso Regional de Economía Agraria, 3º Congreso Rioplatense de Economía Agraria y XIII Congreso de Economistas Agrarios de Chile. ISBN 978-9974-8002-7-4 e ISSN 1666-0285.
- Pesce, G.; Vigier, H. & Durán, R. (2009a). *Discusiones preliminares sobre métodos de valoración de efectos ambientales. Estudio de un caso*. Presentado en el IV Congreso Nacional de Estudiantes de Postgrado en Economía (CNEPE). Ediuns, ISBN 978-987-25102-1-3.
- Pesce, G.; Vigier, H. & Durán, R. (2009b). *Revisión crítica de metodologías de valoración de RR.NN*. Presentado en las Cuartas Jornadas de la Asociación Argentina Uruguaya de Economía Ecológica (ASAUEE) y la International Society for Ecological Economics (ISEE). ISBN 978-987-22038-3-2.
- Pesce, G.; Vigier, H. & Durán, R. (2010). *Seguros ambientales: análisis desde un abordaje económico*. Presentado en la XLV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política (AAEP). Disponible en anales: <http://www.aaep.org.ar/anales/works/works2010/pesce.pdf>. ISSN: 1852-0022. ISBN: 978-987-99570-8-0.
- Pesce, G.; Vigier, H. & Durán, R. (2011). *Cobertura de riesgos ambientales de la empresa basada en instrumentos derivados*. Presentado en la XLVI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política (AAEP). Disponible en Anales en: <http://www.aaep.org.ar/anales/works/works2011/Pesce.pdf>. ISSN 1852-0022. ISBN: 978-987-99570-9-7.

- Pesce, G.; Vigier, H. & Durán, R. (2012). Análisis teórico y empírico de los seguros ambientales en Argentina. *Revista de Economía Política de Buenos Aires* (REPBA), aceptado para su publicación, en prensa.
- Pigou, A. C. (1932). *The economics of welfare*. Macmillan. London, England.
- Prato, T. (1999). Multiple attribute decision analysis for ecosystem management. *Ecological Economics*, 30(2): 207–222.
- Rahwan, I.; Larson, K. & Tohmé, F. (2009). Game-theoretic foundations for argumentation. *Journal of ACM*, V: 1-38.
- Randall, A. (1987). *Resource Economics: an economic approach to natural resource and environmental policy*. Second edition. John Wiley & Sons. New York, United States of America.
- Rappaport, A. (1986). *Creating shareholder value. The new standard for business performance*. Free Press. New York, United States of America.
- Reinganum, J. F. & Stokey, N. L. (1985). Oligopoly extraction of a common property natural resource: the importance of the period of commitment in dynamic games. *International Economic Review*, 26(1): 161-173.
- Reinhardt, F. L.; Stavins, R. N. & Vietor, R. H. K. (2008). *Corporate social responsibility through an economic lens forest*. Harvard Kennedy School. Faculty Research Working Papers Series, RWP08-023.
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, 82(1): 34-55.
- Ross, S. A.; Westerfield, R. W. & Jaffe, J. (2002). *Corporate Finance*. Sixth Edition. McGraw-Hill. New York, United States of America.
- Rothschild, M. & Stiglitz, J. (1976). Equilibrium in competitive insurance markets: an essay on the economics of imperfect information. *The Quarterly Journal of Economics*, 90(4): 629-649.
- Runge, C. F. (1981). Common property externalities: isolation, assurance, and resource depletion in a traditional grazing context. *American Journal of Agricultural Economics*, 63: 595-606.
- Russo, M. & Fouts, P. (1997). A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability. *Academy of Management Journal*, 40: 534-559.
- Schaltegger, S. & Figge, F. (1998). *Environmental shareholder value*. Eine Publikation des. WWZ Studies. Basel, Switzerland.
- SegurosALDia.com. (2009). Disponible en: <http://tvaldia.com/joomla/index.php/component/poll/15-ies-para-usted-suficiente-la-actual-poliza-de-caucion-ambiental-para-satisfacer-el>

requerimiento-de-la-ley-general-del-ambiente. Fechas de consulta: 02-08-2010; 06-05-2011; 01-02-2012.

- Seroa da Motta, R. (1998). *Manual para valoración económica de recursos ambientales*. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Publicado conjuntamente por IPEA/MMA/PNUD/CNPq. Brasília, Brasil.
- Shoegren, J. F. (1990). The impact of self-protection and self-insurance on individual response to risk. *Journal of Risk and Uncertainty*, 3: 191-204.
- Shogren, J. F.; Fox, J.; Hayes, D. & Roosen, J. (1999). Observed choices for food safety in retail, survey and auction markets. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(5): 1192-1199.
- Shogren, J. F.; List, J. & Hayes, D. (2000). Preference learning in consecutive experimental auctions. *American Journal of Agricultural Economics*, 82(4): 1016-1021.
- Smith, V. K; Desvousges, W. H. & Fisher, A. (1986). A comparison of direct and indirect methods for estimating environmental benefits. *American Journal of Agricultural Economics*, 68(2): 280-290.
- Spicer, B. (1978). Investors, corporate social performance, and informational disclosure: An empirical study. *Accounting Review*, 53: 94-103.
- Sumaila, U. R. (1997). *A review of game theoretic models of fishing*. Working paper WP97: 9. Chr. Michelsen Institute. Development Studies and Human Rights.
- Sumaila, U.R.; Dinar, A. & Albiac, J. (2008). Game theoretic applications to environmental and natural resource problems. *Environmental and Development Economics*, 14: 1-5.
- Superintendencia de Seguros de la Nación Argentina (S.S.N.). Seguro ambiental. Disponible en: <http://www.ssn.gov.ar//Storage/seguroambiental/seguroambiental.html>. Fecha de consulta: 10-07-2010; 05-05-2011; 01-02-2012.
- Suzuki, M. & Nakayama, M. (1976). The cost assignment of the cooperative water resource development: a game theoretical approach. *Management Science*, 22(10): 1081-1086.
- Thaler, R. H. (1980). Toward a positive theory of consumer choice. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1(1): 39-60.
- Todo Riesgo TV (2012). Entrevista televisiva a José Mariano Cuffia, presidente de la empresa Alba Caución. Disponible en: <http://www.todoriesgotv.com.ar/index.php?id=59&pagina=1.ar/index.php?id=59&pagina=1>. Fecha de consulta: 08-02-2012.
-

- Tolosa, P. (2005). *La responsabilidad civil por daño ambiental desde la perspectiva del análisis económico del derecho de daños*. Tesis de Magister en Economía. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Trigeorgis, L. (1996). *Real Options: managerial flexibility and strategy in resource allocation*. M.I.T. Press. Cambridge, Massachusetts, United States of America.
- Tucker, M. (1997). Climate change and the insurance industry: the cost of increased risk and the impetus for action. *Ecological Economics*, 22: 85-96.
- Vásquez Lavín, F.; Cerda Urrutia, A. & Orrego Suaza, S. (2007). *Valoración económica del ambiente*. 1º Edición. Editorial Thomson Learning. Buenos Aires, Argentina.
- Vinocur, G. & Schatz, P. (2010). *El seguro ambiental en Argentina*. Fundación Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: <http://www.farn.org.ar>. Fecha de consulta: 03-04-2011.
- White, M. (1996). *Corporate environmental performance and shareholder value*. Working paper, University of Virginia. Charlottesville, VA.
- Young, F. W. (1969). *Polynomial conjoint analysis of similarities: definitions for a specific algorithm*. Research paper N° 76, Psychometric Laboratory, University of North Carolina. United States of America.
-