



Huella del Carbono

Cambio Climático, Gestión Sustentable y Eficiencia Energética

César A. Espíndola
José O. Valderrama



EDITORIAL
UNIVERSIDAD
DE LA SERENA

Huella del Carbono

Cambio Climático, Gestión Sustentable
y Eficiencia Energética

César A. Espíndola
José O. Valderrama



EDITORIAL
UNIVERSIDAD
DE LA SERENA

Huella del Carbono

Cambio Climático, Gestión Sustentable y Eficiencia Energética

César Espíndola y José O. Valderrama

SERIE MONOGRAFÍAS ULS

Dirección de Investigación y Desarrollo

ISBN 978-956-7052-39-4

Primera edición: junio 2018

Primera reimpresión: diciembre 2018

Editorial Universidad de La Serena

Los Carrera 207 – Fono (56-51) 2204368 – La Serena – Chile

editorial@userena.cl

www.editorial.userena.cl

Imagen de portada: Pixabay.com /Licencia Creative Commons

Impreso en Gráfica Lom, Chile.

Esta obra contó con el apoyo y patrocinio de la Dirección de Investigación de la Universidad de La Serena (Chile) a través del Concurso de Edición de Monografías y Textos Académicos (2017-2018), de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica CONICYT, a través del Proyecto Anillo ACM170005 del Programa de Investigación Asociativa, y del Ministerio de Educación de Chile a través del Convenio de Desempeño Mineduc INEERGIAS, Plan de Mejoramiento Institucional en Eficiencia Energética y Sustentabilidad Ambiental PMI-ULS1401.

Esta publicación, incluido el diseño de la portada, no puede ser reproducida, almacenada o transmitida por cualquier medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo de Editorial ULS.

Dedicatoria

A mi esposa Paola y a mis hijos Benjamín,
Isidora y Joaquín, quienes han subsidiado
significativamente mis deberes familiares
durante la preparación de este libro.

César A. Espíndola

A mi primera nieta Amalia, quien
ha venido a renacer y flagrar nuestra vida
de familia, mientras yo meditaba, aprendía
y escribía sobre la huella del carbono.

José O. Valderrama

ÍNDICE

Prólogo: Huella del Carbono	11
Adolfo Carballo Penela (USC, España)	
Capítulo I: El Cambio Climático y la Huella del Carbono	15
1.1 Introducción	15
1.2 Efecto Invernadero y Cambio Climático	16
1.3 Cambio Climático y sus Consecuencias	19
1.4 Diferentes Posturas para Enfrentar el Problema	23
1.5 Medición de los Impactos Ambientales	25
1.6 Huella Ecológica y HdC	26
1.7 Cuantificación de la Huella del Carbono	27
Capítulo II: De la Ciencia a la Política del Cambio Climático	29
2.1 Introducción	29
2.2 Concientización Global: 1972-1987	30
2.3 Del Panel Intergubernamental a la CMNUCC:1988-2009	33
2.4 Las Conferencias de las Partes: 1995-2009	34
2.5 Los acuerdos de Cancún y Doha: 2010-2014	37
2.6 El Acuerdo de París: 2015-2016	39
2.7 El retiro de Estados Unidos: 2017-2018	41
2.8 La COP23 y el futuro	43
Capítulo III: Determinación de la Huella del Carbono	45
3.1 Introducción	45
3.2 Reducción de emisiones y HdC	46
3.3 Principales cuestionamientos a la HdC	47
3.4 Métodos de-Arriba-hacia-Abajo y de-Abajo-hacia-Arriba	48
3.5 Métodos actuales para el cálculo de la HdC	53
3.6 Avance en el Conocimiento de la HdC	63
3.7 Acuerdos Internacionales sobre la HdC	65
3.8 HdC y Falta de Consenso Internacional	69
Capítulo IV: HdC, Empresas y Competitividad	71
4.1 Introducción	71
4.2 La HdC como Indicador de Gestión	72
4.3 Impactos de la HdC en el Comercio Internacional	74
4.4 La Situación Actual en América Latina	75
4.5 La Situación de la HdC en Chile	82
4.6 HdC y el Sector Minero en Chile	85
4.7 Relación entre Energía y Cambio Climático	88
4.8 Eficiencia Energética, Empresas y HdC	89

Capítulo V: ÁbaCO₂ para Contabilización de Emisiones	93
5.1 Introducción	93
5.2 El ÁbaCO ₂	93
5.3 Relación de Magnitud entre las Metodologías	97
5.4 Aplicaciones de MC3 en Chile	98
 Capítulo VI: El Método AbaniCO₂	101
6.1 Introducción	101
6.2 Los Seis Pasos Básicos	102
6.3 El AbaniCO ₂	104
6.4 Aplicación de AbaniCO ₂	104
6.5 Aplicación del Enfoque Híbrido MC3	115
6.6 Adopción de la Metodología MC3	118
 Capítulo VII: HdC en la Formación de Ingeniería y Ciencias	121
7.1 Introducción	121
7.2 Huella del Carbono en la Academia	121
7.3 Uso de Calculadoras de la HdC	123
7.4 Trabajos que Pueden Desarrollar los Alumnos	126
7.5 Un Curso Formal para Carreras de Ingeniería y Ciencias	128
 Capítulo VIII: Epílogo	131
8.1 Introducción	131
8.2 El Futuro de la HdC	132
8.3 Recomendaciones	134
 Referencias	137

Agradecimientos

Los autores agradecen el trabajo que por varios años han desarrollado alumnos de la Universidad de La Serena (Chile) quienes participaron en diversas investigaciones sobre el tema de la huella del carbono a través de cursos y seminarios, pero en especial en trabajos de Tesis de Titulación, etapa final en formación profesional de ingeniería. Debemos resaltar su esmero, esfuerzo, dedicación, seriedad y valiosa colaboración en la implementación de modelos de estimación de la huella en empresas regionales, validando los aprendizajes teóricos. En estos trabajos mostraron siempre un compromiso claro con el cuidado del medio ambiente y con la gestión sustentable, más allá de los espacios y tiempos estrictamente académicos.

Aunque la lista es extensa, no podemos dejar de mencionar a Luis Arias, Erick Arruez, Luis Serín, Sandra González, Tailin Hsieh, Felipe Peña, Rafael Quezada, Claudia Robledo, y Marcela Rojas. Todos ellos se desempeñan hoy en día en diversos ámbitos de la ingeniería, y esperamos que estén aplicando lo aprendido y comprometido en sus trabajos de Tesis: convencidos de que el cambio climático está aquí, que la gestión sustentable es posible y que la eficiencia energética es indispensable para disminuir las dañinas huellas que dejan nuestras actividades humanas.

Los autores agradecen también a la Dirección de Investigación de la Universidad de La Serena por el apoyo prestado a través del *Concurso de Edición de Monografías y Textos Académicos* (período 2017-2018), al Ministerio de Educación de Chile a través del Convenio de Desempeño Mineduc Inergias, PMI en Eficiencia Energética y Sustentabilidad Ambiental PMI-ULS1401, y a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica CONICYT a través del proyecto Anillo ACM170005 del Programa de Investigación Asociativa titulado *Tailings & Sea Water: From End-of-Pipe Toward Cleaner Production*. Temas relacionados con la HdC como los tratados en esta obra constituyen uno de los temas de este último proyecto.

Finalmente, expresamos un agradecimiento póstumo al reconocido biólogo marino español Juan Luis Doménech, un referente internacional sobre el tema de la huella del carbono y fallecido tempranamente el 21 de abril de 2012 a los 56 años de edad. Juan Luis Doménech, junto

a Adolfo Carballo Penella, Profesor de la Universidad de Santiago de Compostela y autor del prólogo de este libro, han propuesto y promovido en el mundo el marco metodológico llamado *Método Compuesto de las Cuentas Contables* (MC3) para el cálculo de la huella del carbono. Ambos investigadores han sido generosos colaboradores y orientadores de nuestros proyectos sobre el tema de esta obra, desde sus inicios.

César A. Espíndola

José O. Valderrama

Prólogo

A lo largo de la historia, los humanos hemos alcanzado logros que nos han permitido mejorar notablemente nuestra calidad de vida. Esos logros han sido, mayoritariamente, alcanzados sin tener en cuenta el impacto de nuestras actividades en el planeta que nos acoge. Así, a diferencia del resto de las especies, las actividades que sustentan el estilo de vida de la mayoría de los humanos han contribuido y están contribuyendo al deterioro ambiental de la Tierra, deterioro especialmente intenso en las últimas décadas. Una demanda de recursos naturales creciente, junto con una generación de residuos y emisiones en la misma línea, han contribuido a la alteración y destrucción de ecosistemas, a la desaparición de especies o al aumento de la contaminación.

Una de los fenómenos que caracterizan el estilo vida de los humanos en las últimas décadas es el incremento del consumo de combustibles fósiles, con el consiguiente aumento de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Una mayor cantidad de emisiones junto a la reducción de la superficie forestal del planeta, han contribuido al progresivo aumento de la temperatura media de la Tierra, especialmente a partir de la Revolución Industrial (1760-1840). A pesar el escepticismo de un grupo minoritario de científicos y de algún líder político desinformado, hoy existe un claro consenso sobre la influencia de las actividades humanas en el calentamiento del planeta.

Aunque en las últimas décadas ha aumentado el nivel de concienciación sobre la importancia del cambio climático, no está tan claro que una mayoría de la población sea consciente de que puede contribuir a luchar contra este reto. Por tanto, es necesario destacar que todos somos víctimas de los efectos del cambio climático y que todos podemos poner en marcha acciones para reducirlo. En un contexto donde los líderes globales no parecen responder con la suficiente contundencia y agilidad, las acciones que cada uno de nosotros podamos poner en marcha para reducir las emisiones que generamos pueden desempeñar un papel importante.

Debemos destacar que el aumento de la temperatura del planeta en los términos que se está produciendo incrementa la importancia de determinados problemas medioambientales, como la pérdida de espe-

cies y hábitats o la desaparición de ecosistemas. Este hecho ya debería ser suficiente para que consideremos realizar cambios en nuestro estilo de vida que ayuden a reducir las emisiones que generamos. Pero es solo una parte del problema. Incluso aquellas personas poco sensibles a la situación de las especies con las que compartimos el planeta deben estar alerta ante las amenazas derivadas el cambio climático.

El aumento de la temperatura global pone en peligro la viabilidad del modelo de desarrollo que sostiene el estilo de vida de millones humanos y que, curiosamente suele ser defendido férreamente por aquellas personas que conceden poca importancia al cambio climático. Las consecuencias negativas del cambio climático afectan directamente a la salud de los humanos. Cuestiones como el aumento de la temperatura y de la frecuencia, intensidad y duración de fenómenos meteorológicos extremos, así como el aumento de los niveles de contaminación atmosférica propician miles de muertes cada año.

Actividades económicas como agricultura, pesca, silvicultura, transporte y energía están ya viéndose afectadas por el cambio climático. Plagas, sequías, inundaciones y otros fenómenos meteorológicos extremos derivados del aumento de la temperatura del planeta disminuyen los rendimientos de las cosechas. Los cambios en la temperatura de los océanos alteran los ecosistemas marinos, lo que afecta a los rendimientos pesqueros.

Al mismo tiempo, la escasez de recursos agrícolas y pesqueros, junto con la falta de agua dulce en algunas zonas del planeta, son factores que podrían intensificar los conflictos por esos recursos e incrementar los problemas de hambre, que ya padece una parte de la población humana. La menor disponibilidad de agua, los daños causados por el viento, y el aumento de los incendios forestales, debido a sequías y altas temperaturas, son consecuencias del cambio climático que afectarán al rendimiento de la silvicultura.

Por otro lado, sectores como el turismo de playa y esquí se verían afectados por el incremento del nivel de las aguas de los océanos y la consiguiente inundación de las costas de muchos países, la escasez de agua dulce o la falta de nieve. El atractivo turístico de países donde estas actividades son relevantes puede verse afectado, con las consiguientes pérdidas económicas.

La mayor intensidad y frecuencia de precipitaciones, inundaciones, sequías, heladas, nevadas, corrimientos de tierras e incendios fores-

tales provocarán también daños en edificios e infraestructuras, impactando, además de en la vida de las personas víctimas de esos fenómenos, en los sectores de seguros y servicios financieros. Otros problemas de naturaleza social se relacionan con el aumento del número de refugiados ambientales, los problemas de encontrar un lugar para personas asentadas en zonas inundadas o aumento de conflictos por la escasez de agua.

Todos podemos contribuir al diseño de estrategias orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que generamos. El éxito de estas estrategias depende, en parte, de la cuantificación veraz y precisa de los resultados de las medidas adoptadas. En este contexto, son necesarios indicadores precisos que contribuyan a esta labor.

La huella del carbono es uno de los indicadores más exitosos orientados a cuantificar emisiones de gases de efecto invernadero. Se trata de un indicador, relativamente reciente, pero sobre el que existe una abundante literatura producida, mayoritariamente, en los últimos diez años. La existencia de diferentes definiciones, metodologías y enfoques hacen necesario el desarrollo de trabajos que analicen, expliquen y difundan un concepto simple y, al mismo tiempo, complejo.

El libro que tiene en sus manos, escrito por los académicos universitarios e investigadores César A. Espíndola y José O. Valderrama, responde, por tanto, a una necesidad no cubierta para una buena parte de la población del planeta, que todavía desconoce el indicador y sus características. Al mismo tiempo, la obra busca promover la aplicación del indicador HdC en un contexto en particular, el Latinoamericano, donde su aplicación está en las fases iniciales.

Los capítulos 1 y 2 sitúan al lector en el contexto en el que la huella del carbono es un indicador útil. El capítulo 1 introduce el tema a desarrollar, destacando la importancia del cambio climático y su relación con la huella del carbono. El capítulo 2 destaca los principales acuerdos globales en los que se ha tratado de limitar los efectos del cambio climático.

Los capítulos 3 al 6 profundizan en el indicador estudiado. El capítulo 3 presenta el concepto de huella del carbono. El capítulo 4 analiza el papel de la huella del carbono en el contexto empresarial y su impacto en la competitividad de las empresas. El capítulo 5 incide en las cuestiones relativas a la contabilización de las emisiones y en aplicaciones del indicador en Chile. El capítulo 6 se centra en el desarrollo de una pro-

puesta metodológica para el cálculo de la huella del carbono, el método AbaniCO₂, incluyendo información de otro método, el MC3. Finalmente, el capítulo 7 analiza la inclusión del concepto huella del carbono en la formación de ingenieros.

La contribución al cambio climático ha sido desigual y son los habitantes de los países más industrializados los que más han contribuido al aumento de la temperatura global. En todo caso, se trata de un fenómeno global porque nos afecta a todos y porque todos podemos aportar para limitar sus efectos. Estoy convencido de que este libro contribuirá a avanzar en esta tarea.

Adolfo Carballo Penela
Universidad de Santiago de Compostela
España

Capítulo I

El Cambio Climático y la Huella del Carbono

1.1 Introducción

El cambio climático es un fenómeno que está teniendo lugar en la actualidad y representa una de las amenazas ambientales, sociales y económicas más importantes que afectan al planeta (Fei et al., 2017; Lobell y Asseng, 2017). El cambio climático se puede definir como el cambio significativo y duradero de patrones locales y globales del clima, ocasionado por razones naturales (variaciones en la energía que se recibe del sol, erupciones volcánicas, cambios en la circulación oceánica, procesos biológicos) o causado por los seres humanos (emisión de gases, alteración del uso del suelo, deforestación). Estos cambios producen finalmente lo que se denomina calentamiento global, manifestado por el aumento de la temperatura de la atmósfera terrestre que se ha estado observando desde finales del siglo XIX. Hay consenso general de que la causa principal del calentamiento es el aumento de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera que resultan de las actividades humanas masivas como son la quema de combustibles fósiles. En resumen, el cambio climático es consecuencia de una externalidad negativa mundial en la que diversas actividades económicas emiten GEI a la atmósfera, sin costo económico alguno, sustancias que ocasionan el cambio climático (Stern, 2007).

Desde hace ya unos años que la cuantificación de las emisiones de GEI es una forma de participar en la agenda de sostenibilidad, aunque la relación GEI con cambio climático ha sido más resistida y más lenta en la práctica (Burritt y Tingey-Holyoak, 2012). En casi todos los países del mundo se han emprendido iniciativas para cuantificar los efectos de los GEI, principales causantes del cambio climático y del calentamiento global, siendo la huella del carbono (HdC) el concepto que concentra la mayor atención desde el punto de vista de las empresas, fundamentalmente porque su utilización se ha traducido en un importante factor de competitividad y acceso a los mercados (Hertwich y Peters, 2009; Schneider y Samaniego, 2009). La HdC es un indicador de las emisiones de GEI expresadas en CO₂ equivalentes (CO₂eq) y ha alcanzado rele-

vancia y masificación, desarrollándose diversas metodologías para su medición (Valderrama, et al., 2011; Mondejar, et al., 2011). Y aunque no existe aún consenso absoluto sobre la definición conceptual de HdC dentro de la comunidad científica el concepto se ha ido introduciendo fuertemente en la investigación académica y en la aplicación y uso en la industria (Wiedmann y Minx, 2008). Es por esta razón que a través de las distintas secciones del libro iremos descubriendo y analizando desde diversas perspectivas aquellos elementos que determinan la relación entre la HdC y el cambio climático, y que en gran medida condicionan los diversos niveles de responsabilidad de empresas, consumidores y organismos gubernamentales frente a este fenómeno.

En el ámbito específico de la HdC se observa en latinoamérica, y en general en países en vías de desarrollo, un déficit en cantidad y calidad de información y antecedentes que permitan establecer una posición clara y definida frente a la necesaria mitigación del cambio climático. Esto impide o limita la participación de estos países en foros internacionales que están discutiendo el tema (Tapia et al., 2013). En este sentido, parece relevante abordar desde latinoamérica procesos de investigación destinados a resolver interrogantes que dejan los distintos enfoques metodológicos de cálculo de la HdC, analizando y simplificando la información, para la mejor toma de decisiones en el ámbito de la gestión empresarial. Los estudios deben estar enfocados a facilitar los conceptos de adopción y explotación, en un marco de aprendizaje individual y organizacional que conduzcan la movilización a gran escala del tejido empresarial hacia la adopción global de la gestión del carbono y de su principal parámetro, la HdC (Crossan, 1999; Tornatzky, 1982).

1.2 Efecto Invernadero y Cambio Climático

El efecto invernadero se origina porque la energía que llega del sol está formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmósfera, sin mucha resistencia. La energía remitida hacia el exterior, desde la tierra está formada por ondas de frecuencias más bajas, y es absorbida por los gases, produciendo el efecto invernadero. Esta retención de la energía hace que la temperatura aumente. En forma simple el efecto invernadero provoca que la energía que llega a la tierra sea devuelta más lentamente, por lo que es mantenida más tiempo junto a la superficie, elevando la temperatura (Bolin et al., 1986).

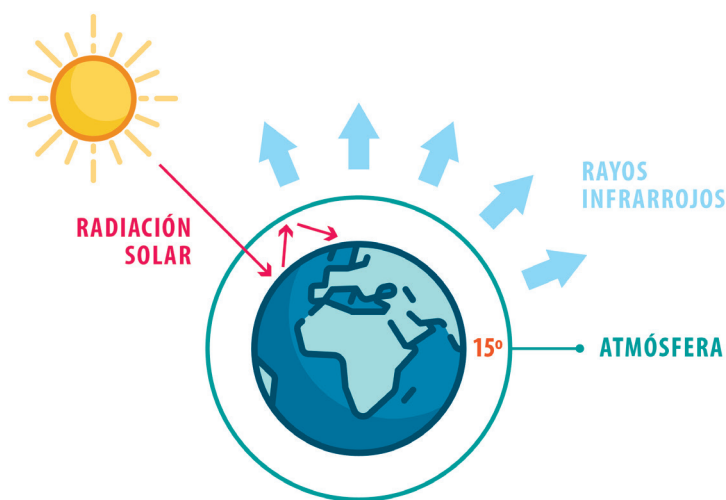


Figura 1.1: Efecto invernadero

El rápido incremento de la temperatura global es producto del efecto invernadero, debido a la liberación de GEI de origen antropogénico a la atmósfera. No todos los GEI tienen la misma capacidad de provocar calentamiento global, pero su intensidad depende de su poder de radiación y el tiempo promedio que la molécula del gas permanece en la atmósfera. Si estos dos factores se consideran juntos, al promedio de calentamiento que pueden causar, se le conoce como Potencial de Calentamiento Global (PCG), el cual es obtenido matemáticamente y es expresado en relación con el nivel de calentamiento que produce el CO_2 . El PCG tiene por unidad al dióxido de carbono equivalente (CO_2eq), ver Tabla 1.1.

Hay consenso general de que a mayor concentración de GEI se producirá mayor aumento en la temperatura en la tierra denominado popularmente como *calentamiento global*. A partir del año 1979 los científicos comenzaron a afirmar que un aumento al doble en la concentración del CO_2 en la atmósfera supondría un calentamiento medio de la superficie de la Tierra de entre 1.5 y 4.5 °C. Estudios más recientes sugieren que el calentamiento se produciría más rápido sobre tierra firme que sobre los mares. Al principio los océanos más fríos tenderán a absorber gran parte del calor adicional retrasando el calentamiento de la

atmósfera. Sólo cuando los océanos lleguen a un nivel de equilibrio con los más altos niveles de CO_2 se producirá el calentamiento final.

Como consecuencia del retraso del efecto de los gases en la temperatura de los océanos más fríos, los científicos no esperan que la Tierra se caliente más de 4 °C como se había previsto hace un tiempo, incluso si el nivel de CO_2 subiera a más del doble y se añadieran otros gases con efecto invernadero. En la actualidad el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), creado en 1988 para que facilitara evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, predice un calentamiento de 1.0 a 3.5 °C para el año 2100 (IPCC, 2011). Coincidente con esto, un estudio de la Universidad de Washington publicado a mediados del 2017 en la revista británica *Nature Climate Change* indican que la tierra se calentará más de 2 grados centígrados durante este siglo (Raftery et al., 2017).

Tabla 1.1: Potenciales de contribución al calentamiento global, relativos al CO_2 , al que se asigna valor 1 (Adaptada de BSI, 2008)

Dióxido de C	CO_2	1
Metano	CH_4	25
Óxido Nitroso	N_2O	298
Sustancias controladas (Protocolo de Montreal)		
CFC-11	CCl_3F	4.75
CFC-12	CCl_2F_2	10.90
CFC-13	CClF_3	14.40
CFC-113	$\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$	6.13
CFC-114	$\text{CClF}_2\text{CClF}_2$	10.00
CFC-115	CClF_2CF_3	7.37
Halon-1301	CBrClF_2	7.14
Halon-1211	CBrClF_2	1.89
Halon-2402	$\text{CBrF}_2\text{CBrF}_2$	1.64
Tetracloruro de carbono	CCl_4	1.40
Bromuro de Metilo	CH_3Br	5

Compuestos perfluorados		
PFC-14	CF_4	7.39
PFC-116	C_2F_6	12.20
PFC-218	C_3F_8	8.83
PFC-318	$\text{c-C}_4\text{F}_8$	10.30
PFC-3-1-10	C_4F_{10}	8.86
PFC-4-1-12	C_5F_{12}	9.16
PFC-5-1-14	C_6F_{14}	9.30
PCF-9-1-18	$\text{C}_{10}\text{F}_{18}$	>7.50
Tetrafluoruro de nitrógeno	NF_3	17.20
Hexafluoruro de azufre	SF_6	22.80
Trifluorometil pentafluoruro de S	SF_5CF_3	17.7
Éteres fluorados		
HFE-125	CHF_2OCF_3	14.90
HFE-134	$\text{CHF}_2\text{OCHF}_2$	6.32

Tabla 1.1 (continuación)

Metil Cloro- formo	CH ₃ CCl ₃	146	HFE-143a	CH ₃ OCF ₃	756
HdCFC-22	CH ₂ ClF	1.81	HdCFE-235da2	CHF ₂ OCH ₂ ClCF ₃	350
Hd- CFC-123	CH ₂ Cl ₂ CF ₃	77	HFE-245cb2	CH ₃ OCF ₂ CHF ₂	708
Hd- CFC-124	CH ₂ ClF ₂ CF ₃	609	HFE-245fa2	CHF ₂ OCH ₂ CF ₃	659
Hd- CFC-141b	CH ₃ CCl ₂ F	725	HFE-254cb2	CH ₃ OCF ₂ CHF ₂	359
Hd- CFC-142b	CH ₃ CClF ₂	2.31	HFE-347mcc3	CH ₃ OCF ₂ CF ₂ CF ₃	575
Hd- CFC-225ca	CH ₂ Cl ₂ CF ₂ CF ₃	122	HFE-347pcf2	CHF ₂ CF ₂ OCH ₂ CF ₃	580
Hd- CFC-225cb	CH ₂ ClF ₂ CF ₂ CF ₃	595	HFE-356pcc3	CH ₃ OCF ₂ CF ₂ CHF ₂	110
HFC-23	CHF ₃	14.80	HFE-449sl (HFE-7100)	C ₄ F ₉ OCH ₃	297
HFC-32	CH ₂ F ₂	675	HFE-569sf2 (HFE-7200)	C ₄ F ₉ OC ₂ H ₅	59
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	3.50	HFE-43-10- pccc124 (H- Gal- den 1040x)	CHF ₂ OCF ₂ OC ₂ F ₄ O- CHF ₂	1.87
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1.43	HFE-236ca12 (HG-10)	CH ₂ OCF ₂ OCHF ₂	2.80
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	4.47	HFE-338pcc13 (HG-01)	CHF ₂ OCF ₂ CF ₂ O- CHF ₂	1.50
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	124	Perfluoropolieters		
HFC-227ea	CF ₃ CH ₂ CF ₃	3.22	PFPME CF ₃ OCF(CF ₃)CF ₂ OCF ₂ OCF ₃		10.3
HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	9.81	Hidrocarburos compuestos		
HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	1.03	Dimetileter	CH ₃ OCH ₃	1
HFC- 365mfc	CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃	794	Cloruro de metileno	CH ₂ Cl ₂	8,7
HFC-43- 10mee	CF ₃ CH ₂ CH ₂ CF ₃	1.64	Cloruro de metilo	CH ₃ Cl	13
Compuestos perfluorados					
PFC-14	CF ₄	7.39			
PFC-116	C ₂ F ₆	12.20			

1.3 Cambio Climático y sus consecuencias

Un número creciente de grupos sociales, empresariales y políticos de los más diversos países y una parte importante de la comunidad científica están convencidos de que el cambio climático es originado por las actividades humanas y que constituye, por lo tanto, uno de los mayo-

res desafíos ambientales que se pudiera interponer en el camino hacia el desarrollo sustentable en el presente siglo (WRI, 2004). Así también, es ampliamente aceptado que la causa de dicho fenómeno se encontraría en las altas concentraciones atmosféricas de los llamados GEI producidos por actividades industriales y domésticas (IPCC, 2007)

El Grupo Intergubernamental IPCC perteneciente al Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas y la Organización Mundial Meteorológica, ha indicado que el riesgo del cambio climático es severo y que su impacto aumentará notablemente con un incremento de las temperaturas en 2°C por encima de las registradas en la época preindustrial (EPA, 2011). Los GEI, definidos en el protocolo de Kioto el año 1997, formarían una capa permanente en la parte media de la atmósfera que impide que toda la radiación solar que es devuelta por la tierra pueda salir, provocando con ello que la temperatura bajo la capa aumente.

Aparte de ser un problema ambiental, el cambio climático constituye un problema de desarrollo, con profundos impactos potenciales en la sociedad, la economía y los ecosistemas (Stern, 2006; Pandey et al., 2010). Esto ha llevado a gobiernos e instituciones internacionales a implementar una serie de acciones, tales como la creación de organismos nacionales e internacionales preocupados del tema, la definición de procesos y espacios de reflexión, la creación de herramientas de transferencia tecnológica y financiera, que ayuden a la mitigación de emisiones de GEI y a la formulación de métodos para cuantificar los efectos de dichos gases (WRI, 2004; WBCSD, 2004). El cambio climático es una realidad incluso para los más escépticos. La Tabla 1.2 muestra los cambios que se han observado durante los últimos años en el clima mundial y que ha tenido nefastas repercusiones.

Tabla 1.2: Cambios ambientales en diversas partes del mundo durante los últimos años

Días y noches más frías o más calientes
Ondas de calor
Frentes fríos
Aumento de lluvias
Extensas Sequías
Nevadas
Tornados y ciclones
Cambio en el nivel del mar
Desprendimiento de glaciares

Existe consenso en el orden global respecto a que se deben estabilizar las condiciones climáticas para evitar que el aumento de temperatura no supere los 2° C para el año 2050. Esto implica reducir el flujo anual de emisiones de gases de 45.4 GtCO₂eq (giga toneladas de dióxido de carbono equivalente) a 20 GtCO₂eq (Hepburn y Stern, 2008). Considerando el incremento de la población mundial, que es del orden de siete mil millones de habitantes en la actualidad y con una estimación de alrededor de nueve mil millones para el año 2050, se hace necesario reducir las emisiones de un poco menos de siete toneladas per cápita a dos toneladas per cápita para 2050 (PNUMA, 2013).

También se espera un importante crecimiento económico asociado a un incremento del consumo de energía. Los costos económicos de esta transformación productiva para disminuir las emisiones a la meta de dos ton per cápita para el año 2050 oscilan entre un 0.15% y un 1.0% del producto interno bruto actual de América Latina y el Caribe, situación que depende de la meta propuesta (Vergara, et al., 2013). Estas proyecciones de costos, han significado un importante estímulo en el sector privado para adscribir a políticas ambientales corporativas.

En los países desarrollados las empresas están teniendo un papel cada vez más relevante en la realización de acciones para atender los desafíos del cambio climático, expresadas principalmente en la inclusión de factores sociales y ambientales en sus estrategias y modelos de negocios, especialmente para demostrar su compromiso con el desarrollo sustentable. Por otra parte, América Latina ya está sufriendo los efectos directos del calentamiento global, aun cuando, por su patrón productivo, la participación de la región en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero ha sido pequeña (Samaniego y Galindo, 2014; Frohmann y Olmos, 2013).

Un efecto indirecto ha llegado a través del comercio internacional y la preocupación de los consumidores de los países desarrollados, cuya sensibilidad por las emisiones generadas en la producción de los bienes que consumen, especialmente de alimentos, es más significativa. En varios países los alimentos ya están siendo rotulados dando un valor numérico a la HdC de los productos. Una de las empresas que más apoya el etiquetado es TESCO, una multinacional británica del área de alimentos. La Figura 1.2 muestra ejemplos de rotulado en envases de jugo de frutas y de leche larga vida.



Fig. 1.2: Etiquetado de HdC en alimentos

Para los estados latinoamericanos, emprender y apoyar iniciativas de medición de la HdC en los sectores productivos es un bien público. Por un lado, éstas contribuyen directamente a la reducción de emisiones de GEI impulsando la implementación de políticas públicas de desarrollo sustentable. Por otro lado, estas iniciativas sirven como incentivo para comprometer a los empresarios con dichas políticas (Frohmann y Olmos, 2013).

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el año 2011 las emisiones mundiales de GEI alcanzaron las 46 GtCO₂eq, con una tasa media de crecimiento anual del 1.5% en el periodo 1990-2011. En este contexto, las emisiones de América Latina y el Caribe representan el 9% de las emisiones mundiales (4 GtCO₂eq), con una tasa de crecimiento media anual del 0.6% en el mismo periodo, en una zona donde las emisiones por regiones y países son muy heterogéneas. América Latina y el Caribe por lo tanto tiene una condición que denominaremos *asimétrica*: su contribución al total de emisiones de gases de efecto invernadero es baja, pero es una región altamente vulnerable a los efectos del cambio climático (Samaniego y Galindo, 2014).

Los principales impactos del cambio climático, manifestado en los cambios mostrados en la Tabla 1.2 se observan en las actividades agropecuarias, los recursos hídricos, la biodiversidad, los bosques y las actividades turísticas. En la literatura se cuenta con diversas estimaciones preliminares para los costos económicos del cambio climático los

que para Latinoamérica con una alta incertidumbre los ubican en entre el 1.5% y el 5.0% del PIB regional actual, ante un aumento de temperatura de 2.5 °C, superior al umbral de seguridad climática, que muy probablemente tendría lugar poco después de 2050. Se estima además que los costos económicos de las medidas de adaptación se ubicarían entre 0.5% y 1.0% del PIB regional, siendo los más elevados los vinculados a infraestructura, zonas costeras, y agricultura y a los eventos climáticos extremos. Estos costos difieren entre países, sectores y regiones geográficas (CEPAL, 2015).

En este contexto, el cambio climático representa un desafío adicional para el desarrollo económico de los países de América Latina y el Caribe por la relevancia del esfuerzo simultáneo que implica solventar los costos económicos, sociales y ambientales de sus impactos. Entre estos se debe enfrentar modificaciones estructurales y temporales para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas y se debe asumir costos asociados a los procesos de mitigación de emisiones de GEI. A estos costos se deben sumar los derivados del cambio en las condiciones de intercambio en el comercio internacional y cuyo principal impacto radica en la competitividad de la producción latino americana, producto del cambio en los patrones de producción y de consumo. Por lo tanto, no se trata solo del control de las emisiones, sino que el cambio climático demandará la construcción de un nuevo estilo de desarrollo (CEPAL 2015).

1.4 Diferentes Posturas para Enfrentar el Problema

Más allá de las expectativas de avance en la problemática global, los países de América Latina y el Caribe, potentes en biodiversidad y muy vulnerables a los desastres naturales asociados al Cambio Climático, han ratificado su adscripción al desarrollo de acciones para la reducción de emisiones de GEI en el futuro inmediato. Sin embargo, no logran conciliar una postura común frente al cambio climático, y se presentan en los foros internacionales con propuestas por grupos, así como con énfasis particulares nacionales. Este actuar ratifica la divergencia de sus miradas frente a la problemática y a las formas de abordarla, desde el punto de vista político y de sus implicancias en las acciones de reducción. La Tabla 1.3 resume las diferentes posturas de los países latinoamericanos frente al cambio climático.

En paralelo a la discusión que se daba en los foros multilaterales, surgían los primeros esfuerzos desde la academia por establecer medidas para la determinación de los impactos ambientales generados por las acciones del hombre. En realidad, el desarrollo de indicadores ambientales y de desarrollo sostenible, se inicia a finales de la década de los 80 en Canadá y algunos países de Europa. En la década del 90, existía una tendencia favorable a la elaboración de un indicador general, con capacidad para capturar las cuestiones más relevantes con respecto del desarrollo sostenible (Moffat et al., 2001). Hoy en día la situación es más heterogénea.

Tabla 1.3: Diferentes posturas de los países Latinoamericanos frente al cambio climático (con datos de Cazorla y Gastor, 2015; ConexiónCop, 2015).

Asociación Independiente de América Latina y el Caribe (AILAC)	Se constituyó como grupo formal de negociación en la COP18 de Doha el 2012 y está integrado por Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Panamá, Perú y Paraguay. Su visión se basa en que es posible conciliar el desarrollo con una reducción significativa de las emisiones de GEI. Siempre han sido favorables a los mecanismos de mercado como forma de afrontar el cambio climático. Apuestan por el incremento de los Mecanismos de Desarrollo Limpio y los proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques.
Brasil y BASIC	Es un negociador de considerable peso dentro de las cumbres climáticas. Forma parte del grupo BASIC junto a los países emergentes de China, India y Sudáfrica, aunque a nivel regional es un actor central con entidad propia. Sus emisiones de GEI, junto a las de México, representan más de la mitad de las emitidas en América Latina y el Caribe.
México y AILAC	Es otro de los actores significativos de la región y ha asumido un papel de mediación entre los países desarrollados y los países en desarrollo. Mantiene una posición de afinidad con el AILAC, aunque pertenece al Grupo de Integridad Ambiental del que también son miembros Suiza, Corea del Sur, Mónaco y Liechtenstein. Suya fue la propuesta, aprobada en la COP16 de Cancún en 2010, de crear un Fondo Verde para el Clima que intenta asegurar para los países en desarrollo el acceso a fondos financieros con el fin de que puedan afrontar su adaptación frente al cambio climático. Hasta el momento el Fondo tiene recaudados más de 10.000 millones de dólares.

Tabla 1.3 (continuación)

Alianza Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América (ALBA)	En este grupo destacan Venezuela, Bolivia, Ecuador, Cuba y Nicaragua. Argumentan sobre la responsabilidad histórica de los países desarrollados y de su falta de voluntad para llegar a un acuerdo global, basándose en el Principio de Responsabilidades Comunes pero Diferenciadas. Para este bloque la distinción entre países desarrollados y países en desarrollo es fundamental, ya que consideran que los compromisos adoptados por los países del Sur Global no deben obstaculizar su derecho al desarrollo. Critican los mercados de carbono como mecanismos adecuados para frenar el calentamiento global.
Alianza de Pequeños Estados Insulares (AOSIS)	Son los países más vulnerables del planeta frente al cambio climático. La elevación del nivel del mar podría suponer la desaparición física del territorio de algunos de ellos. Este grupo está conformado por 39 países insulares, de los cuales 16 pertenecen a la región de América Latina y el Caribe como Jamaica, Bahamas, Haití y República Dominicana, entre otros. Dada su extrema vulnerabilidad, su posicionamiento es de los más ambiciosos. Como bloque demandaron una moratoria mundial a las nuevas minas de carbón. Exigen que el aumento de la temperatura global sea menor a 1,5°C.
Colombia	Plantea la disminución de la deforestación y considera a las áreas protegidas como una solución natural para enfrentar el cambio climático.

1.5 Medición de los impactos ambientales

Entre las opciones para la definición de indicadores, aquellos denominados *indicadores de sostenibilidad fuerte* parecían contar con mayor aceptación dado que estos parten de la integración de los procesos socioeconómicos con los procesos ecológicos, bajo la premisa de que es necesario conservar un capital natural mínimo. La medición de la sostenibilidad debe, por lo tanto, considerar en su determinación el volumen y la forma en que los flujos de recursos materiales y energéticos de alto valor son extraídos del medio ambiente y son devueltos a él en forma de residuos de bajo valor (Jiménez, 2000). La selección del número indicadores a considerar para estudiar la sostenibilidad de un sistema estaba marcada por la existencia de dos objetivos contradictorios: el uso de un mayor número de indicadores permitiría recoger mejor las características de la realidad estudiada, pero a mayor cantidad de indicadores el análisis se hacía poco manejable, dificultando la toma de decisiones (Bermejo, 2001).

Si a esto se agrega la asignación de responsabilidades a las acti-

vidades empresariales en las consecuencias ambientales, se encontraba un ambiente propicio para la adopción de una métrica simple como un referente de los efectos medioambientales de una actividad productiva o de un producto. Además, tanto los consumidores como los proveedores valoran positivamente la capacidad de síntesis de un único indicador, especialmente si son fáciles de comprender (Chambers y Lewis, 2001). La HdC ofreció las bondades deseadas como un indicador simple, comprensible y único de la influencia de las actividades humanas en el medio ambiente y sus efectos sobre el calentamiento global.

Wackernagel y Rees (1996) introducen el concepto de Huella Ecológica (HE) como una manera sencilla de medir la sostenibilidad en una sociedad de consumo, ya que la HE tiene por objeto convertir todos los impactos ambientales antropogénicos en hectáreas de terreno productivo necesarios para producir los recursos consumidos y los residuos generados en un periodo de tiempo determinado (Neumayer, 2004; Mondejár, et al., 2011).

Dentro de este contexto la cantidad de plantación necesaria para la absorción de la cantidad de CO_2 producido por el uso de energías fósiles representa una medición relevante dentro de la evaluación de la HE y constituye la base de lo que conocemos como HdC. Wackernagel y Rees (1996) proponen una tasa representativa de la cantidad de CO_2 que puede absorber una hectárea de bosque, estimada en $6.6 \text{ ton CO}_2/\text{ha/año}$ a partir de estudios referidos a bosques canadienses.

1.6 Huella Ecológica y HdC

El término HdC tendría por lo tanto su raíz en la HE definida por Wackernagel y Rees en 1996 y habría sido establecida por primera vez en el año 2003. Desde ese entonces, habría nacido lo que hoy se conoce como la HdC, indicador de las emisiones de GEI expresadas en CO_2 equivalentes (CO_2eq), alcanzando la relevancia y masificación que hoy se da a este indicador, y desarrollándose diversas metodologías para su medición (Valderrama, et al., 2011; Mondejár, et al., 2011). Sin embargo, aun no existe consenso sobre su definición conceptual dentro de la comunidad científica (Wiedmann y Minx, 2008).

La HdC ha surgido en el dominio público en los últimos años como una descripción bastante general de la emisión de gases de efecto invernadero totales asociados con la actividad humana. La literatura re-

conoce la ausencia de una clara definición que sea comúnmente aceptada (Wiedmann y Minx, 2008). Sin embargo, se encuentran antecedentes de marcos metodológicos utilizados para cálculo de la HdC desde los años 70 del siglo pasado (Daly, 1968; Leontief, 1970; Leontief y Ford, 1971; Victor, 1972). Desde fines de los años 1980 se encuentran en la literatura aplicaciones de la HdC, aunque bajo nombres diferentes (Minx et al., 2010). Desde entonces, el debate sobre la HdC no sólo alcanza a su origen sino también al enfoque metodológico empleado en su análisis. En la academia el tema ha experimentado también un notable desarrollo. Desde unas pocas publicaciones a fines del siglo pasado, la literatura relacionada con la HdC ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, como se observa en la Fig. 1.3 (Valderrama et al., 2011).

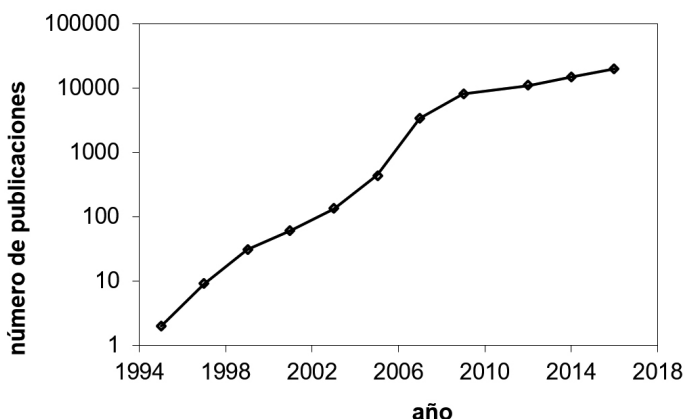


Fig. 1.3: Publicaciones en la literatura internacional relacionados con la HdC (adaptado y actualizado de Valderrama et al., 2011)

1.7 Cuantificación de la Huella del Carbono

A juicio de Carballo et al. (2009) la HdC nace huérfana, sin un concepto claro ni una metodología definida, lo que ha posibilitado que surjan diferentes interpretaciones del indicador. Una de estas diferencias se relaciona con los gases incluidos en el análisis. Algunos estudios optan porque la HdC incluya varios gases de efecto invernadero, expresando la huella del carbono en toneladas equivalentes de CO_2 (Doménech, 2004; CT, 2007; POST 2006; BSI, 2008). Otros prefieren limitarse exclusivamente a un único gas, el CO_2 (Wiedmann y Minx,

2008). Los GEI considerados usualmente son los establecidos en el Protocolo de Kioto del año 1997 y consideran los siguientes: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), hidrocarburos perfluorados (PFC), y hexafluoruro de azufre (SF_6). Esto no significa que no haya otros gases contaminantes, pero éstos son los criterios actuales; incluso hay criterios de cálculo que no consideran todos estos gases, y esto es también parte del debate.

Todos estos asuntos propician que las definiciones de la HdC propuestas difieran sustancialmente. Global Footprint Network, por ejemplo, define la HdC como “*la demanda de biocapacidad precisa para secuestrar, mediante fotosíntesis las emisiones de CO_2 procedentes de la combustión de combustibles fósiles*” (GFN, 2006). La definición de Carbon Trust es mucho más amplia, al definir la HdC como “*las emisiones totales de gases de efecto invernadero en toneladas equivalentes de un producto a lo largo de su ciclo de vida desde la producción de las materias primas empleadas en su producción, incluida la eliminación del producto acabado*” (CT, 2007). Para la aplicación de la HdC a las empresas, algunos estudios recomiendan que la HdC de bienes y servicios se limite a la estimación de las emisiones directas realizadas por la empresa que los produce.

En otros casos, se consideran también las generadas indirectamente, considerando las emisiones producidas en la cadena de proveedores de los que se abastece la empresa para obtener sus insumos (Wiedmann y Minx, 2008). Como se mencionó, uno de los principales obstáculos para avanzar en la implantación de la HdC como parámetro de medición del nivel de contaminación de un proceso productivo, de un producto o de un servicio, es la incertidumbre respecto a su cálculo y la discusión sobre los factores que deben considerarse en su determinación.

Las diversas interpretaciones del concepto de HdC ha llevado al desarrollo de metodologías de cálculo muy diferentes, situación que genera controversia frente a un índice que ya goza de bastante popularidad (Carballo et al., 2009). Algunos autores sostienen que una *huella*, por el significado del concepto, debe abarcar todos los efectos que deja tras de sí una actividad. En el caso de una HdC, debe incluir todas las emisiones de GEI que se pueden asociar directa e indirectamente con una actividad, y por lo tanto, el análisis debe abarcar todo el ciclo de vida de un producto o servicio, desde las materias primas e insumos hasta el producto o servicio final.

Capítulo II

De la Ciencia a la Política del Cambio Climático

2.1 Introducción

Los primeros registros sobre una visión holística entre las acciones de los seres humanos y las consecuencias en los ecosistemas del planeta se publicaron en 1864 por George Perkins, diplomático y filólogo estadounidense, considerado por algunos como el primer ecologista de Estados Unidos. En su trabajo se expresa la interdependencia de nuestras relaciones sociales y el ambiente (Guerra, 2007). El Cambio Climático de origen antropogénico, es un tema de larga discusión en la agenda científica y que tiene más de cien años de antigüedad (Soto y Quiñones, 2013), como antecedente de aquello se puede mencionar, el registro de los primeros indicios del incremento del CO₂ en la tierra publicado por Guy S. Callendar en el año 1938 (Doménech, 2007). Sin embargo, sólo a contar de la segunda mitad del siglo veinte, y posterior a los estudios realizados por Charles Keeling en 1957, se logró comprobar que el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera era real desde la revolución industrial en adelante (Schoijet, 2008).

Luego, en el año 1962, Rachel Carson, bióloga marina y conservacionista estadounidense, publica “*Primavera Silenciosa*” (Fig. 2.1), obra que causa un impacto sin precedentes en la sociedad norteamericana, evidenciando el deterioro y el riesgo de la biodiversidad por la utilización indiscriminada de pesticidas sintéticos, en especial el DDT (diclorodifenil-tricloroetano), y hace un llamado para crear nuevas políticas que protejan la salud humana y el ambiente. Éste puede considerarse un hito importante en cuanto a la asignación de responsabilidades por deterioro ambiental a las actividades empresariales y sus impactos en los consumidores (Guerra, 2007). Carson, a través de su libro, contribuyó a la puesta en marcha de la moderna conciencia ambiental.

Durante los años 1970 y 1971 se publican dos importantes estudios: *Study of Critical Environmental Problems* y *Study on Man's Impact on Climate*. Estas obras colectivas fueron el resultado de reuniones de científicos del Massachusetts Institute of Technology (MIT) y de la Academia Sueca de Ciencias, y desempeñaron un importante papel para



Fig. 2.1: El libro *Primavera Silenciosa* de Rachel Carson publicado el año 1962 y su reedición posterior en español.

la inclusión del Cambio Climático en la agenda ambiental internacional. Estos estudios hacen mención de las serias consecuencias que ha traído el incremento del CO_2 desde la revolución industrial. Además, sostienen que es probable que en el siglo XX ocurran grandes cambios climáticos y hacen un llamado a seguir investigando ya que los cambios potenciales en el futuro pueden ser aún más importantes (Antal, 2004).

2.2 Concientización Global: 1972-1987

La concientización respecto de una crisis ambiental global se incorpora a la agenda de la política mundial sólo a partir del año 1972 con la realización de la Conferencia sobre Medio Ambiente Humano de Estocolmo, convocada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Esta conferencia marcó un hito especial sobre el tema de nuestro medio ambiente ya que permitió reconocer a la crisis ambiental como un problema real y de orden global, donde cada una de sus variables (contaminación, agotamiento de los recursos naturales, pérdida de la biodiversidad, cambio climático, agujero de ozono y explosión demográfica) no sólo se estudiarían en su especificidad y en sus interrelaciones, sino que además se deberían lograr acuerdos internacionales relacionados con la superación de esta problemática (Estenssoro, 2010). Se crea, entonces, el Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA) que dio lugar a una serie de conferencias científicas sobre el tema, a fin

de discutir las variaciones climáticas y profundizar sobre la existencia de posibles consecuencias severas del cambio climático.

Siete años más tarde, en el año 1979, se desarrolló la primera Conferencia Mundial sobre Cambio Climático convocada por la ONU, con el objetivo de comenzar a tratar la temática del Calentamiento Global. En mayo de 1981, el Consejo de Administración del PNUMA emprendió negociaciones para un convenio marco mundial para la protección de la capa de ozono.

En el año 1983, tuvo lugar la creación de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo por parte de Naciones Unidas. En abril de 1987, la Comisión presentó un informe titulado *Nuestro Futuro Común* (más comúnmente denominado *Informe Brundtland* por el nombre de la Presidenta de la Comisión, Gro Harlem Brundtland, por entonces Primer Ministro de Noruega). El mensaje principal del informe decía relación con que no puede haber un crecimiento económico sostenido sin un medio ambiente sostenible, por lo que plantea la necesidad de elevar el desarrollo sostenible a la categoría de ética global en que la protección del medio ambiente se reconozca como el cimiento sobre el que descansa el desarrollo económico y social de largo plazo.

Según la Comisión, los enfoques antiguos del desarrollo y de la protección del medio ambiente aumentarían la inestabilidad social y ambiental. Tampoco cambiaría el mundo real de los sistemas económicos y ecológicos, mutuamente relacionados, por lo que recomienda entonces, cambiar las políticas e instituciones interesadas. Tomando nota de que la mayor parte de los organismos que se ocupan del medio ambiente fueron creados para reparar los daños causados por otros ministerios gubernamentales ocupados, principalmente, del crecimiento económico y de la producción, la Comisión afirmó que “*los encargados de administrar los recursos naturales y de proteger el medio ambiente están institucionalmente separados de los responsables de la economía*”.

Se consideró que uno de los grandes fallos institucionales al afrontar problemas ambientales y de desarrollo, era el hecho de que los gobiernos no pudieran responsabilizar a los órganos cuyas medidas políticas degradaban el medio ambiente para asegurar que sus políticas evitaran dicha degradación. Además, con este informe (Fig. 2.2), se hace conocido mundialmente el concepto de desarrollo sostenible que invita a “*satisfacer las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras*” (ONU, 1987).

Este hecho marca la incorporación y asignación de una especial preocupación en la agenda política por el cambio climático, llegándose posteriormente a recomendar en la Conferencia Mundial sobre Atmósfera Cambiante, en Toronto, el año 1988, la reducción de las emisiones de CO₂, para el año 2005, en un 20% respecto a las de aquel año. Las reuniones abordaron tanto temas científicos como políticos y convocaron a la acción a nivel mundial y global, realizándose varias importantes reuniones en los años inmediatamente siguientes.



Fig. 2.2: Gro Harlem Brundtland, Presidenta de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo y el Informe de 1987 (Adaptado de goo.gl/B7pFC8 y goo.gl/BMjHC)

Los eventos clave fueron la Conferencia Villach (Austria) en octubre 1985, la de Toronto (Canadá) en junio de 1988, la de Ottawa (Canadá) en febrero de 1989, la de Tata (Hungría) en febrero 1989, la Conferencia y Declaración de La Haya (Holanda) en marzo 1989, la Conferencia Ministerial de Noordwijk (Holanda) en noviembre de 1989, el Acuerdo de El Cairo (Egipto) en diciembre 1989, la Conferencia de Bergen (Noruega) en mayo de 1990, y la Segunda Conferencia del Clima en Ginebra (Suiza) en noviembre de 1990.

De este grupo de iniciativas destacan la conferencia científica en Villach y Bellagio (Italia) el año 1985, y la convención de Viena (Austria) para la protección de la capa de ozono. La Conferencia de Villach subraya la necesidad de incrementar la eficiencia energética e insiste en sustituir los combustibles fósiles por los renovables. Sin embargo, en ese periodo la prioridad política internacional era aún la adopción de un protocolo para la protección de la capa de ozono.

En marzo de 1985 se adoptó el Convenio de Viena, en el cual las Naciones convinieron en: *“adoptar medidas apropiadas para proteger la*

salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos resultantes o que puedan resultar de las actividades humanas que modifiquen o puedan modificar la capa de ozono”. El Convenio de Viena entró en vigor el 22 de septiembre de 1988 logrando su ratificación por todos los miembros de las Naciones Unidas (Vega, 2010).

2.3 Del Panel Intergubernamental a la CMNUCC: 1988-2009

También en 1988, se crea el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por su sigla en Inglés), comisión creada por la Organización Meteorológica Mundial y por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, cuyo objetivo es evaluar periódicamente el fenómeno del cambio climático y sus consecuencias (Estenssoro, 2010; UNFCCC, 2013). Por lo tanto, la transición del cambio climático desde el campo de la ciencia a un asunto también político se consolida en el periodo transcurrido entre la conferencia de Villach en 1985 y la formación del IPCC en 1988.

Paralelamente, en el año 1988 el científico James Hansen, reconocido físico y climatólogo estadounidense, declaró que existía una relación causa-efecto entre la emisión de ciertos gases a la atmósfera y el incremento de la temperatura del planeta. A partir de ahí, surgieron un gran número de investigaciones, hasta dar nombre a los seis gases con efecto invernadero (GEI) responsables del calentamiento global, entre los que destaca, por su magnitud y efecto perjudicial sobre la capa de ozono, el dióxido de carbono (CO_2). Estas investigaciones establecieron las bases de un nuevo estado de conciencia respecto del cambio de condiciones en el planeta, el que posteriormente fue popularizándose bajo el concepto de que había una crisis ambiental por efecto invernadero y cuya consecuencia era el cambio climático. Esta nueva y complicada condición ambiental, se correlacionó directamente con el desarrollo económico y social, al determinarse la existencia de una importante contribución antropogénica en el incremento de los GEI en la atmósfera, producto principalmente, de la quema de combustibles fósiles por parte de las actividades empresariales (Iranzo, 2006). Un informe del año 2001 del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) muestra el dramático incremento del CO_2 en la atmósfera durante los últimos dos siglos (Fig. 2.3).

En 1989, se realiza la cumbre de los siete países más industrial-

zados del mundo (G7: Alemania, Canadá, USA, Francia, Italia, Japón y UK), los cuales se reunieron para debatir sobre las consecuencias que se estaban pronosticando sobre el cambio climático (Tapia et al., 2013). Un año más tarde se realiza la Conferencia Europea sobre el Desarrollo Sostenible, año en que se presenta también el primer informe de Evaluación del IPCC donde se popularizó el concepto de *desarrollo sostenible* ya mencionado en el *Informe Brundtland* (Doménech, 2007).

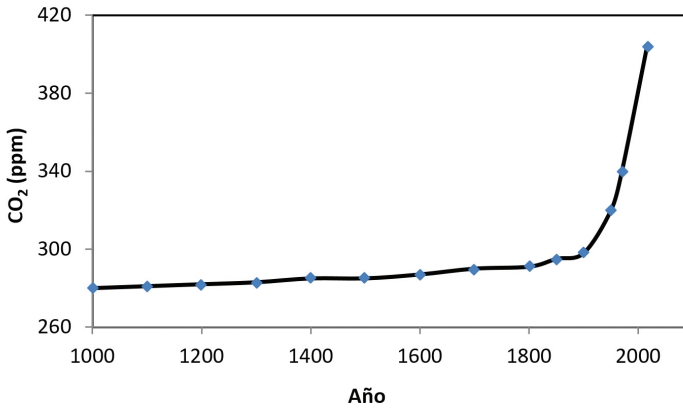


Fig. 2.3: Concentración de dióxido de carbono en la atmósfera
(Datos actualizados de informe de IPCC, 2011)

En el año 1992 Río de Janeiro es sede de la Primera Cumbre de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, en la que se establece la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y se fija una alianza mundial equitativa para proteger la integridad del sistema ambiental, teniendo presente la naturaleza interdependiente de la tierra. Esta alianza es quizás el principal hito ambiental de la historia reciente de la humanidad. La CMNUCC entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Hoy en día cuenta con 197 miembros que la han ratificado y que la hacen casi universal.

2.4 Las Conferencias de las Partes: 1995-2009

La primera Conferencia de las Partes, (conocida como las COPs), se realizó en Alemania, en 1995, la cual produjo el Mandato de Berlín, especie de catálogo de compromisos bastante indefinidos, que permitía a los países escoger las iniciativas ajustadas a sus necesidades particulares. La COP1 dio inicio a negociaciones que permitieron llegar a acuerdos

grupales para combatir el cambio climático. En la COP2 Ginebra-Suiza del año 1996 se aprobaron los resultados del informe de evaluación de 1995 y se estableció que todos los países no seguirían iguales acciones, sino de acuerdo a la situación de cada país.

En junio de 1997, se realiza la Cumbre de la Tierra+5, una asamblea general extraordinaria de la ONU en la ciudad de Nueva York, con el objetivo de analizar los acuerdos tomados en la cumbre de Río de Janeiro y establecer acuerdos jurídicamente vinculantes que redujeran las emisiones de GEI. Cinco meses más tarde, la COP3 se reúne en la ciudad nipona de Kioto. Tras intensas negociaciones, se redacta el célebre Protocolo de Kioto (PK) que, hasta esa fecha, junto al Protocolo de Montreal de 1987, se perfilaba como uno de los documentos más importantes y esperanzadores de la humanidad para regular las actividades antropogénicas. En Kioto se establecen objetivos vinculantes para las emisiones de GEI para 37 países industrializados, pero, dos de los más grandes emisores, Estados Unidos y China, no ratifican el documento. Más tarde, el año 2011, Canadá se retira del acuerdo para no pagar las multas relacionadas con el incumplimiento de la reducción de emisiones. Se acuerda que el Protocolo de Kioto entraría en vigencia once años después, en 2008, y su fecha de vencimiento venía pre definida para 2012, estableciendo que los países desarrollados redujesen en esos cinco años sus emisiones de GEI en un 5% respecto al nivel de 1990 (Estenssoro, 2010; UNFCCC, 2013).

Desde 1998 al 2006 se celebran nueve Conferencias de las Partes entre éstas: 1998, COP4 en Buenos Aires; 1999, COP5 en Bonn; 2000, COP6 en La Haya; 2001, COP7 en Marrakech; 2002, COP8 en Nueva Delhi; y 2003, COP9 en Milán. En la reunión en Milán se oficializan proyectos de forestación como actividades bajo el concepto de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL). Se enfatiza también el rol de las comunidades nacionales como integrantes de las políticas y programas sobre cambio climático para la planificación del desarrollo.

En el año 2004, la COP10 tiene lugar en Buenos Aires, reunión en la cual los países empezaron a debatir sobre los que sucedería cuando el protocolo de Kioto terminara en el año 2012. Además, se anuncia la entrada en vigor del Protocolo de Kioto para el año siguiente, y se completan todos los detalles operativos de registro y certificación del MDL. Esto dio origen a un nuevo producto en el mercado internacional, el Bono de Carbono. Los Bonos de Carbono corresponden a Reducciones

Certificadas de Emisiones de GEI (CERs, por su sigla en inglés Certified Emission Reductions). El CER es la unidad de medida, corresponde a una tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente, y constituye un instrumento transable en el mercado internacional. Esto significa que por ejemplo una empresa chilena que disminuye sus emisiones de CO₂, de manera *voluntaria*, puede vender esta reducción a empresas de países desarrollados que estén obligadas a bajar sus emisiones de GEI generando beneficios económicos y ambientales.

La COP11 tiene lugar en Montreal en el año 2005, y fue la primera reunión mundial tras la entrada en vigencia del Protocolo de Kioto. En esta reunión se inician las discusiones sobre lo que debería suceder tras la finalización del PK. Después, se efectúa la COP12 en Nairobi en el año 2006. En esta conferencia se creó un fondo internacional para financiar la adaptación de los países pobres a los acuerdos sobre el cambio climático.

Resumiendo lo realizado en estas conferencias, en la práctica se perdieron nueve años en la tarea de reducir las emisiones de CO₂, ya que estas reuniones se centraron, principalmente, en la puesta en marcha del Protocolo de Kioto con miras a 2008, negociando diversos puntos que abordaba el protocolo. A pesar de ello, en este periodo hubo acciones destacables como la inclusión de los sumideros de carbono, la flexibilización de los MDL, y la creación de tres fondos internacionales. Además, se adoptan nuevas reglas y procedimientos para los MDL en modalidades y procedimientos simplificados para proyectos de pequeña escala. Se reafirma además que el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza son prioridades de orden superior en los países en desarrollo y se acuerda el principio de responsabilidades comunes, pero diferenciadas entre las partes (Tapia et al., 2013).

Durante 2007, en la COP13 realizada en Bali, Indonesia, se da un importante paso en la ruta hacia la sustitución del Protocolo de Kioto por otro tratado, sin que éste haya entrado en vigencia. Además, se concluye que los signos del calentamiento global son incuestionables y finalmente se adopta el *Plan de Acción de Bali*, estableciendo nuevos compromisos de reducción de emisiones, requiriendo acciones más rápidas en esta área. En el año 2008, se realiza la COP14 en Posnania, Polonia, reunión en la que no hubo acuerdos importantes pero se discuten acciones para preparar la conferencia de Copenhague 2009, en la que se debe fijar nuevos objetivos para reemplazar los del Protocolo de Kioto, que termina en 2012.

En diciembre del año 2009, se desarrolla en Copenhague la COP15, en la que se busca lograr acuerdos de reducción de los GEI que fuesen vinculantes para todos los países firmantes de la Convención incluidos los países en vías de desarrollo, objetivo que finalmente no se cumple. Faltando tres semanas para el inicio de la COP15 se realizó una reunión en Tailandia, en la que Estados Unidos y China decidieron que los acuerdos de Copenhague no tendrían carácter vinculante, de manera que la suerte de la Cumbre estaba echada antes de comenzar. Eran muy malas noticias y las pocas esperanzas de salvarla quedaron enterradas, cuando los presidentes de China, Estados Unidos, India, Brasil y Suráfrica, sin la presencia de los representantes europeos, ni la de los demás países, realizaron una sorpresiva reunión y redactaron un acuerdo no vinculante. Finalmente, este acuerdo sólo fue expuesto para la toma de conocimiento de los asistentes a COP15, junto a la promesa de que a principios de 2010 se trabajaría en una plataforma política. Esta plataforma constituiría una base más sólida para construir compromisos jurídicos vinculantes y que serían discutidos en la COP16 de Cancún (UNFCCC, 2013).

2.5 Los Acuerdos de Cancún y Doha: 2010-2014

En el periodo 2010-2014 destaca el acuerdo de Cancún, de fines del año 2010, donde se formalizan las promesas y voluntades expresadas en Copenhague. Entre los principales acuerdos que se lograron cabe destacar la creación de un Fondo Verde Climático, mediante el cual se establece un monto de cien mil millones de US\$ al año, a partir de 2020, y treinta mil millones de US\$ para el periodo 2010-2012, con objeto de ayudar a los países de menores recursos a sufragar los costos de la lucha contra el cambio climático. El documento final establece adoptar, tan pronto como sea posible, una decisión sobre compromisos para una segunda fase del Protocolo de Kioto que garantice que no haya una brecha entre el primer y segundo periodo de compromisos.

En el año 2011 se realiza la COP17 en Durban Sudáfrica. Dicha cumbre concluyó con una hoja de ruta (la Plataforma de Durban) para un tratado mundial, teniendo como plazo tope para llegar a este acuerdo el año 2015, para que entre en vigor el año 2020. Además se trabajó en un sistema de Medidas de Mitigación Apropriadas para cada País o NAMAs, por su sigla en inglés Nationally Appropriate Mitigation

Actions of Developing Countries (UNFCCC, 2013). Las permanentes exigencias de la Unión Europea, sobre el establecimiento de compromisos obligatorios de los grandes contaminadores que no suscribieron el Protocolo de Kioto como son China, Estados Unidos y la India recibió un importante revés ya que Canadá anunció su intención de no renovar Kioto, seguidos por Japón y Rusia (UNFCCC, 2013).

En 2012, en la COP18, realizada en Doha, Qatar, los 194 países reunidos alcanzaron un limitado acuerdo que se denominó *Puerta Climática de Doha*. Este acuerdo prorroga hasta 2020 el Protocolo de Kioto, pero se difiere para el año siguiente las negociaciones sobre la exigencia de mayores donaciones por parte de los países en vías de desarrollo. La mayoría de las delegaciones manifestaron su malestar, porque el acuerdo final no cumplía las recomendaciones científicas, que solicitaban acciones enérgicas para contrarrestar el calentamiento global. Las emisiones de CO₂ para esa fecha doblaban las tasas de 1990. Esta cumbre marca un importante hito para la activación de las preocupaciones de países en desarrollo, como los latinoamericanos. Estos comienzan a imponer exigencias nacionales, más allá de las señales para-arancelarias recibidas en el proceso de intercambio económico, asociadas a la declaración de emisiones o HdC de productos para acceder a determinados mercados de destino (CMMC, 2012).

En el año 2013 se celebra la COP19 en Varsovia (Polonia), con el objetivo inicial de llegar a un acuerdo para que en el año 2015 se pueda reducir efectivamente las emisiones de gases contaminantes. Sin embargo, a este acuerdo se opusieron varios países, entre ellos el país anfitrión (Polonia), poseedor de una industria basada en el carbón. Cabe destacar que, en esta ocasión, la ONU, presentó un documento donde se asegura con una certeza de casi cien por ciento que el ser humano es el principal causante del calentamiento global desde la década de 1950. Finalmente, se concreta una hoja de ruta hacia un pacto global y vinculante el 2015, pero quedan muchos vacíos y dudas sin resolver. Se debe destacar también el inusual abandono masivo, faltando un día para el cierre de la cumbre, por parte de ONGs y sindicatos, hecho inédito hasta ese momento en estas conferencias.

La COP20 se realiza en Lima (Perú) en el año 2014, siendo lo más significativo del encuentro el anuncio de Estados Unidos y China de un compromiso conjunto para la reducción de emisiones de GEI, por primera vez en la historia. Esto constituía un acuerdo fundamental para

que la temperatura media de la tierra no sobrepase los dos grados, límite establecido por los científicos hace ya varios años. La ONU considera que el objetivo concreto es reducir las emisiones de GEI entre un 40% y un 70% para 2050 y a cero para finales de siglo. El convenio finalmente ratificado, es un acuerdo que acercaba posturas de cara a París 2015.

2.6 El Acuerdo de París: 2015-2016

Entre el 30 de noviembre y el 11 de diciembre de 2015 tuvo lugar la vigésima primera Cumbre de Naciones Unidas sobre Cambio Climático en París (COP21). Las delegaciones y mandatarios de 195 naciones debatieron y plantearon propuestas para concretar alternativas que contribuyeran a la preservación del medio ambiente con la intención de redactar un sustituto para el Protocolo de Kioto (Fig. 2.4).



Fig. 2.4: Símbolo de la esperada reunión de París del 2015 (Tomado de Gerendas-Kiss (2018))

Después de intensas negociaciones se logró el documento *Acuerdo de París*, el que sustituirá a partir de 2020 al actual Protocolo de Kioto. En términos de metas, este acuerdo tiene como objetivo mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 grados centígrados respecto a los niveles preindustriales, aunque los países se comprometen a llevar a cabo todos los esfuerzos necesarios para que no pase de 1.5 grados. El acuerdo adoptado es legalmente vinculante, pero

no la decisión que lo acompaña ni los objetivos nacionales de reducción de emisiones. No obstante, el mecanismo de revisión de los compromisos de cada país sí es jurídicamente vinculante para tratar así de garantizar el cumplimiento del acuerdo (CMCC, 2015)

Respecto de mitigación del cambio climático a través de la reducción de emisiones, 187 países de los 195 que han participado en la COP21, han entregado sus compromisos nacionales de lucha contra el cambio climático que entrarán en vigor en el año 2020. Los países revisarán sus compromisos al alza cada cinco años, para asegurar que se alcanza el objetivo de mantener la temperatura muy por debajo de 2 grados. Se debe señalar que no se han previsto sanciones, pero habrá un mecanismo transparente de seguimiento del cumplimiento para tratar de garantizar que todos los involucrados hacen lo prometido (CMCC, 2015).

Como objetivo a largo plazo, los países consignan en este acuerdo que buscarán limitar las emisiones tan pronto como sea posible, sabiendo que esto costará más a los países en vías de desarrollo. Se busca el equilibrio entre los gases emitidos y los que pueden ser absorbidos a partir de 2050, es decir, lograr cero emisiones netas. En términos financieros el acuerdo fija además que los países desarrollados deben contribuir a financiar la mitigación y la adaptación en los países en desarrollo movilizándolo un mínimo de cien mil millones de dólares anualmente desde 2020 para apoyar la mitigación y adaptación al cambio climático en los países en desarrollo.

Adicionalmente, el acuerdo identifica la necesidad de poner en marcha un protocolo que se ha denominado Mecanismo de Pérdidas y Daños asociados a los efectos del cambio climático (CMCC, 2015). Este instrumento fue finalmente ratificado el 22 de abril de 2016, Día Internacional de la Madre Tierra, por 175 países de un total de 195 que participaron en la cumbre de París. Un avance significativo de este último hito fue contar con la firma de Estados Unidos y China, que juntos representan al menos el 40% de las emisiones globales de GEI.

La última conferencia COP22 se realizó del 7 al 18 de noviembre de 2016 y tuvo lugar en Bab Ighli (Marruecos), junto con otras sesiones de la Conferencia de las Partes relacionadas con el Protocolo de Kioto (CMP12) y con el Acuerdo de París (CMA1). La conferencia puso de manifiesto cómo el mundo está avanzando en la implementación del Acuerdo de París y cómo se mantiene vivo un espíritu constructivo de

cooperación multilateral frente al cambio climático. Los gobiernos han fijado un plazo hasta 2018 para completar las normas de aplicación del Acuerdo de París con el fin de asegurar la confianza, la cooperación y su éxito en los años y décadas venideros.

Esta nueva etapa de implementación y acción para el clima y para el desarrollo sostenible ha quedado plasmada en la Proclamación de Acción de Marruecos, y cuyo texto dice en parte: *“Nuestro clima se está calentando a un ritmo alarmante y sin precedentes, y tenemos un deber urgente de responder. Acogemos con beneplácito el Acuerdo de París, adoptado en el marco de la Convención, su rápida entrada en vigor, con sus ambiciosos objetivos, su carácter inclusivo y su reflejo de la equidad y las responsabilidades comunes pero diferenciadas y las respectivas capacidades, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales, y afirmamos nuestro compromiso para su completa implementación. A medida que avanzamos hacia la implementación y la acción, reiteramos nuestra determinación de inspirar solidaridad, esperanza y oportunidad para las generaciones actuales y futuras”*.

Durante la conferencia COP22, empresas, inversionistas, y gobiernos locales anunciaron también nuevos compromisos frente al cambio climático que se suman a los muchos anunciados en el periodo previo a la conferencia de París del año 2015. En el cierre de la conferencia COP22 se anunció que Fiji ostentará la presidencia de la próxima conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (COP23) a efectuarse del 6 al 17 de noviembre del 2017 en Bonn.

2.7 El Retiro de Estados Unidos: 2017-2018

Un factor que ha venido a alterar este buen camino acordado, y en particular la implementación de estos avances, ha sido el retiro de Estados Unidos del Acuerdo de París sobre cambio climático y que, según algunos expertos, tendrá una serie de consecuencias en el mundo e incluso puede crear un efecto dominó. El anuncio realizado en mayo de 2017 causó consternación en buena parte de la comunidad internacional ya que el acuerdo para controlar el aumento de la temperatura en el planeta se quedará pronto sin el segundo país que emite más gases de efecto invernadero en el mundo.

El presidente de Estados Unidos Donald Trump argumentó que la medida busca proteger los intereses de su país, principalmente su

economía, calificando al pacto global de 2015 como *muy injusto* con Estados Unidos. La Tabla 2.1 muestra un extracto del discurso del presidente Trump. El proceso de retirada del acuerdo por parte de la mayor economía mundial podría durar cerca de cuatro años y Estados Unidos estaría dispuesto a negociar un pacto diferente. Muchos no ven factible un nuevo acuerdo, aunque reuniones bilaterales recientes (marzo -abril 2018) entre Trump y varios presidentes de la Comunidad Europea, podrían cambiar la decisión de Trump.

Tabla 2.1: Extractos del anuncio del presidente Donald Trump sobre el retiro del Acuerdo de París (Tomado de www.whitehouse.gov/news/)

<i>“En el día de hoy, Estados Unidos cesará toda implementación del Acuerdo no-vinculante de París y las pesadas cargas financieras y económicas impuestas a nuestro país.</i>	<i>...Thus, as of today, the USA will cease all implementation of the non-binding Paris Accord and the draconian financial and economic burdens the agreement imposes on our country.</i>
<i>...De forma que estamos saliendo pero vamos a comenzar a negociar y veremos si podemos alcanzar un acuerdo justo. Si podemos, será excelente. Si no podemos, también.</i>	<i>...So we're getting out. But we will start to negotiate, and we will see if we can make a deal that's fair. And if we can, that's great. And if we can't, that's fine. (Applause.)</i>
<i>...Como presidente, no puedo poner otra consideración por delante del bienestar de los estadounidenses.</i>	<i>...As President, I can put no other consideration before the wellbeing of American citizens.</i>
<i>...Me eligieron para representar a los ciudadanos de Pittsburgh, no de París”.</i>	<i>...I was elected to represent the citizens of Pittsburgh, not Paris.</i>

El acuerdo de París, que fue firmado por más de 190 países y entró en vigor el año 2016 cuando EE.UU. era presidido por Barack Obama, tenía como objetivo mantener el aumento de la temperatura global debajo de los 2 grados respecto a los niveles pre-industriales. Así se evitaría pasar un umbral que, según científicos, puede tener consecuencias irreversibles para las capas de hielo, los mares y otras partes de la tierra. Estados Unidos es considerado el mayor generador histórico de dióxido carbono (responsable de cerca de 15% de las emisiones globales). Sin embargo, hace una década China lo superó como el país que es el prin-

cipal contribuyente de los GEI. John Sterman, profesor de la Escuela Sloan de Negocios del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y experto en políticas sobre calentamiento global, dijo en la BBC Mundo que ahora podría haber *“una cascada de erosión de las metas (del acuerdo), que podrían socavarlo y desintegrarlo. Y esto francamente plantea el riesgo de una catástrofe global, lo digo con toda la deliberación necesaria”*.

Sin embargo, otros, como Brian Dees, de la Escuela de Gobierno de Harvard y antiguo alto consejero de Barack Obama, indicó que el retiro de Estados Unidos no podrá revertir el ímpetu global que ha adquirido la lucha contra el cambio climático, así como los grandes adelantos logrados en los últimos años en la creación de energía limpia. En un artículo de la revista *Foreign Affairs*, Dees reconoce que *“aunque la administración Trump no puede detener el progreso global en cambio climático, sí puede hacer daño a la economía y a la importancia y liderazgo diplomático de Estados Unidos”*.

2.8 La COP23 y el Futuro

La Conferencia sobre el Cambio Climático COP23 tuvo lugar en Bonn, Alemania, del 6 al 18 de noviembre de 2017. Los líderes de los gobiernos, las ciudades, los estados, las empresas, los inversores, las ONGs y la sociedad civil se reunieron para acelerar el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París sobre el cambio climático, sin la presencia de Estados Unidos.

La presidencia actual y la futura presidencia de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (COP23 y COP24) anunciaron en un comunicado emitido el 8 de febrero de 2018, un proceso único para preparar al mundo en su próximo camino hacia una mayor acción climática, el llamado Diálogo de Talanoa.

El diálogo invita a todas las personas a participar en la búsqueda de soluciones, presentando propuestas relacionadas con el cambio climático a través de un portal (<https://talanoadialogue.com/submit-inputs>), propuestas que deben estructurarse en torno a las siguientes preguntas sobre el estado actual de la acción climática: ¿Dónde estamos? ¿Hacia dónde queremos ir? ¿Cómo llegamos allí? Las respuestas recibidas serán una base para el diálogo ministerial que tendrá lugar en la conferencia de la ONU sobre el cambio climático del año 2018 (COP24) que se celebrará en del 3 al 14 de diciembre en Katowice, Polonia.

Creemos que los países, en general, han sabido reaccionar ante la nueva postura de Estados Unidos de una forma creativa y constructiva. A través del Dialogo de Talanoa la sociedad civil podrá aportar ideas, recomendaciones e información que puedan encauzar al mundo en su camino hacia su desarrollo sustentable, no solo en virtud del Acuerdo de París.

Capítulo III

Determinación de la Huella del Carbono

3.1 Introducción

En los últimos años se han desarrollado varias herramientas de cuantificación y metodologías para determinar el nivel de emisiones de GEI de individuos, organizaciones y unidades administrativas o territoriales, y la HdC es una de ellas (Padgett et al., 2008). La HdC, se ha convertido en un lema en el debate público sobre el cambio climático, atrayendo la atención de los consumidores, negocios, gobiernos, y organizaciones internacionales por igual, induciendo cambios en los patrones competitivos de las empresas (Hertwich y Peters, 2009). A pesar de su uso generalizado, la literatura reconoce la ausencia hasta hoy en día de una clara definición de la HdC que sea comúnmente aceptada (Wiedmann y Minx, 2008).

Este debate sobre el cambio climático y la utilidad de la HdC, ha trascendido al comercio internacional y es liderado por los países con compromisos de reducción de emisiones en base al Protocolo de Kioto (Plasmann et al., 2010). Esto es motivado fundamentalmente por la preocupación de estos países por las posibles pérdidas de competitividad de sus productores, que estarían compitiendo con otros exportadores con costos de emisión menores que los que han asumido obligaciones climáticas (De La Torre et al., 2009)

En el caso de los países en vías de desarrollo, como la mayoría de los países latinoamericanos, un patrón exportador más acorde con las aspiraciones de desarrollo sostenible y menos vulnerable a las exigencias climáticas, exige a los sectores productivos realizar avances inmediatos en los procesos de cuantificación de sus emisiones y de disminución de los efectos climáticos. Esto es especialmente importante cuando se ha instalado un concepto económico que considera la reducción de las emisiones contaminantes y que puede determinar la posición competitiva de los productos en el mercado internacional (Schneider y Samaniego, 2009). Sin embargo, se hace evidente que previo a la cuantificación, se requiere explorar las complejidades metodológicas de los principales enfoques para la determinación de la HdC, con el objeto

de reducir la incertidumbre del cálculo y para que la HdC sea un buen parámetro para cuantificar los reales impactos ambientales de los GEI.

3.2 Reducción de emisiones y HdC

En muchos países, las empresas públicas y privadas han emprendido diversas iniciativas para hacer frente al cambio climático, siendo la HdC aquella que concentra la mayor atención desde el punto de vista de las empresas. Esto se debe principalmente a que su utilización se ha traducido en un importante factor de competitividad y acceso a los mercados, en especial, cuando dicho concepto se incorpora a las decisiones de la sociedad modificando sus patrones de consumo. En algunos países los consumidores están exigiendo la declaración de la HdC en el etiquetado de productos, y distintos grupos de interés están solicitando conocer los inventarios de emisiones de CO₂ de empresas y organizaciones (Schneider y Samaniego, 2009).

A pesar del extendido uso del concepto de HdC, no existe una única definición que sea ampliamente aceptada. Esto se puede generalizar a otros términos como la contabilidad de carbono, la huella de GEI y la huella del clima, entre otros, por lo que diversos autores señalan la necesidad de converger hacia una definición y en un enfoque estandarizado de la cuantificación de los GEI (Wright, et al., 2011; Chavez y Ramaswami, 2012; Turner, et al., 2012). En un estudio sobre el tema se registran 62 metodologías asociadas a la determinación de HdC de productos y 80 métodos corporativos (Doménech, 2011).

Desde la perspectiva del desarrollo productivo, estas iniciativas se proyectan como una oportunidad para incrementar la eficiencia energética y la competitividad de las empresas, para diferenciar los productos de exportación en los mercados de destino, y reducir el riesgo de barreras proteccionistas (CEPAL 2013). Sin embargo, la tasa de adopción de este tipo de iniciativas en Latinoamérica aún es muy baja siendo representada fundamentalmente por empresas de gran tamaño y con capacidades de participar del comercio internacional. No obstante, tanto los impactos del cambio climático como las acciones para la instalación de un desarrollo sustentable son tareas que requieren de acciones de orden global y de penetración en todo el tejido productivo y social. Así también se revela la existencia de una brecha entre los conocimientos de la academia y los profesionales frente a la contabilidad de carbono, en

donde muchas de las herramientas para las estimaciones de sostenibilidad desarrolladas por los investigadores, son ignoradas, no encontrando un espacio en las prácticas de gestión empresarial.

3.3 Principales cuestionamientos a la HdC

El reflejo del amplio espacio para el desarrollo de nuevas investigaciones en esta área está en los numerosos cuestionamientos y criterios que se detectan en la literatura. Entre estas se pueden mencionar: el ajuste de fronteras de sistema comparables, las exigencias en cuanto a la calidad de datos, la cobertura regional y tecnológica, reglas sobre cuando usar datos genéricos o específicos de un proceso como parte de la cadena de suministro del producto, factores de consumo de electricidad para el cálculo de la HdC y factores para el transporte, así como criterios para revisión crítica y contrato con los grupos de interés. Un resumen de estos criterios y sus cuestionamientos se presenta en la Tabla 3.1. La comunidad internacional esperaba que la solución de este importante número de cuestionamientos era la aprobación internacional del estándar ISO 14067 y sus normas ISO 14067 Huella del Carbono de Productos Cuantificación y Comunicación, refundidos en un solo estándar. Sin embargo, esta norma ISO no logró consolidarse como estándar, alcanzando solamente el nivel de especificación técnica.

Tabla 3.1: Principales criterios y cuestionamientos a la HdC

<i>Criterios</i>	<i>Alternativas de solución</i>
1. Alcance de emisiones	• Considerar todos los GEI especificados por el IPCC en el año 2007 • Considerar sólo los seis GEI incluidos en el Protocolo de Kioto
2. Etapas de ciclo de vida	• Considerar la etapa de utilización del producto en el análisis del ciclo de vida • Resolver la polémica entre las perspectivas B2B (Negocio a Negocio) o B2C (Negocio a Consumidor) • Cómo hacer significativo el cálculo de HdC frente a estas perspectivas (B2B y B2C)

Tabla 3.1 (continuación)

<i>Criterios</i>	<i>Alternativas de solución</i>
3. Fronteras de sistema	• Especificar criterios para los límites del cálculo operacional, organizacional • Considerar solamente emisiones directas, indirectas o subsidiarias • Cómo incluir el transporte de los empleados • Definir las fronteras de tiempo (anuales o asociadas al tiempo involucrado en el ciclo de vida del producto)
4. Compensación	• Definir la inclusión o no, de la compensación en el cálculo de la HdC • Definir la compensación por uso de energía renovable
5. Datos	• Definir si los datos sólo deben estar asociados a procesos técnicos o deben incluir los flujos de dinero • Establecer las fuentes de datos (primarias o secundarias); Definir la calidad de los datos y la imposición de exigencias posibles
6. Asignación	• Establecer si el cálculo debe ser asignado por unidad temporal o monetaria asignada al consumo u unidad de producto
7. Final-de-vida	• Definir los criterios de final-de-vida y si se considera el reciclado
8. Almacenaje de carbón	• Definir cómo tratar el almacenaje de carbón (almacenaje geológico de carbono) • Establecer como se consideran los procesos de captura de carbón
9. Cambio de uso de suelo	• Establecer si deben ser incluidas o no las emisiones por cambio de uso de suelo; • Definir si se consideran los sumideros de carbón del suelo
10. Generación de datos comparables	• Establecer criterios para que la HdC de los productos sean comparables • Definir las unidades de medida de la HdC para los productos
11. Bienes de capital	• Definir que bienes de capital incluir • Establecer cómo tratar los bienes de capital
12. Electricidad renovable	• Decidir si electricidad renovable debe ser incluida o no • Definir si la matriz energética debe ser incluida por la empresa o el sistema de suministro

3.4 Métodos de-Arriba-hacia-Abajo y de-Abajo-hacia-Arriba

Los conceptos *de-arriba-hacia-abajo* y *de-abajo-hacia-arriba* (top-down y bottom-up respectivamente), son estrategias de procesamiento de información características de las ciencias de la información,

especialmente en lo relativo a software. Por extensión, se aplican también a otras áreas del conocimiento, como la economía, la gestión, la educación y la HdC. Metodológicamente, la perspectiva de análisis de *todo el ciclo de vida* se ha abordado desde las dos direcciones: enfoque de-arriba-hacia-abajo o enfoque corporativo (de-arriba-hacia-abajo) y enfoque de-abajo-hacia-arriba o enfoque de producto.

El enfoque de-arriba-hacia-abajo parte desde una visión global de una organización, para la obtención de una o más magnitudes específicas de HdC (Minx et al., 2010). El enfoque de-abajo-hacia-arriba realiza un análisis específico de la magnitud de las unidades constituyentes de una organización, evento o proceso y va agregando magnitudes parciales, para obtener una magnitud global de HdC para la unidad en estudio, generalmente un producto o un servicio (Wiedmann, 2009, Minx et al., 2010).

En el análisis de-arriba-hacia-abajo se parte de la visión más amplia del mercado en un contexto global, para ir descendiendo en la cadena de análisis, hasta llegar a la visión más concreta del objeto de estudio, es decir, la empresa. En el análisis de-abajo-hacia-arriba se comienza el estudio por la parte del mayor detalle posible. Este enfoque, omite la situación macroeconómica o de contexto global priorizando el análisis de las empresas como objeto de estudio (ver Fig. 3. 1).

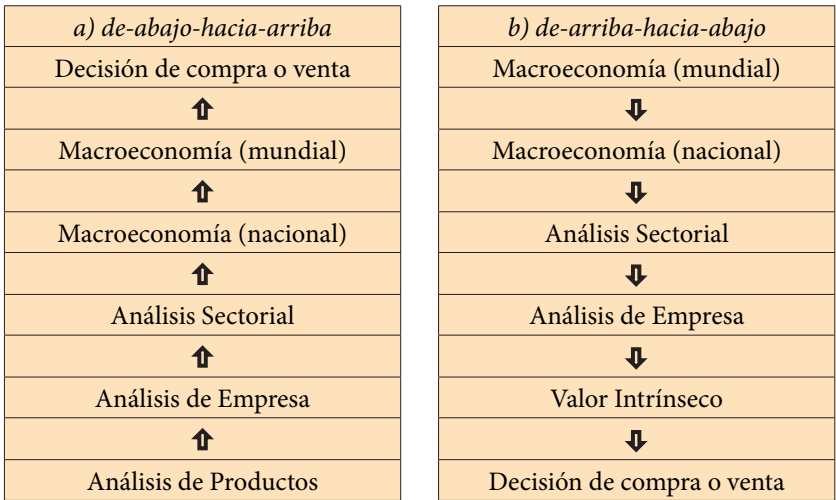


Fig. 3.1: Estrategias de procesamiento de información: a) análisis de-abajo-hacia-arriba (botom-up); y b) análisis de-arriba-hacia-abajo (top-down)

El enfoque *de-abajo-hacia-arriba*, esquematizado en la Fig. 3.1a, orienta al análisis del ciclo de vida de los productos en base al análisis de los procesos, intentando comprender los impactos ambientales de los productos individuales a lo largo de su proceso de transformación. Esto es, desde la materia prima hasta la disposición final del producto ya utilizado. Usando los datos específicos del proceso primario y secundario, este enfoque puede lograr resultados con alta exactitud para los productos definidos y para cada uno de los procesos. Sin embargo, se tiene que establecer un límite del sistema a analizar y, por lo tanto, conduce a errores de truncamiento de tamaño desconocido.

Además, debido a los requisitos de disponibilidad de buenos y abundantes datos, el análisis *de-arriba-hacia-abajo* y el *de-abajo-hacia-arriba* requieren usualmente de más recursos y con costos más elevados que otros métodos (Minx et al., 2010). Como se observa en la Fig. 3.1a, la decisión final en el enfoque *de-abajo-hacia-arriba* se toma basándose en decisiones individuales y no de globalidad. Una vez analizado el detalle, y en función del interés del analista, éste irá ascendiendo en la cadena del análisis, en sentido contrario al enfoque dado por el análisis *de-arriba-hacia-abajo*, mostrado en la Fig. 3.1b. La figura 3.2 y 3.3 dan detalles adicionales.



Fig. 3.2: Detalles sobre el enfoque de-arriba-hacia-abajo para el análisis de emisiones y HdC



Fig. 3.3: Detalles del enfoque de-abajo-hacia-arriba para análisis de emisiones y HdC

Desde el punto de vista del análisis de la HdC el enfoque *de-arriba-hacia-abajo* determina los pasos metodológicos para la obtención de la magnitud y fija el espacio de utilización de los resultados en el orden corporativo repartiendo esta magnitud entre todos los productos o servicios de la organización. El enfoque *de-arriba-hacia-abajo* se realiza con base en el análisis de entrada-salida de la organización (IOA, *Input-Output Analysis*), es decir, de la relación de ésta en su conjunto con el medio ambiente (Doménech et al., 2010; Minx et al., 2010).

La mejor opción para determinar un valor más real de la HdC parece ser una combinación de ambos enfoques. Matthews et al. (2008) proponen determinar la HdC usando una combinación de ambos métodos, denominado *enfoque híbrido del ciclo de vida* (*Hybrid ACV*). Este análisis permite la preservación de los detalles y la precisión de los enfoques de-abajo-hacia-arriba en los procesos importantes, mientras que la mayoría de las etapas de producción menos significativas, son cubiertas por el modelo de-arriba-hacia-abajo.

Dependiendo de la aplicación, las etapas a las que se aplique uno u otro método variará, con el fin de lograr una solución óptima en base a la combinación entre la exactitud, precisión y eficiencia en los costos (Minx et al., 2010). Estas consideraciones son actualmente objeto de debate en el proceso de normalización en curso para la HdC. La metodología MC3 (Método Compuesto de las Cuentas Contables, versión 2.0), presentada por Doménech et al. (2010) parece cumplir bien estos requisitos.

La Tabla 3.2 muestra una selección de artículos sobre diversas aplicaciones de la HdC. Algunos de los estudios mostrados se han utilizado en diversos debates, sobre todo en los ámbitos de la política internacional de desarrollo sustentable, la economía del cambio climático, los marcos nacionales de producción.

Tabla 3.2: Algunas alternativas de aplicación de la Huella del Carbono presentadas en la literatura (Minx et al., 2010)

	<i>HdC de:</i>	<i>Acciones</i>
Ámbito de la Macroeconomía ↕ Ámbito de Microeconomía	Las naciones	• Balanza comercial o fugas de carbono • Huella del carbono de un país específico
	Nacionales, regionales o locales	• Programas de cambio climático para las ciudades y gobiernos locales de las organizaciones internacionales • Estandarizar la construcción de la producción local y los inventarios de GEI basados en el consumo • Métodos de cálculo de HdC para las pequeñas áreas espaciales (en fase incipiente de desarrollo) • Notables excepciones de esta aplicación del método Entrada-Salida generalizado
	Sectores y productos	• Determinación de emisiones de GEI directos e indirectos asociados con la producción sectorial y actividades de consumo • Análisis de puntos críticos de carbono sectoriales • Identificación de áreas prioritarias de investigación de cambio climático y política • Modelos híbridos de enfoque (ACV- Input- Output) para análisis del ciclo de vida de los productos individuales o la evaluación comparativa de las empresas individuales en contra de la media del sector
	Cadenas de suministro	• Rastreo de fuentes de emisiones de carbono asociados a una cadena de suministro particular de una demanda final sectorial de 57 sectores y 87 regiones del mundo
	Organizaciones	• Contabilidad de las organizaciones • La vinculación de entrada y salida modelos generalizados con las cuentas financieras de una organización en un marco híbrido
	Patrones de consumo y estilos de vida	• Patrón de gastos de un grupo de personas u hogares con un conjunto bien definido de características socio demográficas • Estudios comparativos para identificar el consumo de paquetes y/o grupos de estilo de vida con el potencial de ahorro de carbono • Estudios para identificar los factores subyacentes que afectan las emisiones • Estudios sobre las presiones generado por cambiar estilos de vida o la demografía • Detalles metodológicos necesarios para una cabal comprensión de los estudios de huella del carbono de estilos de vida y patrones de consumo

3.5 Métodos Actuales para el Cálculo de la HdC

Existen tres métodos principales en la literatura para el cálculo de la HdC en organizaciones, empresas, servicios, procesos y productos: i) *Balance de Carbono (Bilan Carbone)*; ii) *Especificaciones Públicamente Disponibles (PAS2050)*; y iii) *Método Compuesto de las Cuentas Contables*.

Estos métodos utilizan un acercamiento muy similar para la obtención de datos como es el análisis de ciclo de vida del producto. Una vez que se esquematiza el ciclo de vida del producto, desde que se extraen las materias primas necesarias para su fabricación hasta el lugar de su disposición final, cada método usa un enfoque diferente. La primera diferencia tiene lugar en la limitación del alcance de la empresa, es decir hasta dónde las emisiones de otros procesos influyen en el proceso en estudio. Una vez que se tiene el proceso bien delimitado, se extraen datos diferentes, para cada método.

HdC y Protocolo de Gases Efecto Invernadero

El Protocolo de GEI fue implementado en el año 2001 por el Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sustentable (*World Business Council for Sustainable Development, WBCSD*) y por el Instituto de Recursos Mundiales (*World Resources Institute, WRI*) y tiene como meta el establecimiento de bases sólidas para la contabilización de emisiones de los GEI. El protocolo de GEI es un marco metodológico general que da pautas de trabajo para la determinación de herramientas de cálculo de emisiones de GEI.

La Tabla 3.3 muestra los estándares que proporciona el protocolo GEI. Este protocolo ha logrado un alto nivel de reconocimiento a escala mundial y aparece como la principal referencia, junto con al estándar ISO 14064. Además de constituirse como referente en términos de lineamientos generales, el protocolo GEI también ha desarrollado un conjunto de herramientas (*software*) para el cálculo de la HdC de empresas. La popularidad y el reconocimiento del protocolo GEI, y por supuesto el carácter de gratuidad de las aplicaciones, ha concretado el éxito y alta demanda de ellas (Pandey et al., 2010).

Tabla 3.3: Estándares que proporciona el Protocolo GEI

- *Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI*, que provee una guía para empresas interesadas en cuantificar y reportar sus emisiones de GEI.
- *Estándar de Cuantificación de Proyectos del Protocolo de GEI*, que sirve para la cuantificación de reducciones de emisiones de GEI derivadas de proyectos específicos.
- *Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de la Cadena de Valor*, que presenta una extensa metodología para el cálculo de las emisiones a lo largo de la cadena de valor de la empresa.

HdC y Balance de Carbono

La metodología Balance de Carbono, conocida internacionalmente como *Bilan Carbone*, fue desarrollada por la Agencia del Medio Ambiente y Energía de Francia (ADEME), en el año 2002 (BC, 2011). La herramienta fue elaborada específicamente para convertir de forma rápida datos relativos a las actividades productivas (como el consumo de energía, la cantidad de camiones y la distancia manejada, o las toneladas de acero adquiridas, entre otras) en emisiones, usando factores de emisión.

El método considera la contabilización de emisiones directas e indirectas de los GEI, relacionadas con las actividades industriales, empresariales, y de otras asociaciones y entidades administrativas. Permite clasificar las emisiones según fuente, siendo la base de la herramienta, una planilla Excel que calcula las emisiones asociadas a cada actividad de un proceso (BC, 2011; Jancovici, 2003).

El *Bilan Carbone* se caracteriza por otorgar una visión general muy completa, por lo que, a través de sus distintos módulos, permite trabajar a nivel de empresas y eventos, pero también de territorios y productos. Sus primeras versiones fueron implementadas en el año 2004 y responde a los requisitos de los marcos metodológicos ISO 14.064 y el protocolo de gases efecto invernadero (GEI). Con el apoyo de subvenciones estatales francesas otorgadas a las entidades que utilizan este método para medir las emisiones de los GEI, el *Bilan Carbone* se transformó en la referencia metodológica en Francia para las empresas, organizaciones y las personas (BC, 2011).

Especificaciones Públicamente Disponibles, PAS2050

El método de las Especificaciones Públicamente Disponibles (*Publicly Available Specification*), llamado PAS 2050, fue elaborado en el año 2007 por el Instituto Británico de Estandarización (BSI, 2008), con el apoyo del Consorcio del Carbono (*Carbon Trust*) y el Depto. para el Ambiente, la Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA), ambos, organismos del gobierno inglés. El Carbon Trust es una organización de expertos independientes que se fijaron como misión acelerar el movimiento hacia una economía sostenible de bajo carbono. DEFRA es el departamento del gobierno del Reino Unido responsable de la política y la normativa sobre medio ambiente, alimentación y asuntos rurales. Sus prioridades son hacer crecer la economía rural, mejorar el medio ambiente y proteger la salud animal y vegetal.

El método está enfocado al cálculo de las emisiones de productos y servicios y responde a las normativas ISO 14040 referido al Análisis del Ciclo de Vida y 14067 HdC para productos, así como a las recomendaciones del Protocolo GEI. La metodología PAS2050 define inicialmente las fuentes de emisiones consideradas, además de seis grandes bloques de actividades, cuyas emisiones deben ser consideradas en la estimación del ciclo de vida de bienes y servicios. Con la enumeración de las fuentes de emisiones consideradas, realiza una acotación general del ámbito al que se aplica el indicador.

El año 2010, el Instituto Británico de Estandarización presentó la PAS 2060, una metodología similar a la PAS 2050 pero dedicada al cálculo de las emisiones de organismos (administración, empresas, sitio de producción), colectividades territoriales y particulares. Esta metodología sigue las normativas ISO y las del protocolo GEI (CEPAL, 2009). Similar a la PAS2050, la PAS2060 es una guía metodológica que describe paso a paso los criterios a determinar y considerar para cuantificar la HdC. La PAS 2060 constituye una poderosa herramienta para las buenas prácticas de compensación de emisiones no reducibles de GEI, y está orientada a operadores que buscan ser neutros en carbono (BSI, 2010).

HdC y Método Compuesto de las Cuentas Contables

El Método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3) ha sido desarrollado en España por Juan L. Doménech y colaboradores a partir

del año 2004. Doménech era Licenciado en Biología por la Universidad de Oviedo y Master en Gestión Europea del Medio Ambiente por la Escuela de Negocios de Asturias. Trabajó a su vez en diversas organizaciones y fue Coordinador del Grupo Inter Universitario de Huella del Carbono, desde el año 2006 y Socio Fundador de la Red Española de Gestión Integrada de Áreas Litorales, hasta su lamentable deceso el año 2012 (www.jDoménech.es).

En el método MC3 la información fluye directamente de una organización a otra sin necesidad de contar con la colaboración de clientes o proveedores de la cadena de suministro para calcular la huella. Toda la huella de productos pasa de una entidad a otra, acumulándose progresivamente, y el estudio de la huella se limita siempre a una única entidad. De este modo, el alcance organizacional queda perfectamente delimitado en todo momento. Por eso, MC3 nunca incorpora el uso del producto por parte de un consumidor, o la destrucción del mismo al final de su vida útil, ya que esto queda fuera del alcance organizacional del método.

El MC3 permite calcular “*el impacto ambiental de cualquier organización provocado por: a) la compra de todo tipo de bienes y servicios, b) la ocupación del espacio, y c) la generación de residuos*” (Doménech, 2007). La metodología ha sido descrita por sus creadores en numerosos documentos y ha sido resumida por Quezada et al. (2013), como se explica en lo que sigue.

La herramienta de cálculo MC3 incluye una serie de cálculos secuenciales que pueden ser bien organizados en una planilla Excel, como la presentada por Doménech et al. (2010). La planilla muestra una matriz que contiene en sus filas el consumo de bienes y servicios de las principales categorías de producto que una organización precisa, como se detalla en la Tabla 3.4, y en sus columnas el consumo de cada producto expresado en unidades específicas.

Es importante detallar la estructura que presenta la planilla de MC3 y las consideraciones que se deben tener en cuenta en las distintas categorías de consumo. El procedimiento de cálculo para el método MC3 considera las nueve categorías principales mostradas en la Tabla 3.4. Las categorías de emisiones directas e indirectas se centran en las emisiones generadas por el uso de combustible, el cual se clasifica como se muestra en la Tabla 3.5. Se considera como emisiones indirectas todas aquellas fuentes de energía que aportan a la generación de la electricidad. Para el cálculo de la huella de esta categoría, se hace necesario

ajustar la matriz energética a la situación nacional. La matriz utilizada define el aporte energético de los distintos tipos de generación del país.

En la Tabla 3.6 se muestra la matriz eléctrica de Chile. Para el ingreso de datos de esta categoría se toma el gasto total en electricidad, y según los porcentajes mostrados en la Tabla 3.6, se realiza un cálculo simple para determinar el gasto correspondiente a cada tipo de generación eléctrica, para luego ingresarlos en las celdas correspondientes de la planilla.

Cabe destacar que el producto adquirido ya viene con cierta huella, sobre la cual se añade la propia huella al entregar al cliente final. Se incluyen todos los costos generados por acuerdos con contratistas. Se consideran como materiales no amortizables las obras, inversiones en edificaciones, maquinaria o grandes equipamientos que pueden penalizar mucho la huella en determinadas organizaciones, los cuales se mantienen en esta sección aparte.

Tabla 3.4: Fuentes de emisiones contempladas en el MC3 (Tomada de Doménech et al, 2010)

<i>Categorías de Consumo</i>	<i>Subcategorías</i>
1. Emisiones directas	1.1 Combustible 1.2 Otras emisiones directas
2. Emisiones indirectas	2.1 Electricidad 2.2 Otras emisiones indirectas
3. Materiales	3.1. Materiales de flujo (mercancías) 3.2. Materiales no amortizables 3.3. Materiales amortizables (genéricos) 3.4. Materiales amortizables (obras) 3.5. Uso infraestructuras públicas
4. Servicios y contrata	4.1. Servicios con baja movilidad 4.2. Servicios con alta movilidad 4.3. Servicios de transporte de personas 4.4. Servicios de transporte de mercancías 4.5. Uso de infraestructuras públicas
5. Recursos agropecuarios y pesqueros	5.1. Vestuario y manufacturas 5.2. Productos agropecuarios 5.3. Servicios de restaurante
6. Recursos forestales	Sin subcategoría

Tabla 3.4 (continuación)

<i>Categorías de Consumo</i>	<i>Subcategorías</i>
7. Huella hídrica	7.1. Consumo de agua potable 7.2. Consumo de agua no potable
8. Uso del suelo	8.1. Sobre tierra firme 8.2. Sobre agua
9. Residuos, vertidos y emisiones	9.1. Residuos no peligrosos 9.2. Residuos peligrosos 9.3. Residuos radiactivos 9.4. Vertidos en efluentes 9.5. Emisiones 9.5.1. Gases GEI Protocolo Kioto 9.5.2. Otros GEI o precursores 9.5.3. Otras emisiones atmosféricas

Tabla 3.5: Tipos de combustible (Tomada de Doménech et al, 2010)

<i>Combustible</i>	<i>Unid</i>	<i>Combustible</i>	<i>Unid</i>
Carbón (combustión)	[\$]	Gasoil A	[l]
Leña (combustión)	[\$]	Gasoil B	[l]
Biomasa de madera	[\$]	Gasoil C	[l]
Biomasa (no madera)	[\$]	Fuel	[l]
Gas natural	[m ³]	Biodiesel 100% (de cultivos)	[l]
Gasolina 95	[l]	Biodiesel 100% (de aceites usados)	[l]
Gasolina 98	[l]	Bioetanol 100%	[l]

Tabla 3.6: Matriz eléctrica de Chile según tipo de generación (CNE, 2017)

<i>Tipo de generación</i>	<i>% MW (2006)</i>	<i>% MW (2016)</i>
Carbón	17	25
Gas Natural	26	23
Hidráulica Embalse	33	15
Hidráulica de Pasada	16	12
Petróleo Diesel	2	14
Fotovoltaica	1	5
Eólica	---	5
Biomasa	1	2

Por otra parte, los materiales amortizables se tratan de manera diferente a los otros, debido a que su huella se reparte entre un número determinado de años, dependiendo de la vida útil de éstos. Para el cálculo de los materiales de obras y construcción, la planilla de cálculo incluye una hoja adicional llamada *matriz de obras*, la cual posibilita la introducción e importe en euros extraídos de las cuentas contables. El método también incorpora el uso que todos los ciudadanos y empresas hacen de las infraestructuras públicas. Para esta sección, luego de analizar la situación de la empresa a través de sus registros contables, se debe descartar las categorías que no aplican, ingresando las cuentas como materiales no amortizables (por ejemplo, materiales de oficina, maquinarias industriales, equipamientos, aparatos eléctricos y vehículos, entre otros).

Para los servicios de transporte y mercancías se utiliza la intensidad energética en Giga Julios por pasajero o toneladas y kilómetros, para luego hacer la conversión de energía a carbono utilizando los mismos factores de emisión utilizados para el resto de las categorías. En la segunda versión del MC3 se ha incluido la huella del uso de infraestructuras y otros bienes públicos, por medio del IVA declarado, los impuestos pagados y las multas y sanciones. Para la obtención de la HdC de esta categoría de servicios y contrataciones, es recomendable y necesario clasificar la información extraída de las cuentas contables en las subcategorías que presenta el método, teniendo en cuenta las unidades exigidas en cada tipo de servicio. En el caso de empresas agrícolas, pesqueras y forestales el uso del suelo es de especial importancia por su aporte a la HdC final.

En la categoría huella hídrica de un individuo, una empresa o una nación, se considera el volumen total de agua dulce que se utiliza para consumo propio o para la producción de bienes o servicios. Cuando se calcula la huella del carbono de un producto, su huella hídrica debe incluir el consumo de agua de la empresa que fabrica el producto más el de todos sus suministradores, es decir, el consumo de agua en todo su ciclo de vida. El consumo de agua se divide en dos tipos, potable y no potable, y en varias secciones, permitiendo establecer acciones correctoras independientes: consumo de agua para uso sanitario, contra incendios, para riego de jardines, para riegos agrícolas, riego para evitar suspensión de polvos, y consumo de agua en procesos industriales.

A diferencia de la categoría del agua, el uso del suelo de la categoría 8 de la Tabla 3.4, debe ser contabilizado a través de hectáreas de

suelo utilizado, sea sobre tierra firme o sobre el agua, destinado a zonas de cultivo, jardines, plantación de árboles, asfaltado, rellenos para cultivos, entre otros. Por último, en la categoría 9, sobre residuos, vertidos y emisiones se clasifican según la tipología de los residuos: peligrosos, no peligrosos o radiactivos, según los efluentes de los vertidos y según los distintos GEI emitidos.

Comparado con las otras metodologías, la propuesta MC3 tiene algunas ventajas: 1) presenta un *enfoque a la organización*, lo cual permite el ecoetiquetado de la organización y de sus productos o servicios con la misma metodología; 2) permite expresar el indicador tanto en toneladas de CO₂ (huella del carbono) como en hectáreas de terreno bioproductivo (huella ecológica); 3) permite extraer los datos de entrada de las cuentas contables, lo cual facilita a su vez, incorporar todas las fuentes posibles de emisión de carbono, permitiendo así la comparabilidad; 4) finalmente, el ciclo de vida previo se incorpora con los productos o consumos de entrada, con lo cual no es necesaria la colaboración directa de clientes o proveedores; la información fluye automáticamente a lo largo de la cadena de suministro.

Las Tablas 3.7 y 3.8 resumen estos enfoques y metodologías disponibles para cuantificar la HdC. La Tabla 3.7 muestra las características de las cuatro principales metodologías para determinar la HdC. La Tabla 3.8 muestra una base comparativa para las características de los enfoques corporativo, de producto e híbrido, con información de la literatura.

Tabla 3.7: Características de las cuatro principales metodologías para determinar la HdC. Fuente: Doménech et al., 2010; CEPAL, 2010; ADEME, 2010; Jancovici, 2003, BSI, 2008.

Enfoque Corporativo	Metodología	Green House Gases Protocol
	Año de creación	2001
	Método	De-arriba-hacia-abajo
	Escala	Empresa
	Unidad de HdC	kg CO ₂ eq/año
	Uso internacional	SI
	Formato	Software Ms Excel con guías en formato PDF
	Transparencia del cálculo	Las guías explican procesos y factores de emisión
	Secuestro de emisiones	Rebaja de la magnitud cuando el cambio de uso de suelo favorece secuestro de emisiones

Tabla 3.7 (continuación)

Enfoque Corporativo	Metodología	Bilan Carbone
	Año de creación	2001
	Método	De-arriba-hacia-abajo
	Escala	Empresa, Territorio y Producto
	Unidad de HdC	kg CO ₂ eq/año; kg CO ₂ eq/Unidad funcional
	Uso internacional	Aplicable bajo marco
	Formato	Software Ms Excel con guías en formato PDF
	Transparencia del cálculo	Las guías explican procesos, fórmulas y factores de emisión
	Secuestro de emisiones	Rebaja de la magnitud cuando el cambio de uso de suelo favorece secuestro de emisiones

Enfoque de Producto	Metodología	Publicly Available Specification PAS 2050
	Año de creación	2007 - 2008
	Método	De-abajo-hacia-arriba
	Escala	Producto
	Unidad de HdC	kg CO ₂ eq/Unidad funcional
	Uso internacional	SI, mayores avances registrados en Reino Unido, Japón
	Formato	Guía PDF
	Transparencia del cálculo	Las guías detallan formulas a emplear, no incluye factores de emisión, estos deben justificarse
	Secuestro de emisiones	Considerada rebaja de la magnitud cuando el cambio de uso de suelo favorece secuestro de emisiones

Enfoque Corporativo y de Producto	Metodología	MC3 Versión 2.0
	Año de creación	2010
	Método	Hibrido de-abajo-hacia-arriba y de-arriba-hacia-abajo
	Escala	Producto
	Unidad de HdC	ton CO ₂ eq/ton producto
	Uso internacional	NO, por ahora solo limitado a España
	Formato	Software Ms Excel con guías en formato PDF
	Transparencia del cálculo	Las guías explican procesos, fórmulas y factores de emisión y bases de datos oficiales y de prestigio, son observables desde planilla de calculo
	Secuestro de emisiones	Considerada rebaja de la magnitud cuando el cambio de uso de suelo favorece la absorción o secuestro de emisiones. Considera la contra huella como indicador parte del cálculo

Tabla 3.8: Características de los enfoques Corporativo, de Producto e Híbrido.

Enfoque Corporativo	Alcance	Alcance 1: Emisiones Directas provenientes del uso de combustible bajo control de la empresa; Alcance 2: Emisiones Indirectas por consumo de electricidad; Alcance 3: Emisiones Subsidiarias o indirectas fuera del control de la empresa
	Tipo de decisión y contexto	Estratégicas, asociadas a sustentabilidad corporativa. proyección de imagen de marca y financieras. Contexto Microeconómico (empresas) y macroeconómico (territorios), geopolítico
	Fuentes de información	Documentación y medición de consumos directos indirectos de actividades operacionales u organizacionales
	Comparabilidad	Ausencia de un estándar único. No hay obligación de incorporar todas las fuentes de emisión
	Normas base ISO	ISO 14064-1 Cuantificación, informe de emisiones y reducciones de GEI
	Actividades incluidas	Todas las actividades de una organización
	Horizonte de tiempo	1 año
	Gases considerados	Todos los gases efecto invernadero

Enfoque de Producto	Alcance	Emisiones generadas a lo largo del ciclo de Vida del producto en base a 2 opciones: negocio a negocio (B2B) o negocio a consumidor (B2C)
	Tipo de decisión y contexto	Operacionales, optimización de procesos , uso eficiente de recursos, posicionamiento comercial e imagen de producto. Contexto Microeconómico competitividad de exportaciones
	Fuentes de información	Mapas de procesos e inventarios Análisis del Ciclo de Vida
	Comparabilidad	Se caracteriza por un enfoque en una unidad funcional específica, el producto. Es una herramienta diseñada para la comparabilidad
	Normas base ISO	BS en ISO 14021; BS en ISO 14044:2006; BS en ISO/IEC 17050; ISO/TS 14048:2002
	Actividades incluidas	Todas las actividades esencialmente productivas
	Horizonte de tiempo	Tiempo asociado al ciclo de vida del producto pudiendo ser mayor o menor de un año.
	Gases considerados	Los seis principales considerados por el Protocolo de Kioto

Tabla 3.8 (continuación)

Enfoque Corporativo y de Producto	Alcance	Emisiones generadas en una organización sin exceder sus límites, sin incluir clientes ni proveedores, ni plantas de tratamiento de desechos.
	Tipo de decisión y contexto	Estratégicas, asociadas a sustentabilidad corporativa y proyección de imagen de marca y de producto, optimización de procesos, uso eficiente de recursos. Competitividad local e internacional
	Fuentes de información	Cuentas contables de la organización permitiendo relacionar el aspecto económico al ambiental
	Comparabilidad	Delimita alcance operacional del cálculo y siempre es el mismo y único para todo tipo de organización, por lo que es comparable
	Normas base ISO	ISO 14064-1 Cuantificación, informe de emisiones y reducciones de GEI
	Actividades incluidas	Todas las actividades de una organización
	Horizonte de tiempo	1 año generalmente
	Gases considerados	Todos los gases efecto invernadero

La información detallada en las Tablas 3.7 y 3.8 puede servir de base para la toma de decisiones gerenciales sobre la adopción de un determinado enfoque y metodología. Las licencias de uso de estas metodologías son gratuitas y de acceso abierto excepto la Bilan Carbone que entrega aplicaciones a personas que han seguido un proceso de capacitación con un costo por módulo (ADEME, 2010).

3.6 Avance en el Conocimiento de la HdC

El mundo científico se ha enfocado principalmente en el estudio de la objetividad del cálculo y en el análisis de las perspectivas arriba-hacia-abajo y abajo-hacia arriba. Ambas estrategias de procesamiento de información características de las ciencias, han dado base a los distintos desarrollos en torno a la HdC para distintas escalas de aplicación (Espíndola y Valderrama, 2012a y 2012b). Aunque en menor medida también se discute sobre métodos híbridos que podrían ofrecer una interesante combinación entre la exactitud, precisión y eficiencia en los costos de cuantificación (Minx et al., 2010). Entre los métodos híbridos destaca el MC3 y que se basa en la huella ecológica desarrollada por Wackernagel y Rees (1996).

Por su parte, el orden geopolítico ha desarrollado esfuerzos tendientes a la reducción y limitación de emisiones de GEI o a través del acuerdo denominado Limitación Cuantitativa de Emisiones o Compromiso de Reducción (QELRC, *Quantified Emission Limitation or Reduction Commitment*). En este contexto, el orden geopolítico ha jugado un papel esencial en los esfuerzos mundiales para establecer acuerdos que permitan contener y mitigar los efectos del cambio climático como consecuencia de las emisiones de GEI. Esto ha significado la activa participación del sector público en la mayor parte del desarrollo de las políticas ambientales, en particular, las regulaciones gubernamentales que ordenan a países y sus organizaciones a informar de sus emisiones de carbono y, en ocasiones, a pagar impuestos sobre la base de compromisos de emisión. Estos foros internacionales también han orientado sus esfuerzos en sumar adscripciones de países que aun siendo emisores importantes en el concierto internacional se han restado de esos acuerdos. Considerando las diferencias de conceptualización del concepto HdC y de sus metodologías de cálculo en lo que respecta a limitarse exclusivamente a un único gas, el CO_2 , o a los GEI establecidos en el protocolo de Kioto (ver Tabla 3.9) la divergencia se encuentra lejos de ser resuelta en especial por la inclusión de un nuevo GEI, el trifluoruro de nitrógeno (NF_3) en el marco del segundo periodo de vigencia del protocolo de Kioto (2012 -2020). En Durban, el trifluoruro de nitrógeno (NF_3) fue añadido al anexo A del Protocolo de Kioto, a la lista de los gases de efecto invernaderos regulados y las nuevas reglas de contabilidad para el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y silvicultura (LULUCF) fueron adoptados para el segundo periodo de compromiso (CMCC, 2015). Como se observa en la Tabla 3.9, el NF_3 es el segundo gas (después del SF_6) con mayor potencial contaminante en una escala donde al CO_2 se le asigna el valor 1.0.

El sector privado ha sido tanto receptor como promotor de los diversos métodos asociados la HdC, sus esfuerzos han estado principalmente enfocados a la obtención de magnitudes que les permitan rendir cuentas públicas a los distintos grupos de interés respecto de una gestión sustentable, ya sea para mejorar o sostener una posición competitiva en el mercado, al margen de cuestionamientos sobre objetividad de los métodos empleados. Esta mayor penetración de la HdC como indica-

Tabla 3.9: GEI desde el Protocolo de Kioto (IPCC, 2007; CMCC, 2015)

	Gas	GWP	Protocolo de Kioto
1	Dióxido de carbono (CO ₂)	1	1 ^{er} período (2005-2012)
2	Metano (CH ₄)	25	
3	Óxido nitroso (N ₂ O),	298	
4	Hidrofluorocarbonos (HFC),	124-14800	
5	Hidrocarburos perfluorados (PFC)	7390-12200	
6	Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	22800	
7	Trifluoruro de Nitrógeno (NF ₃)	17200	2 ^o período (2012-2020)

dor de sustentabilidad se encuentra principalmente en la gran empresa de características exportadoras. En países en los cuales aún no se plantean marcos regulatorios de etiquetado de carbono, el proceso se mantiene a nivel voluntario y ha sido el sector privado quien ha decidido avanzar en el tema por distintas razones. Entre estas, por ejemplo, el conocer mejor sus procesos productivos, generar ahorros energéticos, involucrar a sus proveedores, anticipar potenciales medidas regulatorias, y desarrollar nuevas líneas de mercadeo y competitividad. En marcos voluntarios, una gran mayoría de las empresas demuestra todavía señales de desconfianza debido a los costos de implementación de la medición de la HdC y la falta de visibilidad de los potenciales resultados así como de futuras normas que les serán impuestas. Estas reticencias y confusiones impiden un movimiento general progresivo para identificar fuentes de emisiones de GEI y las medidas correspondientes de reducción.

3.7 Acuerdos Internacionales sobre la HdC

A pesar de algunos acuerdos internacionales, no existe consenso sobre una forma estándar de cuantificar las emisiones, factor que impide avanzar en la adopción de prácticas de gestión como la HdC que permitan la consolidación de una economía realmente sostenible. Un claro ejemplo de esta situación lo constituye el infructuoso trabajo internacional realizado por el comité ISO/TC 207 SC7 y su discusión de la norma ISO 14067. La ISO 14067 recibió un voto negativo y solo fue adoptada como estándar técnico debido a la oposición de una coalición

de países emergentes liderada por India, que temía que en el futuro la norma pudiera convertirse en un obstáculo al comercio (a pesar de que este punto había sido abordado en el texto del proyecto de la norma).

El bloqueo de la norma puede tener consecuencias para el comercio. Al no haber una norma internacional, probablemente habrá una multiplicación de metodologías y referencias más frágiles en el caso de una disputa en la Organización Mundial del Comercio (OMC). La preocupación de los países latinoamericanos frente a exigencias de etiquetados solo podrá ser analizada por la OMC con base en el acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) y el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio, GATT (CEPAL, 2013), los que paradójicamente toman como referencia las normas internacionales.

Si bien no se logró la norma internacional, se propuso e inició la implementación de algunas iniciativas, entre las que destacan las versiones definitivas de la Huella Ambiental de un Producto (PEF, *Product Environmental Footprint*) y la Huella Ambiental de una Organización (OEF, *Organization Environmental Footprint*) de la Comisión Europea, mientras que en Francia evoluciona la norma BPX 30-323, similar a la norma europea. También hubo nuevas versiones del Protocolo de Emisión de Gases Efecto Invernadero y del Índice de Sostenibilidad (SI, *Sustainability Index*) para diversos productos agrícolas. Estas situaciones de divergencia en los métodos inhiben los procesos de adopción, fundamentalmente por la ausencia de información clara, precisa y armonizada de los distintos enfoques metodológicos de la HdC en un lenguaje compatible con la gestión empresarial. Esta situación se intensifica aún más en empresas y organizaciones de economías en desarrollo, en especial, en aquellos segmentos de menor tamaño y de una más limitada capacidad de gestión.

Los distintos esfuerzos en torno a la HdC provenientes de tres vertientes principales, el mundo científico, el geopolítico y el empresarial, no han logrado armonizar sus conceptos e intereses sobre el conocimiento de la HdC y su cuantificación. Esto ha generado la presentación de mociones normativas locales para la regulación de las emisiones. Tal es el caso de Chile, respecto del proyecto de ley que en el año 2009 buscaba modificar la Ley 19.496 sobre protección de los derechos del consumidor y que pretendía exigir a todo fabricante, importador o distribuidor de bienes, informar al usuario, a través del etiquetado las emisiones de dióxido de carbono y el agua utilizada en sus procesos pro-

ductivos, embalaje y traslado hasta sus puntos de venta o distribución. Hasta ahora, no hay acuerdo sobre como cuantificar estos conceptos.

Puesto de una manera simple la HdC en cualquiera de los métodos descritos es calculada adicionando mediante algún modelo matemático los variados factores que inciden en la producción de GEI. Un modelo simple, para explicar la forma de cálculo, es la suma ponderada de los diversos factores, como se describe en la siguiente ecuación:

$$\text{HdC} = \sum x_i y_i F_i \quad (3.1)$$

En esta ecuación general, x_i e y_i son factores de conversión y equivalencia que dependerán del tipo de aplicación (HdC del producto, de una empresa, de un servicio, de una vivienda) y magnitud (local, regional, o de país) y de la influencia de la variable F_i (transporte en avión, o automóvil, uso de carbón o gas natural, emisiones directas o indirectas, kilómetros recorridos, entre muchos otros).

En una aplicación doméstica, por ejemplo en el cálculo de la HdC anual de una familia, el factor F_1 puede ser la electricidad usada, F_2 la cantidad de automóviles que tiene la familia o los kilómetros recorridos, F_3 los metros cuadrados construidos, F_4 el gasto en supermercado, F_5 los viajes realizados y las distancias recorridas en avión, entre variados otros factores. En el cálculo de la HdC de un producto, el factor F_1 puede ser por ejemplo el tipo y tamaño de envase, F_2 el origen de las materias primas, F_3 tipo de producto analizado, F_4 el tipo de proceso al que fue sometido, F_5 el tipo de energía utilizada en su manufactura, entre otros. En una aplicación industrial por ejemplo, el factor F_1 puede ser la cantidad de combustible de tipo A que usa la empresa, F_2 la cantidad de combustible de tipo B, F_3 la electricidad usada, F_4 la cantidad de acero usado en el proceso, F_5 la cantidad de plásticos y materiales no degradables que consume la empresa, F_6 los metros cuadrados construidos, F_7 la cantidad de personas que trabajan en la empresa, entre otros posibles factores. Shimo-Barry y Maron (2008) en su libro *“La ecuación ambiental”*, propone un simple método para calcular la HdC doméstica. La autora define ocho variables (F_i) y sus respectivos factores de equivalencia y conversión. La Tabla 3.10 muestra las variables y los factores de conversión, para la ecuación (3.1). El resultado es la HdC en libras de CO_2 por año. El promedio en los Estado Unidos es de 16 a 22 mil libras.

Tabla 3.10: Variables y factores de equivalencia para calcular la HdC doméstica (Shimo-Barry y Maron, 2008)

N°	$Variable F_i$	x_i, y_i
1	Gasto mensual en electricidad en US\$	105
2	Gasto mensual en gas en US\$	105
3	Gasto mensual en gasolina gas en US\$	113
4	Millas recorridas en su auto al año	79
5	Número de vuelos de menos de 4 horas por año	1,100
6	Número de vuelos de más de 4 horas por año	4,400
7	Recicla papel de diario y similares	NO es agregue 184; Si es no agregue nada
8	Recicla envases aluminio y estaño	NO es agregue 166; Si es no agregue nada

Para el cálculo de la HdC global, Ewing et al. (2010) presentan esta ecuación:

$$HdC = \frac{P_c(1 - S_o)}{Y_c} * EQF \quad (3.2)$$

Aquí, P_c es la producción anual de emisiones de CO_2 , S_o es la fracción de emisiones antropogénicas (producidas por las actividades humanas), que es secuestrada por los océanos en un año, Y_c es la cantidad total de carbono absorbido por hectárea de bosque disponible, y EQF es un factor de equivalencia para el país, el año, y el tipo uso de suelo.

La producción anual de emisiones P_c es calculada adicionando mediante algún modelo matemático los varios factores que inciden en la producción de GEI, similar al modelo de la ecn. (3.1). Sobre qué valores de los factores de conversión y equivalencia y cuales variables F_i considerar en el cálculo de la HdC no hay consenso aún en instituciones, empresas y en la academia. Esto ha llevado a que no se tenga aún un método aceptable y general para determinar y comparar la HdC de productos, servicios, viviendas, y empresas.

3.8 HdC y Falta de Consenso Internacional

Los antecedentes de la literatura muestran que el tema de cambio climático y huella del carbono está llegando de a poco a los usuarios y a quienes provocan nuestros problemas ambientales (nosotros mismos). Hay consenso general de que a mayor concentración de gases con efecto invernadero se producirá mayor aumento en la temperatura en la tierra y que el cambio climático existe. Además, la HdC se perfila como un indicador capaz de sintetizar los impactos provocados por las actividades del hombre en el entorno, medido en términos de emisiones de GEI. Por lo tanto, la HdC representa una poderosa herramienta de gestión y un estímulo para adoptar una estrategia para el logro de la sustentabilidad de las organizaciones.

Sobre qué valores de los factores de conversión y equivalencia, cuales variables F_i y que alcances considerar en el cálculo de la HdC, no hay consenso aún en instituciones, empresas y en la academia. Por lo tanto, no existe aún un método aceptable y general para determinar y comparar la HdC de productos, servicios, viviendas y empresas. Se hace necesario avanzar en la difusión de las bases conceptuales involucradas en la HdC, en todos los actores de la sociedad de manera de facilitar la discusión y búsqueda de acuerdos

La solución a las diferencias y cuestionamientos a la utilidad de la HdC como indicador de sustentabilidad ambiental, cuando se trata de productos, pudo tener alguna solución con la aprobación del estándar ISO 14067. Sin embargo, la definición de este estándar constituyó un claro ejemplo del infructuoso trabajo internacional realizado por el comité ISO/TC 207 SC7, no habiendo consenso aún.

Capítulo IV

HdC, Empresas y Competitividad

4.1 Introducción

Como se ha descrito en los capítulos anteriores, la HdC se perfila como un indicador capaz de sintetizar los impactos provocados por las actividades del hombre en el entorno, medido en términos de emisiones de GEI y se presenta como una poderosa herramienta de gestión y un estímulo para adoptar una estrategia proactiva en el logro de la sustentabilidad y competitividad de las organizaciones (Wiedmann y Minx, 2008, Boiral, 2006; Wittneben y Kiyar, 2009). En particular, el uso de la HdC ha encontrado un importante campo de aplicación en ámbitos tales como la eficiencia energética, y en el impacto sobre los costos operacionales de la empresa, contribuyendo no sólo a la sustentabilidad ambiental, sino también, a la rentabilidad económica de la misma.

El éxito en la contribución al cambio climático que pueda ofrecer la HdC para poner en práctica cadenas de producción sostenibles, pasa por el reconocimiento de las responsabilidades de los productores y de los consumidores. Esto porque si el consumidor sigue exigiendo un producto o servicio a un precio que produce pobres resultados ambientales e injustos efectos sociales y económicos, se requerirá mayores esfuerzos de las empresas para convencer y mejorar las decisiones de compra del consumidor. Sin embargo, incluso una empresa que comience exitosamente como la más verde de las empresas estará forzada a afrontar las realidades presentes del mercado (Foran et al., 2004).

El desarrollo de métodos para calcular las emisiones de carbono ha sido relativamente rápido y se han ido adaptando a las diversas políticas gubernamentales y las agendas corporativas (Plasmann et al., 2010). Sin embargo, los múltiples intereses involucrados han impedido la adopción de una forma general para su cuantificación. Los principales intentos han sido patrocinados por gobiernos que buscan facilitar la definición de estándares nacionales que apuntan al cumplimiento de los compromisos de emisión adquiridos. En esta línea, la HdC comienza a perfilarse como un útil mecanismo de protección para la competitividad de las producciones nacionales y un medio simple para la entrega

de información a los consumidores. Sin embargo, más importante que esto son las modificaciones en los patrones de producción y consumo que se está produciendo y que pueden dar origen a nuevas oportunidades de negocios o pérdidas de competitividad para las empresas (De La Torre et al., 2009). Una forma de entregar esta información es el correcto etiquetado de los productos indicando en la etiqueta la magnitud de la HdC de dichos productos (Plasmann et al., 2010, Rööös et al., 2010).

4.2 La HdC como Indicador de Gestión

La introducción de la HdC como un indicador en la gestión de cadenas de suministro impone un importante desafío a los países en vías de desarrollo dado que gran parte de los productos que se consumen en Europa, Norteamérica y otros países industrializados, se producen en estos países en desarrollo. Esta situación, unida a la falta de conocimientos científicos sobre las emisiones de GEI de los países en desarrollo, implica para los países desarrollados un riesgo de que el etiquetado y que los instrumentos utilizados en la contabilidad de carbono no representen adecuadamente los sistemas de producción.

Por otra parte, desde la perspectiva de los países en desarrollo el contar con una magnitud de HdC se transforma en factor de competitividad importante, dado que es un indicador que de estar ausente podría perjudicar la generación de beneficios económicos y reducir las oportunidades de exportación, al enfrentarse a restricciones impuestas al comercio (MacGregor y Vorley, 2006; Brenton et Al., 2009; Schneider y Samaniego, 2009; Kasterine y Vanzetti, 2010).

No sólo la ausencia de declaración de emisiones constituye un riesgo, sino también la magnitud de este indicador, especialmente cuando ésta constituye una declaración de superioridad o equivalencia de un producto versus otro producto de la competencia (SETAC, 2008). Diferentes metodologías, normas públicas e iniciativas privadas voluntarias para calcular la HdC de los productos se encuentran operativas o en desarrollo, especialmente en países como Reino Unido, Francia, Alemania, Japón, Suiza, Suecia, Nueva Zelanda, EE.UU., Corea y Tailandia (Schneider y Samaniego, 2009). Aunque ya se están aplicando varios esquemas, el estándar PAS2050 (BSI, 2008) es el único completamente terminado y operativo para el cálculo de HdC para productos. El British Standard Institute (BSI) presentó en Londres en el mes de mayo de 2010

la norma PAS2060, que se aplica a organizaciones y productos que quieran convertir sus emisiones de CO₂ en neutras. Esta certificación tiene como objetivo suplir un vacío que generaba confusión en el público, ya que cada vez hay más productos en el mercado que afirman ser neutros en emisiones y no había ninguna norma en esta materia (BSI, 2010).

Algunos sectores interesados incluso consideran que, si una norma internacional logra ser desarrollada (como el intento fallido de la ISO 14067 Carbon Footprint), la demanda de requisitos más específicos podría limitar la adopción de la HdC. Esto generaría la adopción de normas de nivel nacional o de ciertos sectores comerciales para comparar bienes o servicios con alcances similares en los ciclos de vida y que tengan etapas similares de producción, entre otros factores (Röös et al., 2010).

En el caso de las economías abiertas, la HdC no sólo trae consigo el establecimiento de parámetros que permiten discriminar a favor o en contra de la demanda de los productos, sino que impone importantes desafíos de competitividad al sector exportador. Las emisiones de GEI asociadas al transporte de productos hacia los mercados de destino, en teoría, constituirían uno de los principales parámetros diferenciadores entre bienes de consumo similares. De consolidarse esta tendencia mundial en el comercio internacional, se establecería una desventajosa y negativa percepción de los productos provenientes de países más lejanos a los distintos puntos de consumo final, dada su alta intensidad de carbono esperada, producto de las emisiones asociadas al transporte (Schneider y Samaniego, 2009). Sin embargo, las emisiones del proceso productivo en muchos casos pueden superar a las del transporte.

En América Latina el tema apenas empieza a reconocerse y pocos han comenzado a asumir iniciativas específicas para cuantificar la HdC de los productos de exportación como estrategia preventiva. Estos pocos reconocen la ausencia de definiciones sobre el marco metodológico a utilizar en el cálculo, la determinación de factores de conversión locales, la generación de datos propios de emisión, la identificación de fases críticas de los procesos y cadenas de suministro de bienes y servicios. Las iniciativas existentes responden a las nuevas exigencias de los mercados compradores o de empresas transnacionales (Schneider y Samaniego, 2009).

Entre los países que destacan por sus esfuerzos en la determinación de la HdC y su futura adopción se cuentan Alemania, Estados

Unidos, Reino Unido, Japón y Francia quienes han logrado importantes avances. De este grupo de países, Francia es probablemente el país que ofrece menores horizontes de tiempo para que sus iniciativas deriven en acciones legales que establezcan obligatoriedad respecto de la información de la HdC a ser entregada a los ciudadanos. Esto agregará, sin dudas, un nuevo factor a considerar en el proceso de decisión de compra y consumo de bienes y servicios, que por años ha estado dominada por el precio y su relación con la utilidad (ADEME, 2010). La HdC comienza a ganar terreno en la construcción del valor de productos y servicios. Pero de mantenerse la falta de claridad y comparabilidad en la determinación de emisiones podría provocar a la larga el fracaso de un ecoetiquetado global y la pérdida de una gran oportunidad para lanzar una nueva economía sostenible (Doménech et al., 2010).

4.3 Impactos de la HdC en el Comercio Internacional

Como se explicó en capítulos anteriores, en el ámbito del comercio internacional hay dos enfoques que han cobrado importancia para cuantificar las cargas ambientales ocasionadas por las actividades humanas: i) *el enfoque de producto basado fundamentalmente en el análisis el ciclo de vida de dicho producto (product cycle life)*; y ii) *el enfoque corporativo (corporate life cycle)*, considerando todos los bienes y servicios de la empresa (Weidmann, et al., 2009). Ambos enfoques pueden llegar a resultados muy distintos asunto que produce justificadas dudas respecto a uno u otro enfoque.

Sin embargo, ambos enfoques podrían generar importante repercusión a corto plazo en los países de América Latina, fundamentalmente por ser una región principalmente exportadora de recursos naturales y productos de bajo valor agregado, como son los productos agrícolas, forestales, acuícolas y mineros. Para enfrentar en mejor forma las obligaciones que seguramente vendrán es necesario tener claridad con respecto a la metodología a adoptar.

En este sentido, parece relevante abordar desde Latinoamérica procesos de investigación -tanto en la academia como en la industria- destinados a resolver las interrogantes de los distintos enfoques, en especial sobre los métodos más relevantes (PAS 2050, GHG, Bilan Carbone, MC3), ya sea para tener un indicador único o disponer de métodos de equivalencia que permitan compararlos.

4.4 La Situación Actual en América Latina

Muchos países en vías de desarrollo, como la mayoría de los latinoamericanos, además, de hacer frente a sus propios retos, deben enfrentarse a las consecuencias negativas del cambio climático que agravan los problemas de desarrollo ya existentes (p. ej., escasez de agua, seguridad alimentaria). Usualmente, estos países tienen una menor capacidad de adaptación a los riesgos y a las oportunidades del cambio climático, dada sus condiciones de infraestructura, seguridad energética, instituciones estatales poco desarrolladas, menores niveles de escolaridad y falta de inversión de capital y poca inversión en investigación, entre otras. Esto implica que los países latinoamericanos se enfrentan, además, al riesgo de tener que sumarse a acuerdos internacionales tomados por un conjunto de países muy diferentes en cuanto a su nivel tecnológico, productivo, expectativas de desarrollo futuro y emisiones de GEI (Tapia et. al, 2013).

En América Latina existe una serie de iniciativas, a menudo establecidas en base a voluntades institucionales. Y a pesar de la falta de uniformidad del marco metodológico disponible (HdC) y de los marcos regulatorios propios de cada nación, empresas tanto locales como multinacionales con bases en América Latina, han implementado procesos de medición de huella del carbono. Incluso algunas han logrado procesos de reducción y compensación para un estado neutro en carbono. Estas experiencias demuestran los inicios de una concientización y reacción, que varía según los países y sus orientaciones económicas. La Tabla 4.1 sintetiza los principales organismos, legislación, estrategias, políticas, planes y programas estatales en algunos países latinoamericanos que hoy lideran este proceso, tanto por su tamaño como por su compromiso con la mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático.

Brasil creó el año 2006, su propio mercado de carbono, el que tiene como meta principal el apoyo a la generación de proyectos MDL que podrán abastecer de bonos de carbono a los países desarrollados sujetos a cuotas de emisiones en el marco del Protocolo de Kioto. Sin embargo, en el año 2009 Brasil dio pasos concretos hacia compromisos propios de mitigación de emisiones de GEI. El Plan Nacional sobre el Cambio Climático (PNMC), que plasma los lineamientos de la lucha contra el cambio climático es Ley Federal desde el 9 de diciembre del 2009.

Tabla 4.1: Principales organismos, legislación, estrategias, políticas, planes y programas estatales en algunos países latinoamericanos (PNUMA, 2015; Magrin, 2015; CEPAL, 2018; ENCC, 2018)

País	Legislación	Estrategia/ /política	Planes y programas
Argentina	•Ley 24295: Aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1993) •Ley 25438 Aprueba el Protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, adoptado en Kioto – Japón. (2001) •Ley 25.675 General de Ambiente (2002) •Decreto N. 140/2007 que crea el programa nacional para el uso racional de la energía y eficiencia energética (PRONUREE), y declara la eficiencia energética de interés nacional •Ley de Bosques N. 26.631 (2007) •Ley N. 26473 prohíbe, a partir de 2011, la comercialización de lámparas incandescentes •Ley N. 26123 para la promoción del desarrollo de del hidrógeno como combustible. •Ley de Biocombustibles N. 26093 •Ley N. 26.334 aprueba el Régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol •Ley N. 26190 financia inversiones en energía renovable y propone la meta a alcanzar del ocho por ciento en la participación de las energías renovables en el consumo eléctrico nacional al año 2017	•Se crea la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable SAYDS (2002), como autoridad encargada de la aplicación de la Ley 24.295 •Por Resolución 56/2003 se creó la Unidad de Cambio Climático (UCC) dentro de la SAYDS para instrumentar las responsabilidades asignadas a dicha Secretaría ante la CMNUCC. Posteriormente, (2007) la UCC se transformó en Dirección (DCC) dependiente SAYDS. •En diciembre 2009 se crea el Comité Gubernamental sobre Cambio Climático (CGCC), con la participación de 24 entidades gubernamentales de carácter sectorial •Estrategia Nacional de Cambio Climático en Argentina 2011	•Programa nacional sobre impactos del cambio climático •En el año 2005 se creó el Fondo Argentino de Carbono (FAC), el cual tiene como objetivo incentivar el desarrollo de proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de las Naciones Unidas.

Tabla 4.1 (continuación)

País	Legislación	Estrategia/ política	Planes y programas
Brasil	•Ley Federal 12.187 sobre Política Nacional de cambio climático (2009) que incorpora todos los instrumentos gubernamentales previos (Plan Nacional de cambio climático, Fondo Nacional de cambio climático). •Con esta ley se formaliza un compromiso voluntario para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 36,1% y el 38,9% de las emisiones previstas en 2020. •El Decreto No 7.390 (2010) regula la Política Nacional sobre el Cambio Climático y define su funcionamiento a través de planes sectoriales para la mitigación y adaptación al cambio climático.	•En el año 2006, crea su propio mercado de carbono •Se crea la Secretaría de cambio climático y Calidad Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, con tres departamentos que coordinan la implementación de políticas orientadas a: i) la lucha contra la deforestación, ii) mitigación y iii) adaptación. •El Plan Nacional sobre el Cambio Climático (PNMC) 2009	•Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2016) un instrumento de política pública que tiene como objetivo promover la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático y llevar a cabo la gestión de riesgos
Chile	•Norma de calidad ambiental y emisión (2012) •Ley 20.698 Ministerio de Energía (2013), que promueve la ampliación de la matriz energética, mediante fuentes renovables no convencionales. •Esta ley propicia la ampliación de la matriz energética mediante fuentes renovables no convencionales, y pretende elevar la meta de generación eléctrica de ERNC desde un 10% a un 20% en el año 2025. •Reforma Tributaria (2014) e implementación de impuestos verdes gravan emisiones contaminantes y reconocen su costo social como base impositiva: Impuesto a la venta de vehículos (N2O) e impuesto a fuentes fijas (N2O, SO2 y CO2) Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (última versión 2016)	•Creación de la Comisión Nacional de Medio Ambiente CONAMA (2006) •Creación de la Oficina de Cambio Climático (2010) •Creación de la Plataforma de generación y comercialización de créditos de carbono en el sector forestal chileno, creado por CONAF (2012) •Estrategia Nacional sobre bosques y Cambio Climático (2013) •Política Energética de Chile Energía 2050 (2015)	•Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario (2013) •Planes de prevención y descontaminación (2013) •Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2014).

Tabla 4.1 (continuación)

País	Legislación	Estrategia/ /política	Planes y programas
México	•Ley General de Cambio Climático (2012) es el principal instrumento de política con el que dispone el país para enfrentar el cambio climático. •La Ley crea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático como un organismo público descentralizado de la administración pública federal, con personalidad jurídica, patrimonio propio y autonomía de gestión, sectorizado en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Asimismo, norma la Política Nacional de Cambio Climático, Política Nacional de Adaptación frente al Cambio Climático y la Política Nacional de Mitigación de Cambio Climático. •De igual manera define como instrumentos de planeación la Estrategia Nacional de Cambio Climático, el Programa de Cambio Climático y los programas de las Entidades Federativas. También integra un Sistema de Información sobre el Cambio Climático a cargo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. •Asimismo, crea el Fondo para el Cambio Climático con el objeto de captar y canalizar recursos financieros públicos, privados, nacionales e internacionales, para apoyar la implementación de acciones para enfrentar el cambio climático.	•Programa Especial de Cambio Climático PECC (2008) •Se conforma la Comisión Intersectorial de Cambio Climático (2013) es el mecanismo permanente de coordinación de acciones entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal y está integrada por 13 secretarías de estado y el Consejo Consultivo •Se crea el Sistema Nacional de Cambio Climático SINACC (2014) encargado de la coordinación de los distintos órdenes de gobierno y la concertación entre los sectores público, privado y social. •Estrategia Nacional de Cambio climático (ENCC) que tiene en cuenta las principales áreas focales relacionadas con las políticas climáticas intersectoriales, la adaptación y la reducción de emisiones	•Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018, contiene los objetivos y acciones de adaptación y mitigación de la Administración Pública Federal

Esta Ley Federal adopta metas voluntarias de reducción de emisiones de GEI, entre 36 y 39 de las emisiones proyectadas para 2020 (Robinson, 2010). Brasil está estructurando organismos y herramientas a fin de lograr esta meta y ha entregado a los actores locales un fuerte mensaje de objetivos de mitigación. Brasil vive ahora una fase de crecimiento de la conciencia, sobre todo empresarial y de iniciativas de medición y mitigación de la huella del carbono.

El Ministerio de Medio Ambiente brasileño presentó en mayo de 2016 el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, un instrumento de política pública que tiene como objetivo promover la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático y llevar a cabo la gestión de riesgos. El Plan identifica los impactos actuales y futuros sobre la base de las proyecciones climáticas, hace un análisis de vulnerabilidad y define acciones, objetivos y directrices que promueven la adaptación en cada sector. Los objetivos del Plan son parte de las contribuciones enviadas por Brasil a las Naciones Unidas dentro de los esfuerzos mundiales para combatir el cambio climático. Por otro lado, en septiembre, el presidente de Brasil, Michel Temer, firmó la ratificación del Acuerdo de París, con el compromiso de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 37% en 2025 y un 43% en 2030, con base en el año 2005. A través de este Plan de Adaptación al Cambio Climático y la ratificación del Acuerdo de París, Brasil confirmó el compromiso de adoptar políticas y acciones para prevenir que el calentamiento global alcance el 2 ° C y quizás 1.5 ° C.

México tomó el compromiso de reducir al año 2012 sus emisiones de GEI en 50 millones de ton CO₂eq, respecto a su nivel de emisiones de 2004, además de establecer un compromiso general de reducción de 50% de las emisiones para el año 2050. Para cumplir esta meta se diseñó e implementó el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), su principal herramienta para identificar áreas vulnerables. El año 2008 el PECC integró el Programa Voluntario de GEI de México, implementado en el 2004, para la contabilidad de los GEI y para la generación de proyectos de reducción de emisiones. Al final del 2009, el programa contaba con 98 empresas inscritas, responsables del 21% de las emisiones mexicanas de GEI. Además de otras iniciativas nacionales, tales como incentivo a la producción y uso de biocombustibles, en particular, se está dando en México un proceso de reforzamiento de la conciencia sobre los graves problemas y grandes desafíos planteados por el calentamiento global.

La Ley General de Cambio Climático data de 2012 y es el principal instrumento de política con el que México enfrenta el cambio climático, dicha ley es producto de la suma de siete iniciativas, congruentes con el sistema federal mexicano. Las principales contribuciones de la LGCC fueron: i) insertar el tema de cambio climático en los tres niveles de gobierno y de forma transversal; ii) incluir la participación de la sociedad en el tema de cambio climático y iii) establecer metas de mitigación y acciones de adaptación. La ley contiene aspectos de adaptación, mitigación, vulnerabilidad, desarrollo y transferencia de tecnologías, así como mecanismos de financiamiento para hacer frente al cambio climático. Además, establece 12 principios que deben ser observados en la formulación de la política nacional en la materia, entre los que destacan: prevención, precaución, responsabilidad ambiental, conservación de ecosistemas y biodiversidad, y participación ciudadana.

En el año 2014 se crea el Sistema Nacional de Cambio Climático mexicano (SINACC) es el encargado de la coordinación de los distintos órdenes de gobierno y la concertación entre los sectores público, privado y social. Este sistema debe propiciar sinergias para enfrentar de manera conjunta la vulnerabilidad y los riesgos del país y establecer las acciones prioritarias de mitigación y adaptación. La Comisión Intersectorial de Cambio Climático es el mecanismo permanente de coordinación de acciones entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal y está integrada por 13 secretarías de estado y el Consejo Consultivo. Dentro de los instrumentos de planeación cuenta con la Estrategia Nacional de Cambio climático (ENCC) que tiene en cuenta las principales áreas focales relacionadas con las políticas climáticas intersectoriales, la adaptación y la reducción de emisiones (ENCC, 2018).

Argentina ha mostrado fuertes preocupaciones con respecto a los avances demostrados por la Unión Europea y los Estados Unidos frente a los productos que estos países importan (etiquetado de carbono, potencial impuesto carbono). En particular, Argentina tiene motivaciones vinculadas con las exportaciones de productos agrícolas, argumentando que ciertas medidas podrían generar discriminación de sus productos frente a los mismos en otros ámbitos geográficos y otros contextos productivos. En el ámbito privado se desarrollan algunas iniciativas voluntarias en empresas multinacionales con actividades en Argentina (bancos, productos agrícolas) y empresas locales. En general, Argentina muestra avances limitados en esta materia, especialmente a nivel institucional.

Argentina no cuenta con ley marco de cambio climático, sin embargo, como signataria de acuerdos internacionales sobre protección del medio ambiente ha avanzado en los últimos años en la implementación de leyes y reglamentos en sectores claves de la economía que inciden en la agenda de cambio climático. En el año 2011 comienza la elaboración de la Estrategia Nacional de Cambio Climático. La legislación vigente de interés para el tema de cambio climático se refiere principalmente al sector energético: Decreto N. 140/07 que crea el programa nacional para el uso racional de la energía y eficiencia energética (PRO-NUREE), y declara la eficiencia energética de interés nacional; la Ley N. 26473 prohíbe, a partir de 2011, la comercialización de lámparas incandescentes; Ley N. 26123 para la promoción del desarrollo de la tecnología, la producción, el uso y aplicaciones del hidrógeno como combustible.; la Ley de Biocombustibles N. 26093 para la promoción de la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles y crea una Comisión Nacional Asesora para la Promoción de estas actividades; la Ley N. 26.334 aprueba el Régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol; la Ley N. 26190 financia inversiones en energía renovable y propone la meta a alcanzar del ocho por ciento en la participación de las energías renovables en el consumo eléctrico nacional al año 2017. La Ley de Bosques N. 26.631 (2007) es relevante para la adaptación y la mitigación, ya que establece las bases para crear un plan general de ordenamiento forestal del bosque nativo, el cual obliga a las provincias a adoptar una moratoria a la deforestación hasta tanto se aprueben los respectivos planes de ordenamiento forestal dentro de sus territorios.

Argentina ha mostrado fuertes preocupaciones con respecto a los avances y orientaciones demostrados por la Unión Europea y los Estados Unidos frente a los productos que estos países importan (etiquetado de carbono, potencial impuesto carbono). En particular, Argentina tiene motivaciones vinculadas con las exportaciones de productos agrícolas, argumentando que ciertas medidas podrían generar discriminación de sus productos frente a los mismos productos en otros ámbitos geográficos y otros contextos productivos. En el ámbito privado se desarrollan algunas iniciativas voluntarias en empresas multinacionales con actividades en Argentina (bancos, productos agrícolas) y empresas locales. En general, Argentina muestra avances limitados en esta materia, especialmente a nivel institucional.

La mayoría de los países de América Latina considera a la HdC

y las decisiones que pueden resultar de ella, como un impuesto al carbono y como un parámetro potencialmente discriminatorio para el intercambio comercial de productos agrícolas y materias primas, que son su principal fuente de ingresos. Consideran, por otra parte, que los países industrializados, reconocidos como los principales responsables del calentamiento global, deberían apoyarlos en mejorar sus tecnologías y conocimientos en esta materia para que no sean castigados en forma unilateral. Los procesos voluntarios como la HdC de productos se sigue interpretando en Latinoamérica como un factor comercial propio de las empresas que pueden estar sometidas a presiones para la exportación de sus productos, y no como una Política de Estado que responda a desafíos económicos internacionales y medioambientales globales.

Considerando que ciertos países están más avanzados que otros, las debilidades de los países latinoamericanos frente a la implementación de la HdC y sus consecuencias son, según el documento de la CEPAL (2010), las siguientes: i) falta de conocimiento técnico en las fuentes de emisiones de GEI y su medición; ii) falta de análisis crítico de los marcos metodológicos en los países compradores; iii) falta de análisis de necesidad de elaboración de métodos propios; iv) falta de conocimiento y desarrollo de los factores de emisión que se podrían aplicar a la región; v) falta de identificación de los actores, procesos y certificados que validen la medición de la HdC; vi) falta de armonización de posiciones frente a medidas tales como el impuesto carbono; vii) falta de difusión/ educación hacia la sociedad civil, las empresas y el público/ cliente en general; y viii) falta de preparación y anticipación de futuras regulaciones en los sectores públicos y privados. Como se ha descrito anteriormente, a pesar de que los países desarrollados están más avanzados al respecto, aún no han solucionado integralmente algunas de las debilidades a las que son sujetos. Para los países de Latinoamérica se abre un importante espacio de discusión y negociación, especialmente para aquellos de economías abiertas bajo un modelo económico eminentemente exportador.

4.5 La situación de la HdC en Chile

Chile ha empezado un proceso institucional de análisis de adaptación y respuesta a los desafíos planteados por las orientaciones europeas y estadounidenses, con la visión clara de lograr mantener y fortalecer su competitividad en el escenario internacional frente a vecinos

latinoamericanos y a países de otras regiones. En particular, en mayo de 2009 se inició el estudio *HdC en productos de exportación agropecuarios de Chile*, que se desarrolló en el marco del Plan de Acción Nacional del Cambio Climático 2008-2010. El estudio ya incluía de forma explícita la HdC en las consideraciones de orden estratégico para enfrentar el cambio climático y cuantificar sus efectos.

En paralelo, empresas grandes y medianas han empezado procesos voluntarios de cálculo de sus emisiones de GEI a nivel de sitios de producción. Este es el caso del sector forestal, vitivinícola, maderero y papelerero, donde varias empresas implementan medidas de reducción y compensación. En el sector minero se está desarrollando un proyecto en el cual se busca reconocer potenciales emisores de GEI que pueden ser reducidas en sus faenas. El sector más avanzado en Chile es el vitivinícola, situación que se explica, entre otros motivos, por la presión que ejercen algunos importadores europeos, su principal mercado. Las herramientas metodológicas utilizadas son, en la mayoría de los casos, replicas o adaptaciones del Protocolo GHG y del PAS 2050.

Aunque en Chile todavía no se dispone de todas las herramientas necesarias, el país ha establecido las bases para avanzar hacia la adaptación de estrategias y herramientas dedicadas a la HdC, con la motivación de mantener los niveles de exportaciones hacia Europa y los Estados Unidos, y cumplir acuerdos ya establecidos para entrar a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), de la que Chile es miembro desde el año 2010. Hoy en día, Chile se posiciona como uno de los líderes en América Latina con respecto al estudio y aplicación de la HdC.

Un informe conjunto de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), detallan con bastante exactitud la situación chilena en materias ambientales, analizando algunos aspectos históricos y proyectando lo que debería ser Chile en el futuro cercano. En un párrafo del informe que creemos pertinente para describir la situación se lee: *“La apertura al comercio internacional y un entorno propicio para las inversiones facilitaron la penetración de las tecnologías ambientales de vanguardia, lo que ayudó a reducir la huella ambiental de la industria y a expandir a gran velocidad la generación eléctrica a partir de la energía solar y eólica. Si bien la capacidad nacional para producir tecnologías verdes es limitada, los gastos en investigación y desarrollo*

(I+D) destinados al medio ambiente aumentaron hasta alcanzar en 2012 el 9% del total de las erogaciones en I+D, uno de los porcentajes más altos de América Latina. El número de solicitudes de patentes para tecnologías relacionadas con el medio ambiente, si bien acotado, aumentó casi el doble de las solicitudes de patentes en los demás campos tecnológicos. El sector chileno de los bienes y servicios ambientales creció a un ritmo más veloz que el resto de la economía y se estima que en 2010 representó el 1,7% del PIB” (CEPAL-OCDE, 2013).

Aunque el informe no menciona en ninguna de sus partes el concepto de huella del carbono, usa el término *huella ambiental*, para la que una forma de medirla es la huella del carbono. Se sostiene también que “*si se asegura una aplicación rigurosa de la normativa ambiental y se adoptan procedimientos de etiquetado ecológico y contrataciones públicas ecológicas en todas las etapas, se podría fomentar aún más la demanda de productos verdes*. Como sabemos una de las formas de etiquetado que ya está presente en los países desarrollados es la HdC.

Hasta hace un par de años, la sección Economía de Emol (www.emol.cl) titulaba en forma destacada que “*Ni siquiera el 1% de las empresas en Chile mide sus huellas de carbono*”. La situación no ha cambiado mucho en estos dos o tres años por lo que el informe de Emol se puede considerar vigente hoy en día. El reportaje sostiene que mientras en el Reino Unido, probablemente el grupo de países más avanzados en la aplicación y uso de la HdC, el 96% de las empresas mide e informa sobre la HdC, en Chile hay solamente 132 empresas que miden su HdC. Esto representa aproximadamente 1% del total de las compañías que registraron ventas en Chile durante 2013. En Chile no hay obligatoriedad para que las empresas midan sus emisiones ni las reporten.

En Europa, y en particular en el Reino Unido, industrias como cemento, vidrio, química, y empresas relacionadas con la energía y minería, entre otras, tienen que medir sus emisiones y reportarlas una vez al año. De manera adicional, en el Reino Unido y otros países cuentan con una legislación climática, la que establece un plan nacional de reducción de emisiones que incluye a las empresas. En Chile estamos atrasados y creemos que el futuro nos pasará la cuenta.

Un ejecutivo sostiene que “*Hay un desconocimiento (en un nuestro país) de la problemática del cambio climático o la falta de recursos para hacerlo, tanto internos como externos (tiempo, información, financiamiento, entre otros)*. Esta última barrera tiende a reducirse cuando la

estrategia climática de la empresa se vincula directamente con la gestión del negocio y especialmente con la estrategia comercial” (Emol, 2014).

En Chile, las empresas que producen mayores emisiones son las que generalmente reportan su HdC, en particular en el área minera, productiva, y generadoras de energía. En algunos casos, las mediciones y reportes de la HdC las hacen por requerimiento de los mercados a donde van dirigidos sus productos. Este es el caso de las empresas vitivinícolas a las que la HdC les sirve como un factor diferenciador en el mercado europeo y/o constituye una obligación para ingresar a ciertos mercados. Probablemente la industria vitivinícola es la más avanzada en Chile en temas relacionados con medición y aplicación del concepto de la HdC.

4.6 HdC y el Sector Minero en Chile

Chile tiene una matriz energética bastante diversificada, con petróleo, carbón y gas como las fuentes más importantes, pero con petróleo y gas importados (que constituyen más de la mitad de toda la energía consumida), y por lo tanto dependientes de factores externos de disponibilidad y precios. El carbón, siendo una fuente muy contaminante de energía, aporta el 21% de toda la matriz.

En el caso de Chile es de especial importancia la cantidad y tipo de energía que se consume en las diferentes etapas de los procesos mineros. Por ejemplo, en la minería del cobre las actividades de extracción ya sea de tajo o subterránea consumen un poco menos de energía que las actividades de procesamiento como concentración y lixiviación. Sin embargo, las actividades de extracción dependen fundamentalmente de combustibles fósiles mientras que las de procesamiento dependen fundamentalmente de electricidad, generada principalmente en Chile en base a gas y carbón. Este aspecto es importante para evaluar el impacto energético de las estrategias que proponen poner valor agregado a los recursos no renovables en lugar de exportarlos en bruto.

Algunas empresas mineras en Chile han realizado ya por varios años la estimación y reporte público de la HdC, de sus procesos y productos (Cochilco, 2013). La cuantificación se hace en forma simple considerando un alcance limitado; quema de los combustibles utilizados en las faenas, el uso de combustibles en el transporte de minerales, materiales y personal; en los procesos mineros y metalúrgicos; y en la administración y campamentos. A pesar de lo limitado de estas mediciones,

ello representa un avance importante, considerando que en Chile aún no hay obligación de medir ni reportar la HdC ni ningún otro indicador de GEI, no hay multas, no hay compensaciones, y finalmente el avance es lento. A pesar de ello, el tema ha estado en el ámbito público siendo un reflejo de ello los frecuentes escritos, reportajes y noticias sobre la HdC en la minería publicados por la Revista Minería Chilena (<http://www.mch.cl>) en los últimos años. La Tabla 4.2 resume algunos de estos documentos.

Tabla 4.2: Escritos, reportajes y noticias sobre la HdC en la industria minera reportados por la *Revista Minería Chilena* en los últimos años

N° y año	Título
9 sep, 2016	Siguiendo el rastro a la huella del carbono
5 ago, 2015	Portal permite cuantificar la huella del carbono
5 ago, 2015	Industria de la fundición busca reducir su consumo energético y huella del carbono
17 jul, 2015	Conoce cómo la minería busca mitigar su huella del carbono
7 jul, 2015	Acciones para mitigar la huella del carbono en minería
1 jul, 2015	Sodexo reducirá su huella del carbono mundial en un tercio para 2020
9 jun, 2015	Compensación sustentable de la huella ambiental
6 abr, 2015	Iniciativa busca facilitar cuantificación, reporte y gestión de huella del carbono
6 oct, 2014	Huella del carbono: Herramienta para la sustentabilidad
30 oct, 2013	Entregan premio a la huella del carbono 2013
26 jul, 2013	Gestión en Cambio Climático: la Huella del carbono como Herramienta para su Empresa
14 jun, 2013	Analizan tendencias relativas a la huella del carbono
21 mar, 2013	Gestión en Cambio Climático: la Huella del carbono como Herramienta para su Empresa
13 feb, 2013	Minería reduce huella del carbono con emblemáticos proyectos energéticos
9 ene, 2013	Schneider Electric mide huella del carbono en Convención Anual de Socios Comerciales
7 dic, 2012	CIMM realizó seminario sobre huella del agua y ecoeficiencia
27 oct, 2012	Collahuasi recibe premio por mejor medición de huella del carbono
12 abr, 2012	Expositores Expomin miden su huella del carbono

Tabla 4.2 (continuación)

11 nov, 2011	Especialistas destacan importancia de que empresas gestionen su huella del carbono
3 oct, 2011	Grupo CGE continúa ambicioso proyecto de medición de huella del carbono
5 sep, 2011	Cinco empresas fueron galardonadas con el reconocimiento de huella del carbono
2 sep, 2011	Cámara Chileno-Británica premia a Collahuasi como la Mejor huella del carbono
12 jul, 2011	Una ayuda para empresas green que compren bonos de huella del carbono
7 mar, 2011	Grandes mineras avanzan en huella del carbono y anticipan futuras exigencias regulatorias.
1 mar, 2011	Carbono: Un factor de sustentabilidad que deja huella
24 feb, 2011	Mejorarán huellas mineras en los campos de Valle Fértil
11 ene, 2011	Collahuasi lanza el reporte de medición de huella del carbono más completo del país
5 oct, 2010	Expertos entregan propuestas y visiones sobre la huella del carbono en Chile
16 feb, 2010	BHP licitará estudios para mitigar su huella del carbono en Chile
2 feb, 2010	Grandes mineras estiman efecto marginal por huella del carbono
25 ene, 2010	Mineras se anticipan a exigencias de mercados por huella del carbono

Dada la alta demanda de energía de la industria minera y el lento desarrollo de proyectos de energía alternativas, las empresas mineras seguirán siendo dependientes de las fuentes de energía existentes (termoeléctricas y algo de generación hidráulica). Esto significa que la HdC o cualquier otra métrica para determinar el grado de contaminación atmosférica, no es ni será de interés en el corto y mediano plazo.

Algunos detractores sostienen que la HdC es un invento de los países desarrollados (hemisferio norte) que se impone al resto de las naciones, pero que ellos mismos no son capaces de cumplir. Esto porque la posibilidad de generar energía eléctrica con métodos limpios hoy en día involucra costos notablemente más elevados que los métodos convencionales. Sostienen que lo que debe mejorar es la forma en que se usa la energía y no su fuente. Y entra en juego el concepto de eficiencia energética, un concepto que sin duda va de la mano con cambio climático, gestión sustentable y huella del carbono.

4.7 Relación entre Energía y Cambio Climático

La energía es uno de los temas más desafiantes para el desarrollo de un país. Mientras el crecimiento económico suele vincularse a una mayor demanda energética, la competitividad apela a un menor consumo energético por unidad de producción. Además, las señales del cambio climático urgen a reducir las emisiones provenientes de la quema de combustibles fósiles. El cambio climático de origen antropogénico, tiene más de cien años de antigüedad en la agenda científica y se proyecta como una larga discusión que está lejos de ser agotada (Soto y Quiñones, 2013). Hoy en día ya sufrimos sus consecuencias y las seguiremos experimentando en las próximas décadas.

Si se desea buscar soluciones efectivas a este problema global, se debe partir por el reconocimiento del fuerte vínculo entre la energía y el cambio climático. De hecho, ha sido el desmedido consumo de energías fósiles una de las principales causas, de la emisión de GEI y que genera el cambio climático, el más grave problema ambiental que enfrenta nuestro planeta. Solo si se piensa en la generación de electricidad, los tres combustibles que usan la mayoría de las centrales generadoras (carbón, petróleo y gas natural) producen más de un tercio de las emisiones mundiales de GEI (WRI, 2017).

Concretado el Acuerdo de París, hoy son muchas las voces que están pidiendo una puesta en práctica urgente de los acuerdos alcanzados. Detener el dañino cambio climático exige un gran esfuerzo por parte de todos los países firmantes, que parecen decididos a tomar medidas serias para reducir las emisiones de CO₂. Sin embargo, las alternativas con mayor contribución probable ante la amenaza del cambio climático, son el adecuado uso de la energía y el tránsito hacia otras fuentes de energía. Asociadas a éstas se encuentran las energías eólica, solar, hidráulica, geotérmica, biológica y oceánica, las que, junto con ser viables desde el punto de vista técnico y económico, suministran energía en forma perenne y limpia. Sin embargo, esta primera solución se proyecta como de mediano y largo plazo, en especial para países como los latinoamericanos. Esto porque en muchos casos requerirá de importantes recursos en inversiones para recambio tecnológico de los diversos sistemas de generación energética de los distintos países, recursos de los que no disponen en la actualidad. Las metas de crecimiento económico y desarrollo social de este tipo de países estarían condicionadas por el

impacto ambiental de sus emisiones (CEPAL, 2015). Sin embargo, en el corto plazo, una opción de bajo costo la constituye el ahorro de energía y la eficiencia energética (Greening et al., 2000).

El reciente informe Energía 2050 publicado por el Ministerio de Energía del Gobierno de Chile (ME Chile, 2018), compromete al país en estas materias. El informe dice en parte: *“Hoy existe un amplio consenso científico respecto al fenómeno del cambio climático: tal que se trata de un hecho inequívoco, causado principalmente por las actividades humanas que generan emisiones de gases de efecto invernadero. En nuestro país, se esperan impactos importantes en las condiciones hidrológicas, lo cuales afectarán a la generación de energía hidroeléctrica. La presente Política refleja un compromiso frente al desafío que el cambio climático nos impone, y apoya decididamente una transición hacia una economía y una matriz energética significativamente más baja en carbono, alcanzando al menos un 30% de reducción de intensidad de emisiones de GEI al 2030 según los compromisos internacionales adquiridos”*. El informe agrega que no será posible desarrollar el potencial eléctrico descrito si no se incorpora el concepto de sustentabilidad en el desarrollo de los proyectos, los que deben resguardar el medio ambiente, considerar las dinámicas sociales y los valores culturales de las comunidades donde estos proyectos sean factibles de desarrollar.

4.8 Eficiencia Energética, Empresas y HdC

La *eficiencia energética* se entiende como el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Las preocupaciones por la eficiencia energética se originaron principalmente como consecuencia de las crisis petroleras de los años setenta del siglo pasado y se renovaron en la última década. En 1985, durante la conferencia científica en Villach (Italia) se enfatizaba ya sobre la necesidad de incrementar la eficiencia energética, insistiendo en la necesidad de sustituir los combustibles fósiles por los renovables. Sin embargo, en ese periodo la prioridad política internacional era aún la adopción de un protocolo para la protección de la capa de ozono. Posteriormente, esta preocupación resurge con fuerza producto de las presiones crecientes para reducir el impacto ambiental, particularmente en lo que se refiere a las emisiones de GEI. Más recientemente, las presiones se intensificaron debido

al aumento de los precios del petróleo y a la limitada disponibilidad de recursos energéticos no renovables (CEPAL-OCDE, 2016).

En efecto, el enorme potencial de producir ahorros y mejoras de eficiencia en todas las etapas de producción y uso de la energía es ampliamente reconocido. Sin embargo, alcanzar este potencial en el orden sectorial, nacional y global, sigue siendo un desafío que demanda la formulación de políticas que prioricen y focalicen los presupuestos siempre limitados hacia la formulación de programas con mayor potencial de ahorro de energía y de recursos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad. La eficiencia energética constituye un importante paso hacia el sendero de la sostenibilidad, especialmente de las empresas.

En este escenario, la HdC se presenta como una herramienta de contribución al logro de este objetivo, en especial, por su importante relación con la intensidad energética de actividades económicas y productivas de las empresas y organizaciones. Calcular la HdC puede entenderse también, como traducir la actividad empresarial a toneladas equivalentes de CO₂ o a intensidad energética. Si bien para algunos la medición de la HdC es una medida proteccionista, para otros es una oportunidad para innovar, diversificar, poner valor agregado, y ganar competitividad internacional. Independiente de estas consideraciones, la incorporación de la HdC muestra una sostenida tendencia al alza en el mundo y las empresas y organizaciones deberán incluirla inevitablemente en sus decisiones de negocio.

Las investigaciones muestran que, en la mayoría de los casos, abordar en serio la HdC mejora la sustentabilidad del negocio, aminorando o retardando los efectos del cambio climático; se detectan y se corrigen ineficiencias en los procesos productivos, y como consecuencia de este ejercicio se mejora el uso eficiente de los recursos energéticos. Junto con la HdC de un producto, de un proceso, un equipo o una organización, se determina directamente la contribución en términos de intensidad energética, permitiendo focalizar los procesos de optimización. Ahorrar energía significa para toda organización reducir su estructura de costos, favoreciendo el uso eficiente de los recursos económicos y la función de beneficios.

En la ecuación del desarrollo, la energía es, por lo tanto, mucho más que un insumo clave. Su generación y óptimo uso representan en

sí mismos oportunidades adicionales para promover cambios positivos en la calidad de vida de las personas y cuando esta se obtiene y utiliza de manera óptima, se genera un círculo virtuoso que incide directamente en el crecimiento económico. Al mismo tiempo, su uso eficiente ofrece oportunidades para el cuidado del medio ambiente y favorece el desarrollo de las personas, permitiendo así a la sociedad avanzar hacia un desarrollo equitativo y sustentable.

Capítulo V

ÁbaCO₂ para Contabilización de Emisiones

5.1 Introducción

En los capítulos anteriores se han aportado antecedentes para una mejor comprensión y caracterización en profundidad de la HdC y luego se analizaron las complejidades metodológicas y los estándares utilizados para su medición (Espíndola y Valderrama, 2012a 2012b). Quedó establecido en esos capítulos que, a pesar del extendido uso del concepto, no existe una única definición de la HdC que sea ampliamente aceptada. Como consecuencia de lo anterior, el valor asignado a la HdC podría variar significativamente según las definiciones y consideraciones propias del enfoque y método seleccionado.

Un profesional que deba tomar una decisión sobre como cuantificar las emisiones de la empresa con fines de etiquetado, verificación o certificación de emisiones, bajo un proceso voluntario o inducido por necesidades competitivas, enfrenta hoy en día un escenario de incertidumbres sobre el que es prácticamente imposible trabajar. La sola tarea de informarse, evaluar y decidir sobre que método adoptar, requeriría de un estudio acabado que involucra una considerable cantidad de tiempo y dinero. Sin embargo, si se dispone de una base de información resumida en base a tres importantes subconjuntos de información fundamental se podría facilitar dicho proceso de decisión.

Para clarificar el concepto y comprender mejor los procedimientos de cuantificación, los autores desarrollaron el *ÁbaCO₂ para la contabilización de emisiones de CO₂ eq* y que permite visualizar en mejor forma las similitudes y las diferencias entre los métodos de cuantificación de la HdC (Espíndola y Valderrama, 2012b).

5.2 El ábaCO₂

La identificación y clasificación de las emisiones puede ser explicada considerando tres elementos comunes a cualquiera de los métodos en estudio: 1) *los organizadores de emisiones*, 2) *el criterio de clasifica-*

ción y 3) el sentido de la magnitud. Por una parte, todo cálculo de la HdC requiere en la práctica de la definición de conjuntos de actividades agrupadas de alguna forma establecida para la clasificación de emisiones, concepto que se denomina *Organizador de Emisiones*. Un segundo aspecto a considerar corresponde a aquellas cualidades o atributos que determinan la pertenencia o no al conjunto de emisiones y que se denomina *Criterio de Clasificación de Emisiones*. El tercer elemento que aparece de manera implícita en los métodos de cálculo se denomina *Sentido de la Magnitud* y determina el incremento o disminución de la magnitud de la HdC.

Desde el punto de vista gráfico, el ÁBACO₂ considera una representación de tres barras horizontales de cuentas, divididas por un eje vertical que marca el cambio en el sentido de magnitud de la HdC. Cada una de estas barras de cuentas representa la organización de emisiones en cada uno de los enfoques de determinación de la HdC, es decir, el enfoque corporativo (de-arriba-hacia-abajo), el enfoque de productos (de-abajo-hacia-arriba) y el enfoque híbrido. A la derecha del eje vertical se agruparán todas aquellas cuentas u organizadores que contribuyen al incremento de la magnitud de la HdC (+CO₂) y a izquierda aquellas que signifiquen disminuciones de magnitud (-CO₂).

Si se analiza cada uno de los métodos de estimación presentados en el Cap. 3, a partir de la identificación de los elementos que propone el Ábaco de contabilización de emisiones, los resultados permitirían decodificar diversos aspectos de cada método.

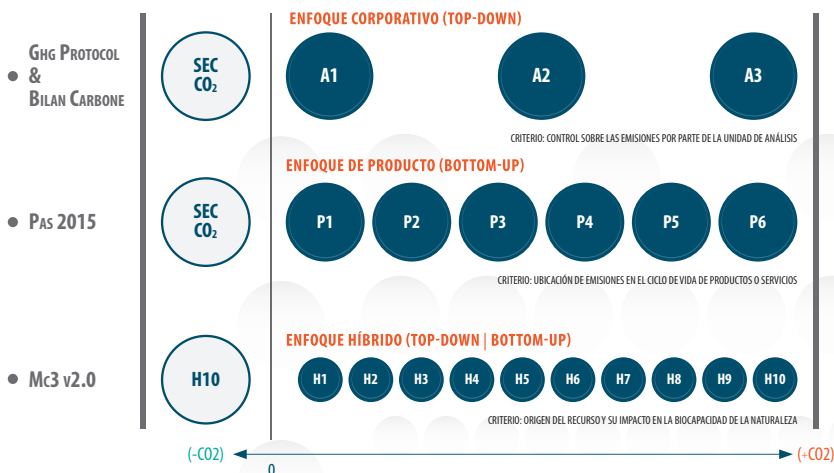


Fig. 5.1: Ábaco para la contabilización de emisiones CO₂ equivalentes

Tabla 5.1: Descripción de los organizadores en el Ábaco de la Figura 5.1

<i>GHG Protocol y Bilan Carbone (Enfoque corporativo)</i>		
organizadores	A1	Alcance -1 (control directo)
	A2	Alcance -2 (control indirecto)
	A3	Alcance -3 (control indirecto subsidiario)
<i>PAS 2050 (Enfoque producto)</i>		
organizadores	P1	Extracción y Producción de Materias Primas
	P2	Transporte de Materias Primas
	P3	Producción o Provisión del Servicio
	P4	Distribución
	P5	Uso del Producto
	P6	Disposición Final / Reciclaje
<i>MC3 (Enfoque híbrido, corporativo + producto)</i>		
organizadores	H1	Huella de los Combustibles (Emisiones Directas)
	H2	Huella Eléctrica (Emisiones Indirectas)
	H3	Huella de los Materiales
	H4	Huella de los Servicios y Contratos
	H5	Huella Agrícola y Pesquera
	H6	Huella Forestal
	H7	Huella Hídrica
	H8	Huella de Uso del Suelos
	H9	Huella de los Residuos, Vertidos y Emisiones
	H10	Contrahuella

Para los enfoques corporativos GHG Protocol y Bilan Carbone, el *Organizador* recibe el nombre de *Alcance* (Ai), existiendo solo tres organizadores para estos métodos. Su *Criterio de clasificación de emisiones* está basado en el criterio de control. Esto es que la pertenencia a cada uno de los alcances depende del grado de control que de la unidad de análisis (empresa u organización) tiene sobre las emisiones de CO₂-eq. Este control puede ser directo (A1), indirecto (A2) o indirecto subsidiario (A3). El organizador A1 controla las emisiones directas provenientes del uso de combustible bajo control de la empresa; A2 controla las emisiones indirectas por consumo de electricidad adquirida; y A3 controla las emisiones subsidiarias o indirectas fuera del control de la empresa.

En el caso de los métodos PAS2050 y de la propuesta ISO 14067, el conjunto *Organizador* se denomina Proceso (Pi) y su criterio de se-

lección corresponde a la *Etapas del Ciclo de Vida de Producto* en la cual se generan las emisiones. Este método considera seis conjuntos organizadores correspondientes a seis procesos genéricos descritos en la Fig. 4.1: extracción y producción de materias primas; transporte de materias primas; producción o provisión del servicio; distribución; uso del producto; y disposición final y reciclaje.

Finalmente, en el caso de la metodología MC3, se consideran nueve conjuntos organizadores de las emisiones, llamadas *Huellas* (Hi), y cuyo criterio de clasificación se denomina *Categoría de Recursos Consumibles*, asociados directamente al origen del recurso natural que está siendo utilizado por la unidad de análisis. En este caso, en particular, la conversión está dada a partir de unidades monetarias en CO_2eq , mientras que en los otros métodos corresponden a transformaciones de unidades de masa, volumen y energía a unidades de CO_2eq .

El *sentido de magnitud* en el ÁBACO₂ de la contabilización de emisiones determina la adición de magnitud de emisiones o su descuento en la magnitud, cuando se trate de la consideración de *secuestro de CO_2* (sec. CO_2) como parte de la metodología empleada para la HdC. En los distintos enfoques, esto se traduce en la incorporación de un subconjunto adicional a la izquierda que no es explícito en todos los métodos o que, si lo está, aparece como una opción que debe responder a consideraciones específicas de cada método, en especial en aquellos basados en enfoques corporativos o de productos.

El secuestro de CO_2 , está asociado fundamentalmente a absorción de emisiones, producto de fotosíntesis originadas por acciones como cambio de uso de suelos no agrícolas en agrícolas o bien actividades como tratamientos silviculturales para aumentar el crecimiento, agroforestación, forestación, reforestación y restauración de áreas degradadas que el productor tiene a su haber en el espacio destinado a la producción. En el caso del enfoque híbrido planteado por la metodología MC3 este factor (H10, en el Ábaco) no sólo se especifica como secuestro el CO_2 , (llamada también contrahuella), sino que, además, es propuesto como un importante indicador a considerar en una gestión sustentable, incentivando la inversión en capital natural por parte de las organizaciones (Doménech et al., 2010).

Si bien el Ábaco para la contabilización de emisiones puede aportar al proceso de comprensión de la contabilidad del carbono y a su consideración como una práctica de gestión empresarial, aún seguirá

pendiente el desarrollo de esfuerzos por establecer avances en la comparación de magnitudes de HdC obtenidas por diferentes métodos de cálculo. Esto cobra gran importancia en el ámbito de la competitividad internacional, en especial, cuando por desconocimiento o intencionalmente estos métodos son utilizados indiscriminadamente y sus magnitudes son incorporadas en estrategias de comunicación corporativa o como estrategia de diferenciación frente a productos de la competencia, situación que complica los escenarios de competitividad en el ámbito internacional. Este problema que se hace especialmente complejo en el caso de países como los latinoamericanos que reciben estos marcos metodológicos como estándar competitivo, participando marginalmente de los procesos de discusión internacional.

5.3 Relación de Magnitud entre las Metodologías

Considerando lo expuesto para los diversos métodos, parece evidente que la HdC corporativa debiese estar relacionada en forma directa con la HdC de los productos de una misma corporación y que considerando una misma unidad de análisis se pudiese encontrar un factor de equivalencia α_k entre ambos enfoques de cálculo. Por lo tanto se propone la relación mostrada en la siguiente ecuación:

$$\text{HdC corporativa} \cong \alpha_k \sum \text{HdC de producto } i \quad (i=1 \dots n) \quad (5.1)$$

Para una organización que ha optado por un método específico como PAS 2050, para etiquetar sus productos con una magnitud de HdC y que se enfrenta a un producto competidor que exhibe en su etiqueta una magnitud, en teoría equivalente obtenida por un método corporativo como Bilan Carbone, sería muy conveniente conocer que tan objetivo es el cálculo exhibido por su competidor.

De igual forma desde el punto de vista de un consumidor, éste esperaría tener antecedentes sobre cuál de las dos magnitudes que aparentemente son iguales, subestima los impactos ambientales que declara. Esto porque dicha magnitud de HdC, en definitiva, se traduce en un atributo para la asignación de valor al producto y que influye en proceso de decisión de su compra. Este concepto puede ser extrapolado y debe haber por lo tanto equivalencias entre dos métodos cualquiera, como se describe en la ecuación siguiente:

$$\text{HdC prod Bilan Carbone} = \beta_k \cdot \text{HdC prod PAS 2050} \quad (5.2)$$

En otras palabras, debiésemos aspirar a tener una misma magnitud de impactos ambientales, pero expresada en diversas escalas, con factores de equivalencia conocidos, tal como expresamos hoy el valor de una magnitud cualquiera (como la temperatura, longitud o volumen). Esta hipótesis se basa en el hecho de que todas las metodologías apuntan a estimar indirectamente el potencial cambio de la temperatura global ocasionado por actividades antropogénicas.

Y como todo parece indicar que deberemos convivir con diversos métodos para el cálculo de la HdC, y que poco a poco comienzan a instalarse como marcos regulatorios nacionales, debemos disponer de algún método de equivalencia. Valores de los parámetros α_k y β_k podrán ser calculados cuando se disponga de más información sobre la HdC evaluada para un mismo proceso, producto o empresa, y determinada por los diversos métodos descritos.

5.4 Aplicaciones de MC3 en Chile

Los autores y su grupo de trabajo han realizado diversas experiencias y estimaciones de HdC, como se muestra en la Tabla 5.2, usando distintas metodologías. En general se concluye que la metodología MC3 resulta adecuada para ser adoptada en empresas de mediano tamaño por sus bajos costos de implementación, por su relativa facilidad de comprensión y aplicación y por la disponibilidad de la información requerida por el método (Quezada et al., 2013).

Desde la perspectiva latinoamericana, la adopción voluntaria de metodologías basadas en enfoques híbridos como MC3, podría acelerar los procesos de implementación de prácticas de gestión amigables con el medio ambiente, como la HdC. Esto porque es menos compleja en términos del manejo de información, ya que se basa en información contable disponible en cualquier organización y que es condición necesaria para su funcionamiento normal como unidad productiva o de servicios.

Tabla 5.2: Estudios del grupo de trabajo en los últimos años

	<i>Tema</i>	<i>Referencias</i>
1	Cuantificación de la huella del carbono para el Proceso de Solarización Modificada usando PAS 2050	(Rojas, 2011)
2	Estimación de la huella del carbono mediante metodología MC3 en el sector de la Construcción	(Arias y Arruez, 2011)
3	Determinación de la Huella del Carbono mediante MC3 en una empresa Vitivinícola	(Hsieh y Quezada, 2012)
4	Cuantificación de la huella del carbono de refrigerantes usando GHG en una empresa Minera y análisis de sus medidas de reducción	(González y Robledo, 2013)
5	Diseño de una estrategia de gestión del carbono en base a MC3 en una empresa Vitivinícola en Chile	(Peña y Serin, 2015)

Sin embargo, cuando el mercado de destino de la producción, está en el mercado internacional, la elección de método asociado al cálculo de la HdC estará necesariamente supeditado a la exigencia de su contraparte comercial. Por ello se hace más necesario contar con métodos de equivalencia como los propuestos en las ecuaciones (5.1) y (5.2).

Capítulo VI

El Método AbaniCO₂

6.1 Introducción

La literatura recalca la importancia de que los tomadores de decisiones entiendan tanto las diferencias en los enfoques adoptados para la cuantificación de la HdC así como de las complejidades metodológicas inherentes a cada método, y como éstos pueden influir en los resultados del valor obtenido. En relación con los procesos de toma de decisión y HdC, Schaltegger y Csutora (2012) sostienen que se sabe poco sobre cuál es la información necesaria para fortalecer estos procesos. Además, plantean que se sabe poco sobre por qué y cuán seguido deben las empresas recoger información de emisiones y cómo esta información es o debiera ser utilizada para facilitar la implementación de mejoras. Conforme a lo anterior, Schaltegger y Csutora (2012) también sugieren que los investigadores aumenten sus esfuerzos para comprender los desafíos de las empresas en cuanto a contabilidad de carbono, auditoría y certificación, de manera de enfrentar futuros cambios y obligaciones que seguramente vendrán. En este sentido, parece relevante abordar desde Latinoamérica procesos de investigación destinados a la decodificación de las lógicas sobre las cuales se determinan las magnitudes de la HdC y como estas pueden estar al servicio de la estrategia empresarial, de modo movilizar a pequeñas y grandes empresas hacia la adopción de la gestión del carbono.

Combinando el conocimiento científico que da origen a los diversos métodos de estimación, los objetivos empresariales para adoptar una determinada metodología de medición de la HdC y las diversas aplicaciones realizadas por los autores, es posible configurar un simple modelo que permita sistematizar de manera gráfica esta integración de conocimientos. Esta representación simplificada de los diversos procedimientos busca apoyar a la comprensión de las particularidades y diferencias de cada uno de los métodos e identificar la lógica de cálculo de la HdC. En esta tarea, un primer paso fue la determinación de un conjunto de aspectos comunes entre las diversas metodologías de cálculo de la HdC.

La identificación de elementos comunes entre los diversos procedimientos permite también aportar en la detección de dificultades técni-

cas para el proceso de adopción, tales como disponibilidad de recursos y de los tiempos necesarios para la implementación de un determinado método. Para describir los elementos comunes a los diversos métodos que han sido identificados por los autores, se propone un conjunto de seis pasos organizados en forma de un ciclo descriptivo para la determinación de la HdC. Este conjunto busca establecer un procedimiento común para un tomador de decisión que se enfrenta al problema de tener que elegir un método de cuantificación de la HdC para ser adoptado en una empresa.

6.2 Los Seis Pasos Básicos

En estos seis pasos se ha considerado la lógica cíclica dado que la HdC exige necesariamente el desarrollo de una pendiente negativa para la curva de magnitudes de intensidad emisiva entre dos periodos consecutivos. Esto significa que se debe mostrar avances en la reducción de dicho indicador, en donde el valor obtenido debe ser menor a la magnitud de su periodo inmediatamente anterior. El conjunto de seis pasos de definición, clasificación, y cálculos, se muestra en la Fig. 6.1: *i) objetivo del cálculo; ii) unidad de análisis; iii) enfoques y motivaciones; iv) criterios de selección; v) organización para la clasificación de emisiones; y vi) intensidad de emisiones.*

Paso 1: Definir el objetivo del cálculo. El objetivo se encuentra asociado a la estimación de la magnitud de las emisiones y debe estar directamente relacionado con las razones por las cuales la empresa busca determinar la HdC (motivaciones). Entre estas razones probables está, por ejemplo, la de responder a exigencias competitivas en términos de etiquetado de productos o reportes corporativos de comportamiento organizacional.

Paso 2: Identificar una unidad de análisis. Se establece a que objeto o unidad se le hará el cálculo de la HdC, existiendo tres opciones: *i) un producto o servicio, ii) una corporación, o iii) ambos en forma simultánea.*

Paso 3: Definir los enfoques y motivaciones (insights) detrás de cada método. Esta definición proporciona información a la organización a efectos de determinar la coherencia entre los resultados obtenidos para la HdC con aquel impulsor competitivo que ha dado origen a la adopción de la HdC. Entre las motivaciones están las siguientes: *i) la determinación de ineficiencias operativas en el proceso productivo; ii) la*

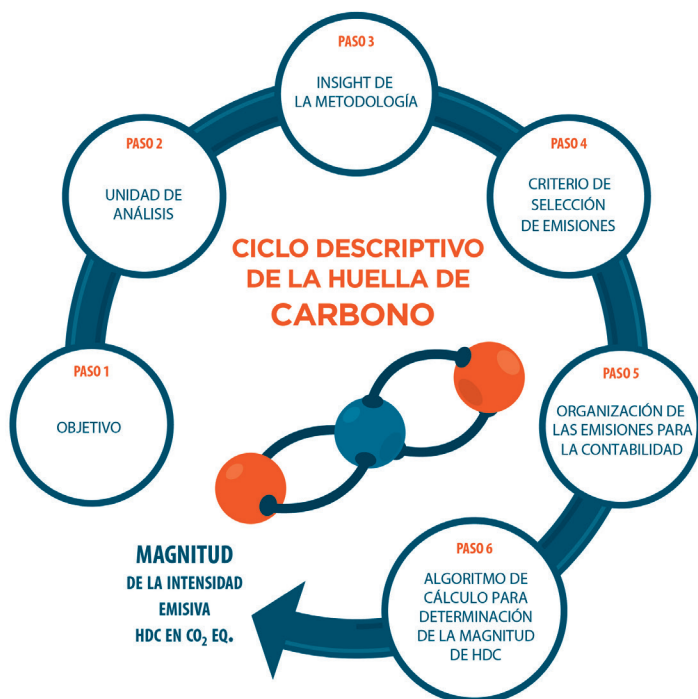


Fig. 6.1: Ciclo descriptivo de la determinación de la HdC

limitación de responsabilidades en base al control sobre de las fuentes de emisión; iii) la determinación de los impactos de las acciones empresariales en el ambiente.

Paso 4: Determinar los criterios de selección de emisiones. Esta determinación estará condicionada directamente por el paso 3. Es aquí donde los autores identifican a lo menos tres lógicas posibles: i) *selección de emisiones según la ubicación de estas en el ciclo de vida, si se trata de productos o servicios;* ii) *el nivel de control de la organización sobre diversos tipos de emisiones si se trata de cálculos corporativos de HdC;* y iii) *el origen del recurso consumible y su impacto en la biocapacidad del planeta para cálculos conjuntos de producto y organización.*

Paso 5: Organización de las emisiones: Cada enfoque de cálculo clasifica las emisiones en diversos subconjuntos, denominados *alcances* (Ak) para métodos corporativos (de- arriba-hacia-abajo), *etapas* de un

proceso productivo (Pk) para métodos asociados a la determinación de la HdC de productos (de-abajo-hacia-arriba) y *huellas* (Hk) para métodos híbridos asociados a productos y corporaciones.

Paso 6: Determinar la intensidad de emisiones: Para esto se hace uso del algoritmo específico de cada método en el cual se determina acumulativamente la magnitud de emisiones generadas por la unidad de análisis. Esta magnitud acumulada será considerada como débitos ambientales, del cual se descontarán los créditos ambientales generados por actividades de compensación de la organización.

6.3 El AbaniCO₂

Cuando un tomador de decisión, debe escoger una metodología o herramienta para la estimación de la huella del carbono enfrenta un escenario de divergencia metodológica que puede generar confusión. Por ello, los autores han propuesto un simple método de apoyo a la toma de decisiones denominado *AbaniCO₂*, mostrado en la Figura 6.2 (Espíndola y Valderrama, 2016). Este método se basa en la aplicación del ciclo común de seis pasos mostrado en la Figura 6.1, el cual se aplica a las metodologías de mayor relevancia (GHG, PAS2050, BC y MC3). Cada etapa del método, junto con proporcionar información relevante de cada método, orienta al tomador de decisión respecto del alineamiento de sus intereses en el cálculo de la HdC. En la Figura 6.1, RCO₂ es el secuestro de CO₂ o biocapacidad para secuestrar mediante fotosíntesis las emisiones de CO₂.

6.4 Aplicación de AbaniCO₂

La aplicación de AbaniCO₂ se comprende en mejor forma con un ejemplo práctico. Se presenta como ejemplo una Viña Modelo (β), productora de vino (V_{β}) en la que sus ejecutivos están pensando en implementar un método para estimar la HdC en su gestión medioambiental.

Paso 1: El Objetivo es determinar la intensidad de las emisiones de GEI. En la Figura 6.2 se muestra a los tomadores de decisión (que llamaremos *equipo*) enfrentados a la necesidad de determinar la intensidad emisiva de GEI a través de la HdC. El origen de esta necesidad puede encontrarse fuera de la Viña Modelo (β), determinando un actuar reactivo frente a los impulsos provenientes del entorno, tales como: legisla-

ciones y regulaciones emanadas de órganos de gobierno, demanda de clientes intermedios o finales en los mercados de destino, competidores y sus estrategias medio ambientales, responsabilidades asignadas por el entorno social, innovaciones tecnológicas, o presiones por acuerdos de orden sectorial. Así, también, esta necesidad puede tener su origen dentro de la Viña Modelo en esfuerzos proactivos de la organización por aumentar la calidad del producto, esfuerzos por reducir ineficiencias y costos, estrategias de posicionamiento programado orientadas a segmentos de mercado con mayor grado de sensibilidad y conciencia ambiental.

Paso 2: La Unidad de Análisis: un producto, la corporación o ambos. Se debe determinar si el impacto competitivo del indicador HdC será gravitante en la relación producto-producto, es decir entre los vinos V_{β} versus vinos de la competencia o entre la Viña Modelo (β) y otros productores. Esto determina dos causas metodológicas, de lógicas muy distintas. En el primero, correspondiente al lado derecho del AbaniCO_2 en donde la unidad de análisis será la organización y el cálculo de la HdC determinará la magnitud de la HdC de la Viña Modelo. Este cause de acción se alinea a objetivos empresariales destinados a buscar visibilidad y mostrar compromiso con el medioambiente.

En el segundo caso, en el lado izquierdo del AbaniCO_2 cuando se trata de productores de bienes finales, la motivación de la viña del ejemplo será dotar a su producto de un atributo distintivo de otros vinos disponibles en el mercado. El indicador sirve para transmitir información ambiental al cliente final sensibilizado por la temática ambiental, buscando visibilidad en el mercado e influyendo en los procesos de compra del producto. Si se considera que el destino de los vinos V_{β} será un supermercado, por ejemplo, el indicador HdC está destinado a la competitividad en la góndola o exhibidor del producto. En el caso de las empresas dedicadas a la fabricación de productos intermedios, como vino a granel, el objetivo del cálculo de la HdC buscará conseguir posicionarse mejor que sus competidores frente a sus clientes institucionales, especialmente empresas envasadoras de vino con alta sensibilidad medioambiental en los mercados de destino.

Paso 3: Enfoques y motivaciones de la Metodología: Los dos pasos anteriores, objetivo y unidad de análisis, han conducido a una lógica de agrupación de emisiones, que intrínsecamente responderá de manera distinta al equipo, dependiendo si se avanza por el cauce derecho o iz-

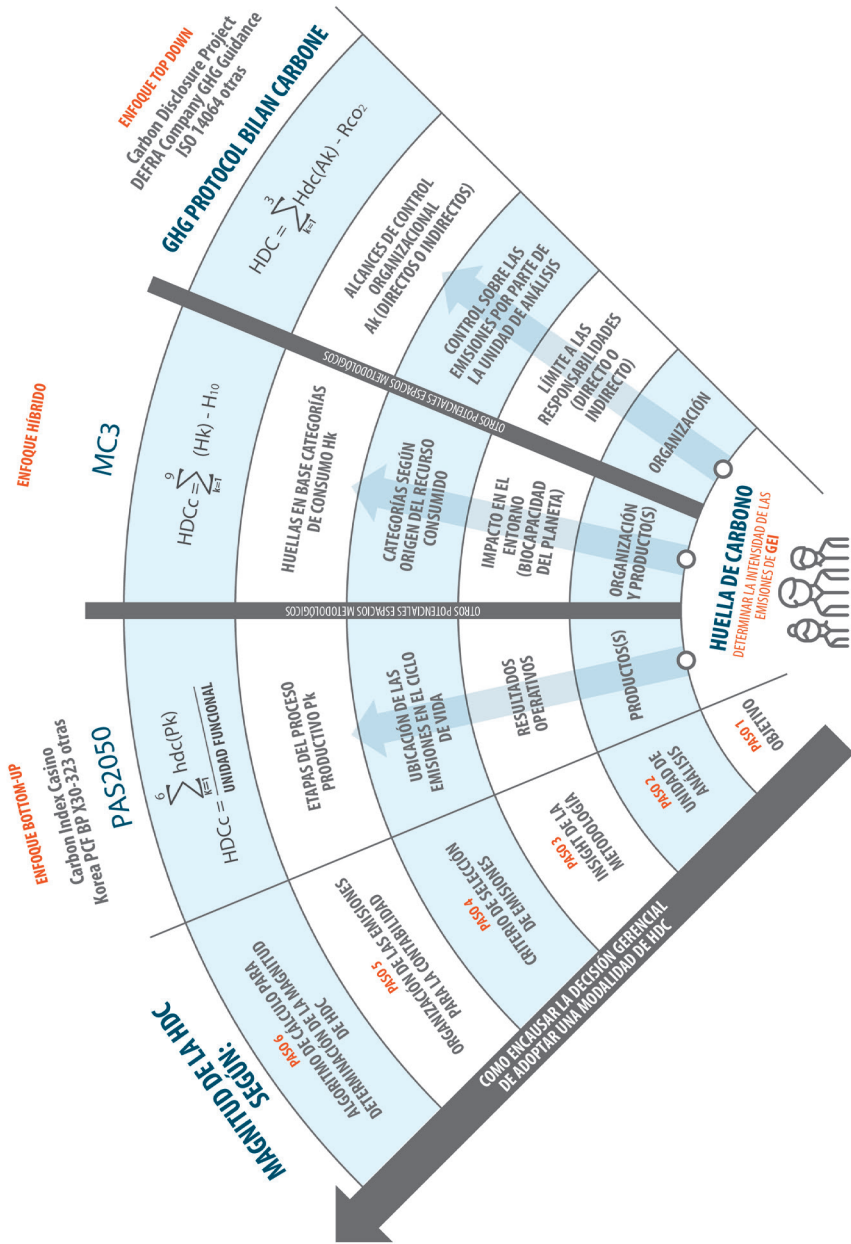


Fig. 6.2: AbaniCO2 metodológico de la Hdc

quierdo del AbaniCO₂, En el caso del lado derecho del AbaniCO₂, (en el que la unidad de análisis es la empresa), la metodología dará al equipo la facultad para limitar sus responsabilidades en función de los niveles de control que exhiba la Viña Modelo (β) sobre las emisiones, en una lógica de estados de mayor a menor control (alcances, directos a indirectos). Esto se puede apreciar mejor cuando se grafica la definición de límites para los distintos cálculos de ambas vertientes, expresados en una organización uniproducto (Figuras 6.3 y 6.4)

Cuando se trata del lado izquierdo del AbaniCO₂ el método aportará directamente a la obtención de información que permite evaluar resultados de la gestión operativa de los procesos productivos asociados al producto Vino V_{β} , para el cual se espera determinar la HdC. Esta vía ofrecerá también capacidad de gestión sobre los factores productivos, la detección de ineficiencias, principalmente energéticas en sus procesos, en la medida que se avanza de estados de menor a mayor valor agregado, situación que será observable con mayor detalle en el paso 6 y en la Figura 6.4.

Paso 4: Criterio de Selección de emisiones. Aceptada la promesa de contribución a la gestión proporcionada por la metodología elegida (insight), los tomadores de decisión se enfrentarán a la necesidad de recabar información de emisiones de fuentes fijas y móviles. Para ello, se requerirá conocer que criterios de selección de emisiones se utilizarán en cada metodología. En el caso del enfoque organizacional (a la derecha en el abanico), el criterio de selección será la capacidad de control de la Viña Modelo (β) sobre las emisiones, es decir, directo o indirecto. En el caso del enfoque producto (a la izquierda del abanico), el criterio de selección de emisiones estará asociado a la ubicación de estas en las distintas etapas del ciclo de vida del producto vino V_{β} . Por lo tanto, esta selección, junto con ser exhaustiva, exige definir claramente donde se inicia y donde termina cada proceso (P_k) en la fabricación del vino, ya que estas serán organizadas y agrupadas en cada proceso, determinando así una magnitud parcial de la HdC.

Paso 5: Organización de las emisiones. Adoptados los criterios en el paso 4, la información sobre emisiones de fuentes fijas y móviles definidas deben ser organizadas para determinar la magnitud buscada. En el caso del enfoque organizacional, las emisiones son agrupadas en tres organizadores denominados alcances (A_k) clasificados en directos (alcance 1) e indirectos (alcances 2 y 3). Estos alcances establecen gra-

dualmente límites organizacionales en función de la disminución del control por parte de la Viña Modelo.

El alcance 1, como se muestra en la Figura 6.3 agrupa a todas las emisiones que provienen de fuentes que son propiedad de la empresa o están controladas por ella y que, por lo tanto, están directamente relacionadas al proceso de transformación realizado en la empresa. En el caso específico de la Viña Modelo (β) las emisiones provendrán de fuentes móviles tales como camiones, camionetas, tractores y grúas asociados a las operaciones de la viña, combustión en fuentes fijas tales como calderas, generadores y otras máquinas estacionarias, emisiones asociadas a sistemas de refrigeración, uso de fertilizantes en la producción de uva propias de la viña y emisiones por uso del suelo.

Luego, el alcance 2 agrupará las emisiones que provienen de la generación de electricidad adquirida y que es consumida en las operaciones de la empresa o equipos propios o controlados. Estas emisiones ocurren físicamente en la planta donde la electricidad es generada, lo que constituye un segundo límite de responsabilidad. El Alcance 3 es una categoría opcional que permite incluir el resto de las emisiones indirectas relacionadas a las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que no son propiedad, ni están controladas por la Viña Modelo (β). Entre estas están los insumos de embalaje, viajes de negocios, transporte de productos (exportación), transporte nacional de productos, transporte de uva propia y de terceros, e insumos de enología. Esta tarea de inventariar y organizar las emisiones exige a las organizaciones disponer de recursos adicionales a los ya considerados para el proceso de fabricación. Entre estos recursos adicionales se pueden mencionar los siguientes: personal especializado, sistemas de registros especiales, conocimiento técnico para la identificación de factores de emisión a utilizar y para la determinación de unidades físicas de recursos consumibles, para su conversión a unidades energéticas y de ahí en emisiones de CO_2 .

El enfoque de producto exige establecer un proceso de registro de emisiones a lo largo de la cadena de valor asociada a la producción del vino (V_β), basado en el análisis de ciclo de vida. En el caso de la Viña Modelo (β) se identifican cinco grandes procesos (indicados como P_k): P1, extracción y producción de materias primas; P2, manufactura; P3, distribución y retail; P4, uso del producto; y P5, disposición final y reciclaje. Estos se describen con más detalle en la Tabla 6.1.

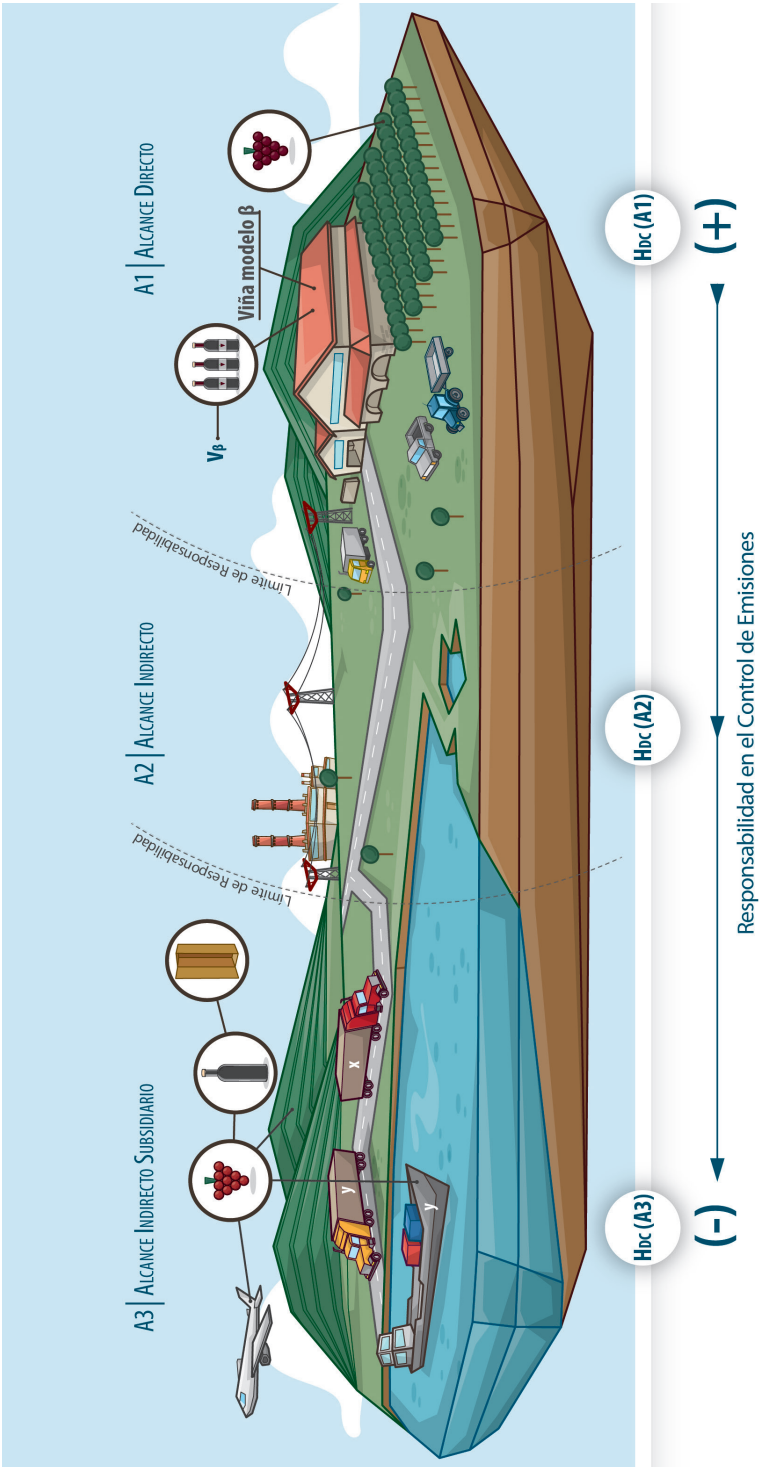


Fig. 6.3: Organización de emisiones para cálculo corporativo de la HdC

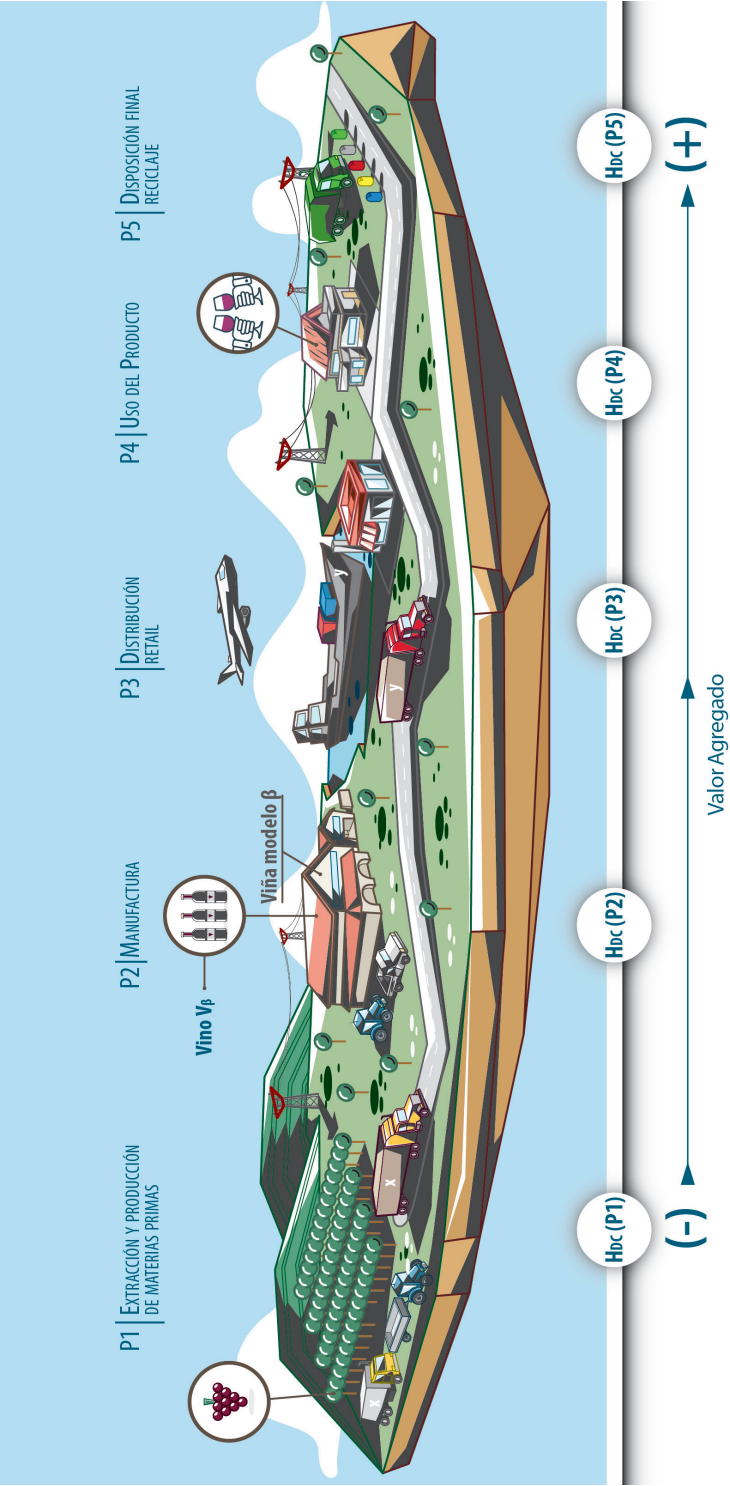


Fig. 6.4: Organización de emisiones para el cálculo de la Hdc de Producto

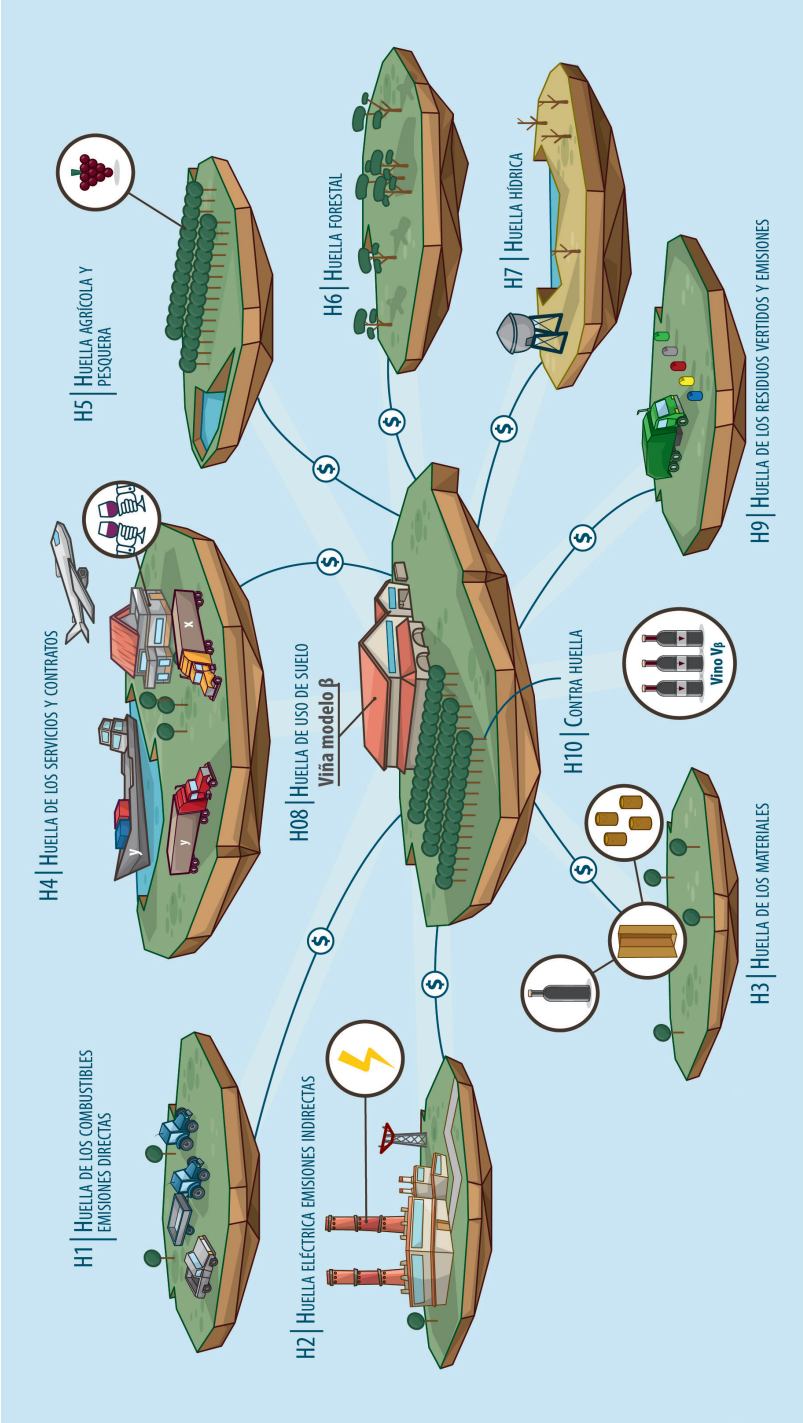


Fig. 6.5: Organización de emisiones para cálculo Corporativo/producto enfoque Híbrido MC3

Tabla 6.1: Los procesos principales (Pk) para el estudio de la Viña Modelo

<i>P1: Extracción y producción de materias primas</i>	En este organizador se agruparán las emisiones asociadas al cultivo incluyendo las derivadas de la plantación de semillas para la producción variedades de uva, el mantenimiento de los parronales, riego, tratamientos y poda, hasta que la uva este preparada para su recogida. Se agrega a este proceso la recolección y selección de la uva a través de la vendimia, hasta su transporte a la bodega (transporte “x” en la Figura 6.4).
<i>P2: Manufactura</i>	En este organizador se agruparán emisiones correspondientes a la elaboración del vino (V_p), etapa que comienza con la molturación de la uva en la bodega, hasta la etapa de fermentación alcohólica y la decantación. Esta etapa concluye con el envasado de las botellas de vino, desde el embotellado hasta la colocación de etiquetas y embalaje, preparadas para su distribución.
<i>P3: Distribución y venta al detalle (retail)</i>	En este organizador se agrupan las emisiones provenientes de fuentes fijas y móviles asociadas a la distribución del producto terminado envasado en el almacén y enviado desde ahí mediante transporte hacia las plataformas, nacionales y extranjeras (transporte “y” en la Figura 6.4). Este proceso termina cuando el producto llega a la cadena minorista.
<i>P4: Uso del producto: el tipo de vino.</i>	Este organizador agrupará las emisiones derivadas la energía requerida durante el uso y consumo del vino (V_p), tanto por almacenamiento, preparación, aplicación o mantenimiento siendo las emisiones más relevantes las asociadas al uso de sistemas de refrigeración para mantener los vinos a la temperatura adecuada, según
<i>P5: Disposición Final y reciclaje</i>	Este organizador agrupará al conjunto de emisiones directas derivadas de todos los pasos de eliminación del producto vino (V_p), sus envases o residuos.

En ambos enfoques, las emisiones equivalentes de CO_2 se van obteniendo a partir de las unidades físicas (m^3 , ton.) transformadas a unidades energéticas (gigajoules), a través de la multiplicación por el valor calorífico neto o intensidad energética, para luego ser convertidas en toneladas de CO_2 equivalente, al ser multiplicados por el factor de emisión (por ejemplo: ton CO_2 eq/gigajoule).

Paso 6: Algoritmo de Cálculo: En general la HdC obtiene su magnitud a través de un proceso aditivo de las magnitudes parciales de emisiones registradas en cada uno de los organizadores A_k y P_k . Como resultado de este proceso, el equipo de decisión obtendrá la magnitud de la HdC corporativa (enfoque de-arriba-hacia-abajo) para la Viña

Modelo. Sin embargo, para el caso de la HdC de producto (de-abajo-hacia-arriba), la magnitud determinada corresponderá a las emisiones totales a lo largo del ciclo de vida del vino, la que debe ser distribuida por cada unidad funcional de producto fabricada. En este ejemplo concreto la unidad funcional corresponde a una botella de vino de 0.75 lts.

Se debe agregar que la HdC corporativa es estimada para el periodo de tiempo de un año, mientras que la HdC de producto es estimada para el ciclo de vida del producto el que puede ser mayor o menor a un año y variar entre productos. Por esta razón, ambas HdC no son comparables, en especial por la voluntariedad de inclusión de alcances en la HdC de las organizaciones y el truncamiento del ciclo de vida. En la Tabla 6.2 se presentan valores de referencia de la HdC para una viña en Chile realizada según metodología GHG para la obtención de la HdC corporativa (Feller Rate, 2013). Lo mostrado en la Tabla, fue determinado sobre una base de cálculo de 200 millones de botellas. A=% de distribución de emisiones en el Alcance respectivo; B=% de Distribución de emisiones de HdC GHG Protocol; C=% del Alcance respecto de la HdC total. El resultado de la HdC Corporativa de la Viña es 247995 Ton CO₂ eq (Feller Rate, 2013).

Con el objeto de graficar que los resultados de magnitud de emisiones obtenidos por enfoques corporativos y de producto son difícilmente comparables, debido, entre otros aspectos, al establecimiento de límites arbitrarios para registro y contabilización de emisiones entre los distintos enfoques y diferencias propias de los procesos productivos, se puede desarrollar un simple ejercicio de demostración a partir de las magnitudes disponibles en la Tabla 6.2 y comparar las magnitudes de las HdC total obtenidas por los enfoques corporativos y de producto. Para esto se establece como supuesto que la Viña Modelo (β) produce un único producto (vino V_{β}). Además se debe desestimar las emisiones por uso, disposición final y reciclaje asociados al producto. Bajo estos supuestos, las magnitudes de HdC de productos y corporativas deberían ser equivalentes.

Las emisiones registradas en el proceso corporativo para la Viña Modelo (β) agrupadas en los Alcances (A_k) serán reorganizadas bajo la lógica de un cálculo del enfoque de Producto, en los organizadores (P_k) a través de la asociación directa de las distintas fuentes de emisión y sus magnitudes parciales a las etapas del ciclo de vida del producto (Vino V_{β}). La sola observación de las Figuras 6.3 y 6.4 y de la Tabla 6.2 determinaría

Tabla 6.2: Magnitud de HdC y por alcances para cálculo corporativo GHG Protocol para la Viña Modelo (β) en Ton CO₂ eq

Alcance	Fuentes de emisión	HdC	A%	B%	C%
A1 : Alcance 1 Emisiones Directas	Combustión de Fuentes Móviles (camiones, camionetas, tractores y grúas)	7.31	21	3	14
	Combustión de Fuentes Fijas (Calderas, generadores y otras máquinas estacionarias)	7.33	21	3	
	Emisiones Fugitivas	7.12	20	3	
	Uso de Fertilizantes	2.81	8	1	
	Uso del suelo	10.50	30	4	
	Subtotal Alcance 1; (A1)	35.07	100		
A2: Alcance 2 Emisiones Indirectas	Electricidad	19.72	100	8	8
	Subtotal Alcance 2, (A2)	19.72	100	8	
A3: Alcance 3 Emisiones Indirectas	Insumos de embalaje	90.65	47	37	78
	Viajes de negocios	1.35	1	1	
	Transporte de productos (exportación)	41.02	21	17	
	Transporte nacional de productos	2.62	1	1	
	Transporte de uva propia y de terceros	5.60	3	2	
	Insumos de enología	51.97	27	21	
	Subtotal Alcance 3; (A3)	193.21	100		

que en el cálculo de emisiones para el proceso productivo del vino, bajo el enfoque de producto dejaría de contabilizar en su magnitud 1.349 Ton CO₂ eq, derivadas de viajes de negocios de trabajadores y ejecutivos de la viña, los que no serían considerados por este tipo de cálculo bajo el enfoque de producto.

En segundo lugar, tomando como referencias las magnitudes obtenidas para el cálculo de la HdC del vino disponibles en la literatura para procesos desarrollados en base al estándar PAS2050 (Rodríguez et al., 2014), se puede aproximar las distribuciones de las emisiones en las distintas fases del proceso productivo de las 246646 Ton CO₂ eq (descontada las emisiones de viajes de negocios) y así obtener la HdC del producto vino, al dividir esa magnitud por el número de unidades de producto, en este caso, cantidad de botellas de vino producidas. La Tabla 6.3 muestra los resultados. En la Tabla, A=% de distribución de emisiones de HdC PAS2050 (Rodríguez et al, 2014); HdC (Pk)=Huella

del carbono parcial del proceso (Ton CO₂ eq); HdC producto=huella del carbono vino V_β en (kg CO₂ eq/botella).

Tabla 6.3: Magnitud de HdC de producto para una botella de vino determinada con el estándar PAS2050 (datos de Rodríguez et al., 2014). HdC en Ton CO₂ eq y HdC Producto en kg de CO₂ eq/ botella

Organizador PAS2050	A%	HdC
P1: Extracción y Producción de Materias Primas	24.1	59377.7
P2: Producción o Provisión del Servicio	4.2	10276.9
P3: Distribución	67.1	165572.5
P4: Uso del Producto	0.0	0.0
P5: Disposición Final / Reciclaje.	4.6	11418.8
HdC total del proceso productivo = 246646 (Ton CO ₂ eq)		
HdC del producto en kg CO ₂ eq/botella =1.23		

Concluido este proceso de análisis de los lados izquierdo y derecho del AbaniCO₂, el equipo de decision ya contaría con una magnitud de la HdC en función de los objetivos organizacionales. Sin embargo, se puede apreciar grandes diferencias entre los valores de ambos enfoques. A pesar de haber analizado los dos enfoques que tienen mayor difusión actual es necesario estudiar una tercera opcion identificada por los autores en el análisis de la literatura: el Método Compuesto de las Cuentas Contables, MC3.

6.5 Aplicación del Enfoque Híbrido MC3

Esta tercera vertiente metodológica ubicada en el centro del AbaniCO₂, cuenta con muy pocos referentes, a pesar del potencial que los autores decodifican en el avance hacia economía sustentable. El Enfoque Híbrido para la determinación de la HdC hoy tiene como su principal exponente al Método Compuesto de las Cuentas Contables o MC3 el cual comienza a posicionarse entra otras opciones metodológicas (Doménech, et al, 2011). En el método MC3 (Figura 6.5), se parte desde el mismo objetivo de determinar la intensidad emisiva de CO₂ (paso 1). Sin embargo, este ofrece la posibilidad de calcular simultáneamente ambas huellas de organización y producto. En el (paso 3), a juicio de los autores, los enfoques detrás de la metodología buscan atender directamente los impactos en el entorno, por lo que ofrece una perspectiva de

mayor compromiso con el establecimiento de una relación sustentable con el medio anfitrión y no proteccionista.

En este método, el criterio de selección de emisiones (paso 4) corresponde al origen del recurso consumible, los que se organizan en huellas en base a las categorías de impacto (paso 5). Estas huellas tienen su fundamento científico en la propuesta de la Huella Ecológica (Wackernagel y Rees, 1996). Los primeros nueve organizadores incrementan la magnitud de la HdC, H1: huella de los combustibles emisiones directas; H2: huella eléctrica emisiones indirectas; H3: Huella de los materiales; H4: huella de los servicios y contratos; H5: huella agrícola y pesquera; H6: huella forestal; H7: huella hídrica; H8: huella de uso del suelos; H9: huella de los residuos, vertidos y emisiones. Finalmente la reducción de emisiones por parte de los procesos productivos se registra a través de la H10: Contra Huella.

Es en la determinación de la magnitud de la HdC (paso 6) en donde este enfoque híbrido y específico del MC3 ofrece su mayor innovación al transformar unidades monetarias en emisiones de CO₂ eq a partir de la utilización de la información contable de la organización (Doménech, 2007). A diferencia de los procesos de determinación de emisiones revisados en los otros métodos discutidos, este proceso de transformación de emisiones se inicia con las unidades monetarias, las que son transformadas a unidades físicas, para luego pasarlas a unidades energéticas, y finalmente obtener la magnitud de emisiones. Sin embargo, dada la utilización de los organizadores en base a las categorías de consumo, el método permite avanzar un paso más obteniendo la magnitud de la Huella Ecológica a partir de la aplicación del factor de absorción de emisiones de Wackernagel y Rees, tal como se muestra en la Figura 6.6.

Dado que no se cuenta con la posibilidad de desagregar las magnitudes disponibles de la HdC corporativa del ejemplo para la Viña Modelo de la Tabla 6.4 (GHG Protocol), para graficar las reorganizaciones de emisiones en el enfoque híbrido se puede utilizar los valores disponibles en el estudio realizado por Peña y Serín (2015) para cálculos de la HdC del Vino V_β (basados en MC3). Se establece así un marco de comparación de cómo se reagrupan las emisiones y de la magnitud obtenida de la HdC tanto para la corporación como para el producto. La Tabla 6.4 resume los resultados de Peña y Serín (2015). Esta tabla provee un valor para la HdC de la viña en ton CO₂ eq y para el producto en kg CO₂ por botella producida.

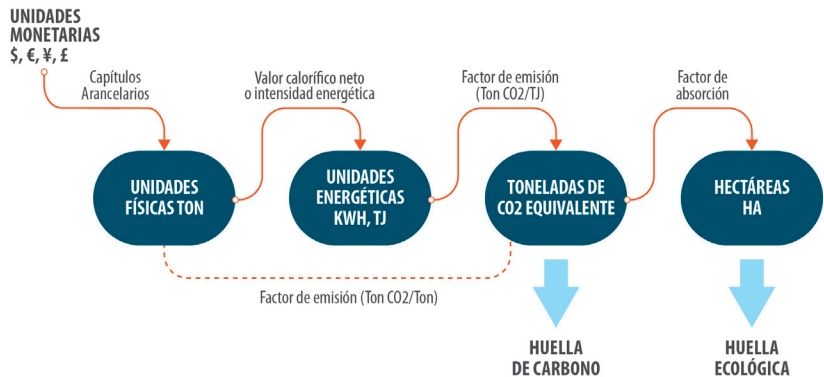


Fig. 6.6: Determinación de la magnitud de emisiones en MC3 (Adaptado de Doménech, 2011).

Tabla 6.4: HdC en Ton CO₂ equivalente determinada con el MC3 (Datos de Peña y Serín 2015)

Organizador MC3	A	Hk
H1: Huella de los Combustibles Emisiones Directas	7,9%	94,8
H2: Huella Eléctrica Emisiones Indirectas	18,4%	220,4
H3: Huella de los Materiales	23,3%	279,1
H4: Huella de los Servicios y Contratos	1,4%	17,1
H5: Huella Agrícola y Pesquera	2,0%	23,4
H6: Huella Forestal	11,3%	135,1
H7: Huella Hídrica	30,4%	364,1
H8: Huella de Uso del Suelos	5,2%	62,6
H9: Huella de los Residuos, Vertidos y Emisiones	0,1%	1,5
HdC Corporativa Bruta de la Viña		1198,1
H10: Contra Huella.	-0,9%	-10,8
HdC Corporativa Neta de la viña = 1187,3 (Ton CO ₂ eq)		
HdC del producto en kg CO ₂ eq/botella = 4.38		

En la Tabla 6.4, A es el porcentaje de distribución de emisiones tipo de Huella MC3; Hk = huella del carbono parcial por categoría de consumo (Ton CO₂ eq); HdC producto es la HdC del Vino V_{β} en kg CO₂ eq/botella, para una producción de 271 mil botellas.

De los tres enfoques descritos en el AbaniCO₂, el enfoque híbrido denominado Método Compuesto de las Cuentas Contables MC3, posee una serie de ventajas respecto de la reducción de las barreras para la adopción de la huella del carbono como una práctica de gestión en las empresas, condición que podría facilitar su difusión por todo el mundo. Entre estas características se pueden listar las siguientes:

- i) Es una metodología sencilla y clara lo que facilita su comprensión reduciendo las barreras a la adopción
- ii) Es una metodología de cálculo que permite unificar los dos enfoques de-arriba-hacia-abajo y de-abajo-hacia-arriba permitiendo en un único esfuerzo obtener tanto la huella de la corporación como del producto, situación que para empresas especialmente de menor tamaño reduce significativamente la cantidad de recursos requeridos para su proceso de implementación.
- iii) Considera un importante grado de transparencia dado que todos los factores de conversión que emplea están a la vista en la herramienta, la que a su vez se puede obtener gratuitamente.
- iv) Es completa desde la lógica de la sustentabilidad dado que partiendo de cálculos simples se amplía con la totalidad de categorías de consumo conocidas (o fuentes de emisión).

Es importante destacar que la innovación incorporada en el Paso 6 del método MC3 podría constituir un importante “Caballo de Troya en el proceso de adopción metodológica de la HdC”, en organizaciones que buscan argumentos costo/eficiencia para asumir obligaciones en una economía carbono reduccionista, al permitir establecer una clara relación entre el uso de recursos de la organización y su desempeño ambiental (ejemplo Ton CO₂ e/\$) basado además en simples adaptaciones de sus actuales sistemas de registro contable, financiero y operacional.

6.6 Adopción de la Metodología MC3

La adopción del concepto de la HdC como determinación de cuán amigable con el medio ambiente ha sido el proceso de elaboración de un producto requiere de una serie de cambios en todos los niveles de la organización. Por lo tanto, el proceso de adopción de una meto-

dología para cuantificar la HdC requiere de una especial disposición de la empresa y, entonces, el método a aplicar adquiere especial importancia. Probablemente, el punto de partida para una exitosa adopción del concepto y para la cuantificación de la HdC es el convencimiento de la empresa, de que la HdC constituye un factor de competitividad importante, en especial en el mercado internacional que inevitablemente impondrá restricciones basadas en producción sustentable (Schneider y Samaniego, 2009).

La simplicidad relativa del método MC3, sin duda, facilita el proceso de adopción y su aplicación, sin demandar gastos apreciables al proceso contable de la empresa. Con el fin de implementar exitosamente estos cambios se recomienda tomar en cuenta los siguientes tres pasos: comunicación, cambio y confirmación.

La comunicación corresponde al primer paso en el proceso de adopción y es la etapa que sienta bases para la continuidad y sustento del cambio a implementar. Este acto debe involucrar a todo el personal de la empresa, presentando argumentos sólidos para su implementación, con el fin de crear una visión clara y compartida en toda la organización. Es de suma importancia esta primera etapa, debido a que implica compromiso y motivación de todo el personal para aceptar los cambios. Una vez comunicada la intención de adoptar el cambio se procede a ejecutar el plan de trabajo reuniendo todos los elementos necesarios, sean éstos físicos o intelectuales, para comenzar a efectuar las acciones pertinentes a cada nivel organizacional, evaluando cada etapa y generando acciones correctivas en caso que fuese necesario. Al momento en que la adopción se haya integrado, efectivamente, a cada nivel de la organización se asume como una práctica habitual dentro de la empresa, creando políticas que apoyen, sostengan y confirmen dicha adopción.

Cada una de las etapas en el proceso de adopción requiere, también, de una serie de actividades paralelas para la preparación del personal y la alineación de los trabajadores a la nueva visión de la organización. La empresa debe también hacer los cambios tecnológicos necesarios en los sistemas y procesos productivos, convencida de que se trata de inversiones que en el mediano y largo plazo representarán ingresos adicionales o la sustentabilidad misma de la organización.

Capítulo VII

HdC en la Formación de Ingeniería y Ciencias

7.1 Introducción

Como se ha descrito en los capítulos anteriores, la mayor parte de la comunidad científica y un número creciente de grupos sociales, empresariales y políticos de los más diversos países han aceptado las evidencias de que el cambio climático es originado por las actividades humanas. El cambio climático no sólo constituye un problema ambiental, sino que también un problema de desarrollo, con profundos impactos en la sociedad, la economía y los ecosistemas. Esta situación ha llevado a diferentes organizaciones públicas, privadas y por cierto al mundo académico, a discutir y proponer metodologías y regulaciones para contabilizar y declarar impactos ambientales de la producción y/o el consumo de bienes y servicios, así como las emisiones corporativas de los GEI, a través del uso de la HdC.

Sin embargo, el concepto de la HdC no ha llegado aún a ser un tema común en la enseñanza de la ingeniería y las ciencias. En la Web, sin embargo, se encuentran variados cursos cortos, seminarios, diplomados y cursos de magister relacionados con el tema. La Tabla 7.1 muestra una selección de este tipo de programas que imparten centros de investigación, de servicios y algunas universidades y centros de enseñanza.

7.2 Huella del Carbono en la Academia

Como se mencionó en un párrafo anterior, a pesar de la importancia actual y su potencial creciente influencia futura, el concepto de HdC no ha sido incorporado en forma adecuada en cursos relacionados con el medio ambiente o en cursos de gestión donde es necesario aplicar y cuantificar este concepto. Existen iniciativas en algunos países desarrollados en los que este concepto es ya incorporado en la escuela secundaria y existen una gran cantidad de cursos e investigación a nivel de posgrado alrededor del mundo (NEA 2011; CEER, 2017). En la investigación académica, el tema ha experimentado, también, un notable

Tabla 7.1: Selección de cursos sobre la huella del carbono en la Web

1	Huella del Carbono y Cambio Climático Bureau Veritas Formación www.bureauveritasformacion.com/huella-de-carbono-y-cambio-climatico-1825.aspx
2	Curso ON LINE Huella del Carbono ISO 50001 iso50001.nom.es/curso-on-line-huella-de-carbono/
3	Curso de Experto en Cálculo de la Huella del Carbono - Geoinnova https://geoinnova.org/cursos/curso-cambio-climatico-experto-en-calculo-de-la-huella-...
4	Curso en línea de Cálculo de Huella del Carbono Instituto Superior de ... www.ismedioambiente.com/.../¿que-beneficios-tiene-el-calculo-de-la-huella-de-carbo...
5	Curso de cálculo de la Huella del Carbono. Formación online en ... www.eadic.com/cursos/.../curso-calculo-de-la-huella-de-carbono-y-huella-ecologica/
6	Curso en línea de Cálculo Huella del Carbono - https://www.youtube.com/watch?v=n1vx-hZCsH8
7	Curso: Huella del Carbono y Economía Baja en Carbono ... www.redcapitacion.cl/curso/huella-de-carbono-y-economia-baja-en-carbono/2103
8	AEC - Taller práctico para el cálculo de la Huella del Carbono https://www.aec.es/web/guest/formacion/catalogo/listado/for0492
9	Cursos de Huella del Carbono BSI Group https://www.bsigroup.com/es-ES/...de-la-Huella-de-Carbono/cursos-huella-carbono/
10	Nuevo Curso: Huella del Carbono - Bureau Veritas Argentina www.bureauveritas.com.ar › Home › Novedades
11	Curso en línea - Cátedra Ecoembes de Medio Ambiente. Cátedra www.catedraecoembes.upm.es/curso-online-calculo-de-huella-de-carbono/
12	Curso de Huella del Carbono - Intedya www.intedya.com/internacional/91/formacion-huella-de-carbono.html
13	Cálculo de huella del carbono - Cursos y Postgrados-Formación... www.mapama.gob.es/es/ceneam/formacion.../cursos.../calculo-huella-carbono-ism.asp...
14	Curso en línea Huella del Carbono: Conceptos y Metodologías ~ Eco www.eco-huella.com › Huella-Carbono › Sostenibilidad
15	Curso Conservación y Carbono: Por un desarrollo sostenible www.conservacionycarbono.com/curso

desarrollo. Desde unas pocas publicaciones a fines del siglo pasado, la literatura relacionada con la HdC ha experimentado un notable crecimiento en los últimos años, como se mostró en el capítulo 1, figura 1.3. Sin embargo, como se trata de un tema transversal que afecta a todos los sectores de la sociedad, los futuros profesionales deben tener las bases mínimas que les permitan entender el concepto y aplicarlo durante su vida profesional. En este capítulo se presentan algunos aspectos generales sobre como introducir el concepto de la HdC en la academia, en especial en cursos relacionados con medio ambiente, con contaminación ambiental, o con tratamiento de residuos. Por tratarse de un tema en que no hay demasiados aspectos teóricos, este trabajo enfatiza la enseñanza de los conceptos fundamentales y de sus aplicaciones a través de trabajos semestrales de investigación y desarrollo.

7.3 Uso de Calculadoras de la HdC

Uno de los primeros ejercicios que pueden ser compartidos en la enseñanza del concepto de la HdC es el uso de calculadoras que se encuentran en forma libre en la Internet. Paul Rauber, editor de la revista *Sierra*, ha publicado un interesante estudio sobre calculadoras disponibles en la Web para estimar la HdC en el ámbito doméstico (Rauber, 2008). La mayoría de las calculadoras expresan la HdC en toneladas por año de CO₂ eq, aunque algunas lo expresan en terreno equivalente, que sería necesario tener para absorber las emisiones de gases. Rauber (2008) establece que algunas calculadoras son de dudosa calidad y de exactitud muy incierta.

La Tabla 7.2 muestra una comparación de los resultados usando varias calculadoras disponibles en Internet. De las nueve calculadoras evaluadas, se obtuvo para la misma aplicación valores que van desde 8.8 hasta 63.1 toneladas de CO₂ por año. Los valores en la columna R de Resultados están en toneladas métricas de CO₂ por año. La abreviatura GR indica si la calculadora disponible en línea, guarda o no los resultados de las aplicaciones de los usuarios.

Algunas calculadoras enfatizan los gastos de energía, automóvil y transporte aéreo y la mayoría, también, realiza los cálculos con información promedio que el usuario provee sobre sus usos de energía y eliminación de desechos. Algunas calculadoras usan promedios regionales o mundiales, asunto que a juicio del autor no parece razonable conside-

rando la gran diferencia en emisiones en distintas regiones y distintos países en el mundo. En Estados Unidos, por ejemplo, el promedio de emisiones por habitante es de 19 toneladas de CO₂, en Alemania es 10 toneladas, en México es 4.1, y en Haití es 0.2, siendo el promedio mundial de 6.0 toneladas por habitante (Carbon Planet, 2011). En el año 2013 la HdC de Chile era 4.7. La Figura 7.2 muestra el crecimiento de la HdC en Chile en los últimos 50 años.

Tabla 7.2: Comparación de calculadoras de la HdC disponibles en la Web

<i>Organización</i>	<i>Alcance</i>	<i>Dificultad y Transparencia</i>	<i>Destacable</i>	<i>GR</i>	<i>R</i>
Berkeley Institute of the Environment (educacional)	Amplio: Casa, transporte, alimentos, servicios, y emisiones indirectas.	Muy compleja, requiere muchas variables incluyendo información indirecta. Muchos cálculos	Buen resumen de resultados en forma gráfica	Si	11.1
British Petroleum, BP (comercial)	Modesto: casa y transporte, incluyendo viajes de negocios	Baja dificultad, muchos valores promedios. No dice como se hacen los cálculos	Destacable que una gran empresa de petróleo se preocupe del tema	No	19
EPA (gubernamental/ educacional)	Modesto: casa y transporte, y algo sobre el estilo de vida	Dificultad media, con una planilla Excel manejable y con los resultados a la vista	Muchos enlaces a otros calculadores más especializados	No	9.69
Global Footprint Network (ONG/ educacional)	Amplio: Casa, transporte, alimentos, consumos y reciclaje	Alta dificultad, y va más allá de la huella del carbono determinando otros impactos ambientales en el estilo de vida	Animación molesta pero otorga mayor información sobre el impacto de la huella	Sí	19.6
An Inconvenient Truth/ Native Energy (comercial/ vende servicios)	Limitado: Casa y transporte solamente	Baja dificultad estima gastos energéticos por la cuenta que se paga. Las instrucciones no son muy claras	Usa diferentes factores de emisión en particular para transporte	No	8.85

Tabla 7.2 (continuación)

Organización	Alcance	Dificultad y Transparencia	Destacable	GR	R
Low Impact Living (comercial/ vende artefactos)	Muy amplio: Casa, transporte, artefactos, basura y agua.	Alta dificultad. Indica estar basada en literatura de alto nivel pero no se dan detalles	Entrega información del dinero perdido y los ahorros por acciones favorables	Sí	11.6
Nature Conservancy (ONG/ educativa/ vende servicios)	Amplio: Casa, transporte, alimento y reciclaje	Baja dificultad con muchos valores medios e incluye emisiones indirectas. Las instrucciones no son claras	Buenos gráficos que comparan resultados con promedios en USA y mundiales	No	25.35
Redefining Progress (ONG/ educativa/ vende servicios)	Muy amplio: Casa, transporte, alimentos, agua, reciclaje y consumos	Alta dificultad con cálculos en rangos y va más allá de las emisiones de carbono	Cuantifica el consumo de energía en forma detallada	No	63.1
Terrapass (comercial/ vende servicios)	Limitado; casa y transporte	Dificultad media y enfocada a transporte en avión. Es confusa sin explicaciones	Calcula consumos y permite comparar con otras casas del área	No	9.8

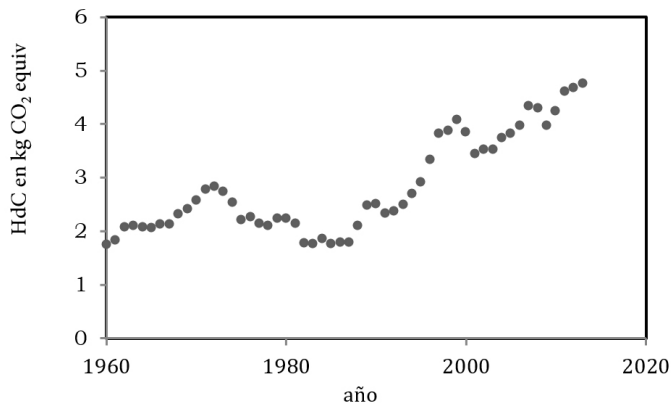


Fig. 7.2: HdC per cápita en Chile en los últimos 50 años

También, algunas calculadoras son muy detalladas y pueden requerir esfuerzo adicional para reunir los datos necesarios para los cálculos. En el ámbito doméstico al que se refiere la Tabla 7.2, algunas requieren las cuentas de electricidad, la cantidad y tipo de ampollitas (lámpara, bombillo) que se usa en la casa, los viajes en avión y las distancias recorridas por los habitantes de la casa, el tipo de ventanas, los tipos de energía y en qué proporción es usada en la casa. Varias de las calculadoras están dirigidas a vender al usuario métodos para mejorar su HdC. Las calculadoras disponibles en Internet están dirigidas al usuario final y a determinar cómo cada individuo aporta a la generación de GEI y a la HdC. No aparece indicado en ninguna calculadora la huella dejada en la manufactura del auto, o en el transporte del hierro y del acero que fue necesario transportar y usar para construir el auto. Algunas calculadoras pretenden incluir estos factores, pero los valores cambian en forma dramática, no pudiéndose establecer la veracidad de los resultados. Rauber (2008), por ejemplo, obtiene 11.1 toneladas de CO₂ con una calculadora, sin incluir gastos de manufactura y 34 incluyéndolos. La verdadera cantidad de emisiones queda entonces en duda. La evaluación de este tipo de calculadoras es un buen tema para discutir en cursos técnicos o universitarios, para trabajos semestrales o incluso para tema de Tesis de grado.

7.4: Trabajos que Pueden Desarrollar los Alumnos

Los autores han realizado tareas concretas para expandir el conocimiento académico y social del tema. Se ha incorporado el tema en cursos, se han impartido conferencias académicas y de extensión, se han realizado trabajos de tesis y se ha participado en congresos. La Tabla 7.3 resume algunas actividades realizadas por el grupo de trabajo de los autores en los últimos años sobre la difusión de este importante concepto y sobre la concienciación de diversos grupos.

Una forma práctica y que tiene buena aceptación por parte de los estudiantes es el trabajo semestral guiado, ya sea individual o en grupos sobre un tema definido por el profesor y en lo posible de interés para el alumno, dependiendo de la especialidad que esté cursando.

Por ejemplo, si se trata de alumnos de ingeniería industrial probablemente temas relacionados con modelos para cuantificar la HdC o para gestionar recursos relacionados con ella, sean de especial interés.

Tabla 7. 3: Actividades realizadas por los autores sobre difusión y enseñanza de la HdC

<i>Actividad</i>	<i>Título</i>
Cursos	• Métodos de Gestión Avanzada • Innovación para la Competitividad • Literatura Científica para Ingeniería. La Huella del Carbono
Tesis dirigidas	• Huella del carbono para Productos Exportables del Sector Pectini-cultor en Chile • Cuantificación de la huella del carbono para el Proceso de Solari-zación Modificada de la Empresa Pisquera Capel Ltda. • Implementación de un Estándar en Contabilidad Corporativa para Reporte de GEI en la Actividad Acuícola Extensiva. • Determinación de la huella del carbono para su Adopción en Empresas Vitivinícolas; Caso Viña Falernia S.A • Determinación de la Huella del Carbono mediante el Método MC3 para una Empresa Vitivinícola en Chile
Extensión	• Participación en el Comité Espejo Nacional ISO TC 207 SC 7, estudio de Normas ISO 14067-1 HdC de productos • Participación en el programa de fortalecimiento de capacidades Gestión Ambiental, temas emergentes y producción limpia
Conferencias y Congresos	• Cálculo de la HdC mediante el Método MC3 (Perú, 2013) • Ábaco para la Contabilización de Emisiones (Uruguay, 2012) • Conceptos y Métodos de Estimación de la HdC (Argentina, 2012) • Enseñanza del Concepto HdC en Ingeniería (Chile, 2011) • Análisis y evaluación de Calculadoras de HdC (España, 2011)
Publicaciones	• AbaniCO₂: Un Método Simple y Efectivo para la Toma de Decisio-nes sobre la Adopción de la HdC (2016) • Huella del carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas (2012) • Huella del carbono. Parte 2: La Visión de las Empresas, los Cues-tionamientos y el Futuro (2012) • Huella del carbono, un Concepto que no puede estar ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias (2011)

Si se trata de alumnos de ingeniería en minas, el tema de la HdC en la industria del cobre o en la minería no-metálica, seguro que entusiasmarán a los estudiantes. Para un alumno de ingeniería química, estudiar la importancia de los gases usualmente considerados en la cuantificación de la HdC (y por qué no se consideran otros), puede ser de especial atractivo. Estudiar y evaluar la HdC en vertederos de residuos sólidos, por ejemplo, debe ser muy motivador para un estudiante de ingeniería ambiental. La Tabla 7.4 muestra una selección de los muchos

temas que pueden ser tratados en cursos directa o indirectamente relacionados con medio ambiente.

7.5 Un Curso formal para Carreras de Ingeniería y Ciencias

Un curso formal sobre HdC y cambio climático dentro de un programa de alguna carrera de ingeniería y ciencias (sea obligatorio o electivo) debe contener ciertos tópicos fundamentales a cubrir por el profesor, además de trabajo semestral guiado sobre algún tema de actualidad o aplicación de los conceptos de HdC. La Tabla 7.4 muestra una selección de tópicos que no pueden estar ausentes en un curso de este tipo para especialidades de ciencias e ingeniería.

El trabajo semestral permite también practicar otras áreas de especial importancia en la formación de profesionales: búsqueda eficiente y eficaz de la literatura, lectura de artículos de revistas de corriente principal, selección de material adecuado y pertinente, redacción de informes técnicos, y exposición frente al curso. La Tabla 7.5 presenta temas que han sido tratados en curso realizados por los autores.

Tabla 7.4: Tópicos fundamentales en un curso sobre HdC en la enseñanza de la ingeniería y las ciencias

Nº	Tema
1	Cambio Climático y Huella del Carbono
2	Gases de efecto invernadero y calentamiento global
3	Huella Ecológica y Huella del Carbono
4	Ciencia y política del Cambio Climático
5	Principales cuestionamientos a la HdC
6	Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero
7	Metodologías Protocolo GHG, Bilan Carbone y PAS2050
8	Método MC3 para determinar la Huella del Carbono
9	Identificación y clasificación de fuentes de emisión de GEI
10	Factores de emisión de GEI, datos necesarios
11	Cálculo de huella del carbono corporativo y productos
12	La visión de las empresas sobre la Huella del Carbono
13	Trabajo semestral de investigación de la literatura científica

Tabla 7.5: Selección de temas sobre la HdC asignados en un curso de pregrado

Nº	Tema	Detalle
1	Huella del carbono y cambio climático global	Relación conceptual entre HdC y cambio climático, y conceptos erróneos sobre el tema
2	Huella del carbono y globalización	La influencia del concepto de emisiones y HdC en la globalización industrial
3	Huella del carbono y la industria automotriz	Definir las distintas áreas de esta industria y calcular la HdC por segmentos
4	Huella del carbono en catástrofes naturales	Terremotos, maremotos, sequías, inundaciones, huracanes
5	Huella del carbono en incendios forestales	Estudiar los incendios intencionales o por descuido humano
6	Huella del carbono en el transporte	Se puede dividir en transporte terrestre (camiones y trenes), marítimo y aéreo
7	Huella del carbono en derrames de petróleo	Efectos de los derrames causados por embarcaciones o fallas en pozos de alta mar
8	Huella del carbono en vertederos de residuos	Se pueden incluir vertederos y plantas de tratamientos de residuos
9	Huella del carbono en el turismo	Considerar actividades en la playa y campo, ciudades, transporte, recorridos por la ciudad
10	Huella del carbono en la agricultura	Considerar pesticidas y otros agroquímicos, como también los residuos de cosecha
11	Modelos para cuantificar la HdC	Identificar modelos, clasificarlos y compararlos por simplicidad y exactitud
12	Huella del carbono en la industria vitivinícola	Considerar vinos y licores, incluyendo destilación alcohólica y transporte

La introducción de conceptos en las clases expositivas y en especial en la realización del trabajo semestral guiado, los autores han podido verificar la favorable respuesta de los alumnos de ingeniería y ciencias por este tema del cambio climático y la HdC. Esto se manifiesta por la seriedad, profundidad, dedicación y responsabilidad con que realizan sus trabajos de investigación semestral. Para los autores es esencial, entonces, que en este siglo XXI, con todo lo que se conoce hasta ahora sobre los catastróficos efectos del cambio climático, los profesionales del futuro, y que estamos formando ahora en nuestras universidades, deben salir a ejercer su profesión informados de todas las implicancias negativas que puede tener el ignorar el cambio climático. Ya no se puede hacer ingeniería sustentable con solo estudios técnicos y económicos.

Capítulo VIII

Epílogo

8.1 Introducción

Los antecedentes expuestos en los capítulos anteriores muestran que la HdC constituye un patrón de competitividad no solo vigente, sino también, ineludible en un futuro cercano, para aquellos que aún no lo han incorporado dentro de sus prácticas de gestión empresarial. Y a pesar de los problemas con algunos acuerdos multilaterales, como el retiro de Estados Unidos del Acuerdo de París, este indicador ha logrado transitar desde el interés de la ciencia, a la geopolítica, institucionalizándose en las relaciones de intercambio nacional e internacional como una métrica objetiva de la respuesta de las organizaciones y como una contribución efectiva al desarrollo sustentable. Y aunque un análisis superficial, pudiera tender a definir su contribución solo en el ámbito ambiental, asociado a las emisiones de GEI, el conocimiento acabado del concepto y de las formas de determinar un valor para la HdC permite identificar otros ámbitos de contribución, tanto en lo económico como social.

Respecto de lo económico, se determina una correlación positiva entre las magnitudes de HdC y el uso ineficiente de los factores productivos, en especial, aquellos asociados a los distintos tipos de energía. Dada la necesidad de mejorar permanentemente la magnitud de la intensidad de emisiones registrada por el indicador HdC, entre dos o más periodos de evaluación consecutiva, se puede desarrollar un proceso de mejoramiento continuo en el aprovechamiento de los recursos organizacionales.

Desde el punto de vista de lo social, estos beneficios individuales son potencialmente transferidos a las economías locales y nacionales producto del mejor aprovechamiento de recursos escasos de las unidades productivas, en particular en países en desarrollo como los latinoamericanos, reduciendo los costos sociales de la ineficiencia, principalmente cuando se trata de pequeñas y medianas unidades productivas.

8.2 El Futuro de la HdC

En términos de escala parece razonable una masiva adopción de este indicador como práctica de gestión, en la medida que sus costos de implementación tengan un razonable periodo de recuperación y su comunicación permita ofrecer un diferencial competitivo frente a productos o corporaciones equivalentes.

Las empresas de países en desarrollo se enfrentan de manera asimétrica a las implicancias de la incorporación de la HdC como herramienta de declaración de sustentabilidad en las relaciones de intercambio económico. Esto se valida en la literatura dado los escasos niveles de información y contribución al conocimiento, de la HdC y la metodología de cálculo desde los países en desarrollo. Consecuentemente esto determina una baja participación en los foros multilaterales de discusión no solo los derivados de los acuerdos de reducción de emisiones frente a la mitigación del cambio climático, sino también, en los esfuerzos de estandarización como la fracasada Norma ISO 14067.

Esta participación de países menos desarrollados está además caracterizada por un alto grado de atomización en pequeños grupos de países que no logran una postura común frente al cambio climático y a la HdC, ofreciendo propuestas con marcados énfasis particulares nacionales, lo que ratifica la divergencia de sus miradas frente a la problemática y a las formas de abordarla, tanto desde el punto de vista político, económico y social.

Hasta ahora es el sector exportador latinoamericano quien ha recibido las primeras señales de incorporar este indicador en el intercambio internacional de productos, así como en las declaraciones corporativas. Este sector ha actuado reactivamente frente a estas exigencias con todas las dificultades, complejidades e incertidumbres en términos de magnitudes y equivalencias.

La literatura indica que estas complejidades provienen de la visión de tres actores y visiones principales, el mundo científico, el geopolítico y el económico-empresarial, los que se han concentrado de manera divergente en torno a la *magnitud*, sin haber logrado antes armonizar sus conceptos e intereses sobre el conocimiento de la HdC.

El mundo científico se ha enfocado, principalmente, en el estudio de la objetividad del cálculo y en la propuesta de diferentes semánticas para la determinación de magnitudes, abriendo espacios a la generación

de complejidades y divergencias metodológicas con las consecuencias señaladas de variados niveles de incertidumbre.

Por su parte, el orden geopolítico ha concentrado sus esfuerzos en la determinación de límites a la magnitud estableciendo metodologías, desarrollo de políticas ambientales y regulaciones gubernamentales que ordenan a países y sus organizaciones a informar de sus emisiones de carbono y, en ocasiones, a pagar impuestos sobre la base de compromisos de emisión.

El sector privado ha sido tanto receptor como promotor de los diversos métodos asociados al cálculo de la HdC, y sus esfuerzos han estado principalmente enfocados a la obtención de magnitudes que les permitan rendir cuentas públicas a los distintos grupos de interés respecto de una gestión sustentable, al margen de cuestionamientos sobre la objetividad de los métodos empleados. Estos desarrollos empresariales están marcados por la definición de límites de responsabilidad convenientes para los intereses de la empresa.

A lo largo del libro se ha ratificado que las complejidades conceptuales y metodológicas son características intrínsecas al concepto HdC. Además, el fácil acceso a la información a través de literatura de corriente principal como de literatura gris, incrementa la problemática por la disponibilidad de información confusa y en algunos casos contradictoria, la que es muy difícil de procesar cuando se trata de usuarios no familiarizados con el concepto.

Así también, las incertidumbres y la falta de explicitación de las contribuciones de este indicador a los objetivos empresariales, dificulta el proceso de toma de decisiones de adopción, por parte de gerentes o directivos responsables del proceso, condicionado no tan solo el aprendizaje individual, sino también el aprendizaje organizacional.

Ahora bien, cuando se trata de países en desarrollo, como los latinoamericanos, esta situación se ve incrementada por la falta de conocimiento técnico de los tomadores de decisión, la falta de escolarización y difusión entre la sociedad civil de estos conceptos. A esto se agrega la falta de recursos humanos y de información sistematizada de los procesos productivos y de servicios, adecuados a los requerimientos de los métodos o la imposibilidad de realizar un análisis crítico de la información disponible de la HdC, en ausencia de posturas o desarrollos nacionales frente al tema.

8.3 Recomendaciones

Como contribución al conocimiento de la administración de empresas cuando se trata de compatibilizar los intereses privados con los sociales y ambientales, esta investigación ha permitido determinar el potencial de los métodos híbridos como contribución a la adopción de la HdC, descritos por el *AbaniCO₂*.

Específicamente, el Método Compuesto de las Cuentas Contables MC3, posee una serie de ventajas respecto de la reducción de las barreras para la adopción de la huella del carbono como una práctica de gestión en las empresas, condición que podría facilitar su difusión por todo el mundo y especialmente en Latinoamérica.

MC3 es una metodología de cálculo que permite unificar los dos enfoques, *hacia-arriba* y *hacia-abajo*, permitiendo en un único esfuerzo obtener tanto la huella de la corporación como del producto, situación que para empresas especialmente de menor tamaño reduce significativamente la cantidad de recursos requeridos para su proceso de implementación. Se trata, por tanto, de una metodología sencilla y clara, fácil de comprender y en la que todos los factores de conversión que emplea están a la vista, y es además una metodología de acceso abierto.

Es importante destacar que la transformación de unidades monetarias en emisiones permite utilizar la información económica de los sistemas contables y proyectarlos al comportamiento ambiental sin requerir de nuevos sistemas ni de inversiones. Si bien la HdC debería contribuir al logro de un objetivo mayor que es la instalación de una economía baja en carbono, las perspectivas detrás de los distintos métodos de cálculo buscan estimar magnitudes bajo una lógica proteccionista de los intereses de quien calcula, y no necesariamente en base al logro de un objetivo mayor asociado al desarrollo sustentable.

Creemos que el uso de la metodología MC3 podría constituir en forma determinante en el proceso de adopción metodológica de la HdC como un primer paso hacia la adopción de una economía baja en carbono, especialmente en empresas, que, siendo grandes emisores, se resisten a incorporar esta práctica de gestión. Para esto se propone la divulgación masiva entre micro, pequeñas y medianas empresas de esta metodología, que permita su adopción en un número importante de pequeñas unidades productivas, dado su fácil implementación y bajo costo. Con ello se favorece la incorporación temprana de este grupo, ge-

neralmente rezagado en prácticas de gestión, que, al incorporar atributo en la comunicación e intercambio de productos o servicios como sello de sus gestión ambiental y empresarial, presionen competitivamente a la estructura productiva de la economía.

Esto permitirá que empresas de mayor tamaño, altamente emisoras de GEI y resistentes a adoptar prácticas ambientales, se adhieran por la simple homologación del estándar, ya presente en unidades productivas de menor tamaño. A esto se suma un escenario futuro en donde se intensificará además la presión de los distintos grupos de interés nacionales y extranjeros para la adopción de la HdC como respuesta a los acuerdos multilaterales.

Otro aspecto relevante a considerar entre las bondades de esta metodología, particularmente para organizaciones que buscan argumentos costo/eficiencia para asumir obligaciones en una economía carbono reduccionista, es la ventaja de ofrecer resultados que combinan unidades económicas con emisiones, al permitir establecer una clara relación entre el uso de recursos de la organización y su desempeño ambiental (ejemplo Ton CO₂ eq/\$). Esto podría sumar un nuevo indicador derivado de esta metodología para el análisis de la respuesta de las empresas y sus contribuciones efectivas al cambio climático con un indicador que pudiese denominarse: *Carbono Eficiencia*, destinado a determinar la intensidad emisiva de cada unidad monetaria, utilizada por la empresa medido en unidades de masa de CO₂ o CO₂ eq, por unidades monetarias.

$$\text{Carbono Eficiencia} = \left[\frac{\text{Nivel de emisiones de CO}_2 \text{ o CO}_2 \text{ equiv. en toneladas}}{\text{Unidades monetarias utilizadas}} \right] \left[\frac{\text{Ton. CO}_2 \text{ equiv}}{\$} \right] \quad (8.1)$$

Este índice permitiría comparar organizaciones, procesos productivos y modelos de negocios distintos bajo un parámetro equivalente, *la cantidad de emisiones por unidad de recurso económico empleado*, facilitando la estratificación de aquellos tipos de empresas más o menos intensivas en emisiones de GEI, con independencia de su tamaño o su sector productivo.

Si bien hemos dado una visión actual sobre este importante indicador como es la HdC y las complejidades asociadas a su cálculo y

adopción, los estudios que han conducido a la presentación de este libro han permitido develar nuevas interrogantes que es necesario abordar en el futuro cercano: ¿Cómo responder a la comparabilidad y equivalencia de magnitudes de HdC en un escenario de amplio desarrollo metodológico? ¿Es posible establecer factores de conversión y escalas emisoras entre métodos? ¿El índice propuesto y que hemos definido como *carbono eficiencia*, será capaz de ofrecer una alternativa de solución real a este problema de uniformidad en el cálculo de un valor numérico para la HdC?

Desde la perspectiva teórica y a partir de los acuerdos multilaterales logrados en el ámbito del cambio climático y la reducción de emisiones de GEI, se prevé un amplio potencial de desarrollo para las investigaciones en torno a la HdC y sus aplicaciones en las organizaciones. Sin embargo, cuando se trata de aportar a la competitividad de empresas latino americanas o a la disminución de sus vulnerabilidades en el comercio internacional, parece razonable también abordar esfuerzos investigativos asociados a la implementación sistemática de los métodos de cálculo y al estudio de los avances en la determinación de equivalencia que conduzcan a hacer más objetivo y transparente el etiquetado de productos y servicios.

Referencias

- Ademe, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Bilan Carbone®, Entreprises et Collectivités. Guide méthodologique, version 6.1, objectifs et principes de comptabilisation (2010).
- Antal, E. *Cambio Climático: desacuerdos entre Estados Unidos y Europa*, Ed. Plaza y Valdes y Unam, 118-122 (2004).
- Arias, L. y E. Arruez. Estimación de la huella del carbono mediante metodología MC3 en el sector construcción. Memoria Título de Ingeniero Civil Industrial, Depto. de Ingeniería Civil Industrial, Univ. de La Serena. (2011).
- Bermejo, R. *Economía sostenible. Principios, conceptos e instrumentos*. Bakeaz, Bilbao, (2001).
- Bilan Carbone (BC), de la Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. goo.gl/Kuj1du (2011).
- Boiral, O. Corporate Response to Global Warming: For a Proactive Strategy. *International Journal of Business and Economics Perspectives*, 1(1), 79-95 (2006).
- Bolin, B., B.R. Döös, J. Jäger y R.A. Warrick. The greenhouse effect, climatic change and ecosystems, International Council of Scientific Unions, Paris (Francia). *Scientific Committee on Problems of the Environment*, 541 (1986).
- Bolwig, S. y P. Gibbon. Emerging product carbon footprint standards and schemes and their possible trade impacts. Risø-R-Report 1719 (EN). Risø National Laboratory for Sustainable Energy, Technical University of Denmark (2009).
- Brenton, P., G. Edwards-Jones y M.F. Jensen. Carbon labelling and low income country exports: A review of the development issues. *Development Policy Review*, 27, 243- 265 (2009).
- BSI, British Standards Institute (BSI). PAS 2050: 2008. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse emissions of goods and services, [http://www.bsigroup.com/en/Standards-and-Publications/ Industry-Sectors/Energy/PAS-2050](http://www.bsigroup.com/en/Standards-and-Publications/Industry-Sectors/Energy/PAS-2050) (2008).
- BSI, British Standards Institute (BSI). PAS 2060: Specification for the demonstration of carbon neutrality, [http://shop.bsigroup.com /en/ProductDetail/?pid=000000000030198309](http://shop.bsigroup.com/en/ProductDetail/?pid=000000000030198309) (2010).
- Burritt, R. L. y J. Tingey-Holyoak. Forging cleaner production: the importance of academic practitioner links for successful sustainability embedded carbon accounting. *J. Cleaner Production*, (36) 39-47 (2012).
- Carballo, A., J.L. Doménech y M.C. García. "El ecoetiquetado en base a la huella ecológica y del carbono: una herramienta de marketing verde". *UAI Sustentabilidad*, 3(7), 1-2 (2009).
- CarbonPlanet, http://www.carbonplanet.com/country_emissions (2011).

- Cazorla O. y M. Gartor. Cómo se posiciona América Latina y el Caribe ante la Cumbre Mundial sobre Cambio Climático COP21. <http://www.-lamarea.com> (2015).
- CEER Annual Conference Powering Towards Clean Energy in Europe, Bélgica (2017).
- CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible (LC/G.2624) Santiago, Chile, febrero (2015).
- CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Metodologías de cálculo de la huella del carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina Documento de trabajo. (2013).
- CEPAL, Comisión Económica Para América Latina y El Caribe. Metodologías de cálculo de la huella del carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina (2010).
- CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña (2009).
- CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Segundo informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe (LC/FDS.2/3), Santiago, (2018).
- CEPAL-OCDE, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal)/ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (Ocde), Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile 2016, Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile (2016).
- Chambers, N. y K. Lewis. Ecological Footprint Analysis: Towards a Sustainability Indicador for Business. *ACCA Research Report*, 65 (2001).
- Chavez, A. y A. Ramaswami. Response to: Low-carbon cities, GHGs and 'footprints' Letter to the Editor. *Carbon Management*, 3(1), 19–20 (2012).
- CMCC (Convención Marco sobre el Cambio Climático). Informe de la Conferencia de las Partes. 21º Periodo de Sesiones Acuerdo de París, París (2015).
- CMMC (Convención Marco sobre el Cambio Climático), Informe de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo de Kyoto sobre su octavo período de sesiones, Doha, (2012).
- CNE (Comision Nacional de Energía), Anuario Estadístico 2016.
- COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre), Dirección de Estudios y Políticas Públicas. Actualización de la información sobre emisiones de gases de efecto invernadero directos en la minería del cobre al año 2013, (2013).
- Conexióncop. COP21. ¿Qué espera Latinoamérica de la importante cumbre climática que arranca hoy?, (2015). <http://conexioncop.com/cop21-que-espera-latinoamerica-de-la-importante-cumbre-climatica-que-arranca-hoy> (2015).

- Crossan, M., H.Lane H. y R. White. An Organizational Learning Framework: From Intuition to Institution. *The Academy of Management Review*, (24), 3 522-537 (1999).
- CT (Carbon Trust). Carbon footprint measuring methodology. The Carbon Trust. Londres, UK, (2007).
- Daly, H.E. On Economics as a Life Science. *Journal of Political Economy*, 76, 392-406 (1968).
- De La Torre, A., P. Fajnzylber y J. Nash. Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático. Banco Central, Washington D.C., USA (2009).
- Doménech, J. L., A. Carballo, L. Jiménez y Y J.L. de La Cruz. Estándares 2010 de huella del carbono MC3. Conama, 10º Congreso Nacional de Medio Ambiente, Madrid, España (2010).
- Doménech, J.L. *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. Asociación Española de Normalización y Certificación, Aenor Ediciones, Madrid. (2007).
- Doménech, J.L. Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible. *Puertos*, 114, 26-31 (2004)
- Doménech, J.L., La huella del carbono Concepto, utilidad y Aplicación. Grupo inter-universitario de huella del carbono. (2011).
- Emol, <http://www.emol.com/noticias/economia/2014/04/04/653694/ni-siquiera-el-1-de-las-empresas-en-chile-mide-sus-huellas-de-carbono.html> (2014)
- Emol, Santiago, en un día de alta contaminación. El Mercurio on-line, Santiago, 5 de Abril (2014).
- ENCC (Estrategia Nacional de Cambio Climático), México, <http://plataformacelac.org/politica/260> (2018).
- EPA (United States Environmental Protection Agency). www.epa.gov (2011).
- Espíndola C. y J. Valderrama. Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1) 163-176 (2012a).
- Espíndola C. y J. Valderrama. Huella del carbono. Parte 2: la visión de las empresas, los cuestionamientos y el futuro. *Información Tecnológica*, 23(1) 177-192 (2012b).
- Espíndola C. y J. Valderrama. AbaniCO2: Un Método Simple y Efectivo para la Toma de Decisiones sobre la Adopción de la Huella del Carbono en la Gestión Sustentable de Emisiones en las Empresas. *Información Tecnológica*, 27(3), 35-52 (2016).
- Estenssoro, F. Crisis Ambiental y Cambio Climático en la Política Global: Un tema creciente complejo para América Latina. *Universum*, 2(25), 20 (2010).
- Ewing B., A. Reed, A. Galli, J. Kitzes y M. Wackernagel. *Calculation Methodology for the National Footprint Accounts*, 2010 Edition. Oakland: Global Footprint Network (2010).

- Fei, C.J., B. A. McCarl, y A. W. Thayer. Estimating the Impacts of Climate Change and Potential Adaptation Strategies on Cereal Grains in the United States. *Front. Ecol. Evol.*, 15 June (2017).
- Feller Rate, Empresa Clasificadora de Riesgo, Viña Concha y Toro S.A., Informe de Clasificación, <http://www.feller-rate.cl/general2/corporaciones/conchaytoro1311.pdf> (2013).
- Foran, B., M. Lenzen, D. Christofer y M. Bilek. Integrating sustainable chain management with triple bottom line accounting. *Ecological Economics*, 52, 143-157 (2004).
- Frohmann, A. y X. Olmos. *Huella del carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático*, CEPAL, (2013).
- Gerendas-Kiss, S.A., Breve historia de las COP, Conferencias sobre el Cambio Climático, goo.gl/Ln1hHG (2018).
- GFN (Global Footprint Network). *Ecological footprint and biocapacity*. Technical notes: 2006 edition, Oakland, CA, USA (2006).
- González, S. y C. Robledo. Cuantificación de la huella del carbono de refrigerantes en Minera Los Pelambres y análisis de sus medidas de reducción. Memoria Título de Ingeniero Civil Mecánico. Univ. de La Serena. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica. (2013).
- Greening, L.A., D.L. Greene y C. Difiglio. Energy efficiency and consumption -the rebound effect- a survey, *Energy Policy*, 28 (6-7), 389-401 (2000).
- Guerra J.L. Construcción de la huella del carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica, (2007).
- Hepburn, C. y N. Stern. A new global deal on climate change, *Oxford Review of Economic Policy*, vol. (24) 2. (2008).
- Hertwich, E. y G. P. Peters. Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. *Environmental Science & Technology*, .43, 6414-6420 (2009).
- Hsieh, T. y R. Quezada. Determinación de la huella del carbono para su adopción en empresas vitivinícolas: Caso Viña Falernia S. A. (Memoria Título de Ingeniero Civil Industrial). Universidad de La Serena. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial. (2012).
- IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change). Cambio climático 2007: Informe: Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del IPCC (2007).
- IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change), United Nations Environment Programme (UNEP) and the World Meteorological Organization (WMO), <http://www.ipcc.ch> (2011).
- Iranzo, J. E. El Protocolo de Kioto: Balance y efectos sobre el sector energético, *Cuadernos de Pensamiento Político*, 197 -209 (2006).

- Jancovici J. M. Un outil pour connaître les émissions de gaz à effet de serre d'une entreprise ou administration : le "bilan carbone" de l'Ademe. http://www.manicore.com/missions/bilan_carbone.html (2003).
- Jiménez-Herrero, L. M. *Desarrollo sostenible: transición hacia la coevolución global*. Pirámide, Madrid, (2000).
- Kasterine, A. y D. Vanzetti. The effectiveness, efficiency and equity of market-based and voluntary measures to mitigate greenhouse gas emissions from the agri-food sector, United Nations Conference on Trade and Development. *Trade and Environment Review* 2009/2010 New York/Geneva (2010).
- Leontief, W. Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach. *Review of Economics and Statistics*, 52, 262-271 (1970).
- Leontief, W. y D. Ford. Air Pollution and the Economic Structure: Empirical Results of Input-Output Calculations. Paper presented at the Fifth International Conference on Input-Output Techniques North Holland Pub. Co. Geneva, Switzerland (1971).
- Lobell, D.B y S. Asseng, Comparing estimates of climate change impacts from process-based and statistical crop models. *Environmental Research Letters*, 12(1)1-10 (2017)
- London; London School of Economics and Political Sciences.. Countries. Chile. Obtenido de Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment: <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/legislation/countries/chile/> (2015).
- MacGregor, J. y B. Vorley. Fair Miles? The concept of "food miles" through a sustainable development lens. *Sustainable Development Opinion*. IIED, London, UK (2006).
- Magrin, G. *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2015).
- Matthews, H. S., C.T. Hendrickson y C.L. Weber. The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries. *Environ. Sci. Technol.* 42(16), 5839-5842 (2008).
- ME Chile, Política Energética de Chile Energía 2050. [www.energia2050.cl/wp-content/uploads/2018/01/Politicas-Publicas-Ministerio de Energía](http://www.energia2050.cl/wp-content/uploads/2018/01/Politicas-Publicas-Ministerio_de_Energía) (2018).
- Minx, J.C., T. Wiedman y otros 14 autores. Input-Output analysis and carbon footprinting: an overview of applications. *Economic Systems Research*, 21(3), 187-216 (2010).
- MRE Chile; Gobierno de Chile. Ministerio de Relaciones Exteriores. www.minrel.gob.cl/subsecretario-riveros-se-reunio-con-el-embajador-jean-mendelson-enviado-climatico-de-francia/minrel/2015-06-26/103331.html (2015).

- Moffat, I., N. Hanley y S. Allen. Fundingsland, M. *Sustainable prosperity: measuring resource efficiency. Report to sustainable development unit, department of the environment, transport and the regions*. University of Stirling, Stirling UK (2001).
- Mondejár, M. V., R. Viñoles, D. Collado y S. Capuz. *La Hulla de Carbono y su Utilización*, Huesca: Universida Politécnica de Valencia (2011).
- NEA (National Education Association), Teaching Students about Carbon Emissions, <http://www.nea.org/tools/14841.htm> (2011).
- Neumayer, E. Indicators of sustainability, Cheltenham: *International Yearbook of Environmental and Resource Economics*, (2004).
- ONU. *Nuestro futuro común: Informe Brundtland*. <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> (1987)
- Padgett, P., A. Stenemann, J. Clarke y M.A. Vanderbergh. A Comparison of Carbon Calculators, *Environmental Impact Assessment Review*, 28, 106-115 (2008).
- Pandey, D. M. Agrawal y J. Pandey. Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1-4), 135-160 (2010).
- Peña, F. y L. Serín. Diseño de una estrategia de gestión del carbono. Caso Viña Dalbosco, Memoria de Título de Ingeniero Civil Industrial, Univ. de La Serena. Facultad de Ingeniería, Depto. de Ingeniería Industrial (2015).
- Plasmann, K., A. Norton, N. Attarzadeh, M.P. Jensen, P. Brenton y G. Edwards-Jones. Methodological complexities of product carbon footprinting: a sensitivity analysis of key variables in a developing country context. *Env. Sci. & Policy*, 13, 393-404 (2010)
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), The Emissions Gap Report 2013, Nairobi, (2013).
- PNUMA, Aportes Legislativos de América Latina y El Caribe en materia de Cambio Climático. PNUMA/ Parlatino, Panamá, (2015).
- POST (Parliamentary Office of Science and Technology), note 268, London, UK <http://www.parliament.uk/documents/upload/postpn268.pdf> (2006).
- Quezada, R., T. Hsieh y J.O. Valderrama. Determinación de la Huella del Carbono mediante el Método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3) para una Empresa Vitivinícola en Chile. *Información Tecnológica*, 24 (4) 3-14 (2013).
- Raftery, A., A. Zimmer, y otros tres autores. Less than 2°C warming by 2100 unlikely. *Nature Climate Change*, 7, 637-641 (2017)
- Rauber, P. Carbon Confessional. How to come clean about your greenhouse gases Sierra, <http://www.sierraclub.org/sierra/200809/carbon.asp>. (2008).
- Robinson, K. Brazil's Global Warming Agenda, <http://www.wri.org/stories> (2010).

- Rodríguez, R., A. Belfort y S. Maris. Gestión ambiental y empresarial: cálculo de la huella del carbono en la industria vitivinícola, *Gestión y Ambiente*, 17 (1) 159-172 (2014).
- Rojas, M. Cuantificación de la huella del carbono para el Proceso de Solarización Modificada de la Empresa Capel Ltda. Memoria Título de Ingeniero Civil Industrial. Univ. de La Serena: Depto. de Ingeniería Civil Industrial (2011).
- Röös, E., C. Sundberg y P. Hansson. Uncertainties in the carbon footprint of food products: a case study on table potatoes. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15, 478-488 (2010).
- Samaniego, J. y M. Galindo. *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Paradojas y desafíos*, Naciones Unidas. (2014).
- Schaltegger, S. y M. Csutora. Carbon accounting for sustainability and management. Status quo and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 36, 1-16 (2012).
- Schneider Schneider, H. y J.L. Samaniego. La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios, documentos de proyectos, N° 298, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2009).
- Schoijet, M. *Límites del crecimiento y cambio climático*. Editorial Siglo XXI, México (2008).
- SETAC (Europe LCA Steering Committee), Standardisation Efforts to Measure Greenhouse Gases and Carbon Footprinting for Products (Editorial). *Int J LCA*, 13(2) 87- 88 (2008).
- Shimo-Barry, A. y C.J. Maron. The Environment Equation, 100 factors that can add to or subtract from your total carbon footprint. Adams Media Corporation, Avon, Massachusetts-USA (2008).
- Soto, D. y R. Quiñones. Cambio climático, pesca y acuicultura en América Latina: potenciales impactos y desafíos para la adaptación. Informe de la FA, Roma (2013).
- Stern, N. *Review on the Economics of Climate Change*. Disponible en www.sternreview.org.uk (2006)
- Stern, N., *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press (2007).
- Tapia, C., C. Olivares, e I. Nuñez. Informe Final Línea base del conocimiento regional sobre las implicancias de la huella del carbono en los procesos de toma de decisiones, Comisión Permanente del Pacífico Sur CPPS y Centro de Estudios de Sistemas Sociales CESSO, (2013).
- Tornatzky, L.G. y K.J. Klein. Innovation Characteristics and Innovation Adoption-Implementation: A Meta-Analysis of Findings. *IEEE Trans. On Engineering Management*, (29) 1 (1982).

- Turner, D., I. Williams. y otros cuatro autores, Towards standardization in GHG quantification and reporting. *Carbon Management*, 3(3) 223–225 (2012).
- UNFCCC, 2013. United Nations, Climate Change. Disponible en: goo.gl/77W-Za7 (2013).
- Valderrama, J., A. Espíndola y R. Quezada. Huella del carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. *Form. Univ.*, 4(3), 3-12 (2011).
- Vega, M. Tratados internacionales para la protección de la Capa de Ozono, Coordinación del Programa Acción por el Ozono en América Latina y El Caribe, (2010).
- Vergara, W., A.R. Ríos y otros seis autores, The Climate and Development Challenge for Latin America and the Caribbean: Options for Climate-Resilient, Low-Carbon Development, Banco Interamericano de Desarrollo, BID (2013).
- Victor, P. A. *Pollution: Economy and Environment* George Allen and Unwin, Oxford (1972).
- Wackernagel, M. y Rees, W.E., *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Press New Society Pub., B.C. (1996).
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), Energy, Climate Change and Future Framework Conditions: A new approach is needed, *Report Dec.* 8, (2004).
- Wheeler, T. y J. von Braun. Climate Change Impacts on Global Food Security. *Science*, 341, 508-513 (2013)
- Wiedmann T. Carbon Footprint and Input-Output Analysis - An Introduction, *Economic Systems Research*, 21, 175-186 (2009).
- Wiedmann, T. y J.Minx, J. Definition of Carbon Footprint, CC Pertsova, *Ecological Economics Research Trends*, 2. 55-65 (2008).
- Wittneben, B.B.F. y D. Kiyar, Climate change basics for managers, *Management Decision*, 47(7) 1122-1132, (2009).
- WRI (World Resources Institute), The Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard-Marzo <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/ghg-protocol-revised.pdf> (2004).
- WRI, Informe Anual, World Resources Institute, http://www.wri.org/sites/default/files/uploads/wri_2016_annual-report.pdf (2017).
- Wright, L., S. Kemp e I. Williams. Carbon footprinting: towards a universal definition. *Carbon Management*, 2(1), 61–72 (2011).

La huella de carbono (HdC) es uno de los indicadores más exitosos orientados a cuantificar emisiones de gases de efecto invernadero. Se trata de un indicador, relativamente reciente, pero sobre el que existe una abundante literatura producida, mayoritariamente, en los últimos diez años. La existencia de diferentes definiciones, metodologías y enfoques hacen necesarios trabajos que analicen, expliquen y difundan un concepto simple y, al mismo tiempo, complejo.

El libro que tiene en sus manos, escrito por los académicos e investigadores César A. Espíndola y José O. Valderrama responde a una necesidad no cubierta para una buena parte de la población del planeta, que todavía desconoce el indicador y sus características. Al mismo tiempo, busca promover la aplicación del indicador en un contexto, el Latinoamericano, donde su aplicación está en las fases iniciales.

Todos podemos contribuir al diseño de estrategias orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que generamos. El éxito de estas estrategias depende, en parte, de la cuantificación veraz y precisa de los resultados de las medidas adoptadas. En este contexto, son necesarios indicadores precisos que contribuyan a esta labor.

La contribución al cambio climático ha sido desigual y son los habitantes de los países más industrializados los que más han contribuido al aumento de la temperatura global. En todo caso, se trata de un fenómeno global porque nos afecta a todos y porque todos podemos aportar para limitar sus efectos. Estoy convencido de que este libro contribuirá a avanzar en esta tarea.

Adolfo Carballo Penela
Univ.de Santiago de Compostela
España

