

DESARROLLO SUSTENTABLE

MIRADAS INTERDISCIPLINARIAS DE EXPERIENCIAS EN CHILE Y BRASIL

RICARDO BARRA RÍOS
JORGE ROJAS HERNÁNDEZ,
EDITORES



Universidad de Concepción

VRIM
VICERREGATORIA DE RELACIONES
INSTITUCIONALES Y VINCULACIÓN
CON EL MEDIO

Colección VRIM dirigida por
Jorge Rojas Hernández



Universidad de Concepción, Chile
Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile
Facultad de Ciencias Ambientales
Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y Minería (CRHIAM)
Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias (FONDAP)

Universidad de São Paulo, Brasil

Vicerrectoría de Relaciones Institucionales
y Vinculación con el Medio
Universidad de Concepción

Ricardo Barra Ríos - Jorge Rojas Hernández, Editores

Desarrollo sustentable. Miradas interdisciplinarias
de experiencias en Chile y Brasil

© Universidad de Concepción
Registro de Propiedad Intelectual N° 263.146

ISBN 978-956-227-399-2

Primera edición, marzo de 2016

Vicerrectoría de Relaciones Institucionales
y Vinculación con el Medio Universidad de Concepción
Víctor Lamas N° 1140
Fono (56-41) 2661640
Concepción - Chile

Edición/producción editorial
Oscar Lermanda

Ilustración de portada
Paisaje del Parque Nacional Torres del Paine,
Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, Chile

Derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial, por cualquier medio o
procedimiento, incluidos la reprografía y el tratamiento informático, sin permiso escrito
del titular de los derechos.

IMPRESO EN CHILE / PRINTED IN CHILE

DESARROLLO SUSTENTABLE

MIRADAS INTERDISCIPLINARIAS DE EXPERIENCIAS EN CHILE Y BRASIL

RICARDO BARRA RÍOS
JORGE ROJAS HERNÁNDEZ,
EDITORES



Universidad de Concepción



Los artículos que conforman el presente libro han sido examinados
y aprobados por el Comité Editorial
conformado por los siguientes académicos:

Dr. José Luis Arumi, Universidad de Concepción, Chile

Dr. Alberto Leonardo Bialakowsky, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dra. Silvana Cutolo, Universidade de São Paulo, Brasil

Dr. Nora Garita Bonilla, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Dr. Evelyn Habit, Universidad de Concepción, Chile

Dr. Pedro Roberto Jacobi, Universidade de São Paulo, Brasil

Dra. Alicia Itatí Palermo, Universidad Nacional de Luján, Argentina

Dr. Jaime Preciado Coronado, Universidad de Guadalajara, México

Dr. Hugo Romero, Universidad de Chile, Chile

Dra. Astrid Ulloa, Universidad Nacional de Colombia

Dr. Claudio Valdovinos, Universidad de Concepción, Chile

Dra. Gladys Vidal, Universidad de Concepción, Chile

Publicación financiada con el aportes de

- Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y Minería (CRHIAM)
 - Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile
 - Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción
- Vicerrectoría de Relaciones Institucionales y Vinculación con el Medio
Universidad de Concepción (VRIM)

ÍNDICE

7 Prólogo

1. SUSTENTABILIDAD E INTERDISCIPLINA

- 13 **Desafíos epistemológicos de la comprensión interdisciplinaria de los sistemas socioecológicos que sustentan la vida en la era global y de cambio climático**
Epistemological challenges in understanding socioecological systems that sustain life in an era of globalization and climate change
Jorge Rojas Hernández

2. POLÍTICAS Y SUSTENTABILIDAD

- 33 **Indicadores para avaliações do grau de implementação de política nacional de recursos hídricos**
Indicators for assessments of the level of implementation of national water resources policy
Juvancir Silva, William Rauen, Oscar Parra, Roberto Urrutia, Edmilson Teixeira, Valdir Fernandes
- 51 **Breves reflexiones sobre el daño ambiental en Chile, al afectarse “servicios ecosistémicos”, con especial referencia a la legitimación activa de tales demandas**
Brief reflections about the environmental damage in Chile when ecosystem services are affected, with special reference to active legitimization in such demands
Verónica Delgado Schneider
- 65 **Exposição às enchentes e capacidade adaptativa: Indefinição das políticas públicas**
Exposure to floods and adaptive capacity: Indefinition of Public Policies
Nayara Dos Santos Egute, Donald Robert Nelson, Sonia Maria Viggiani Coutinho, Michelle Fatima De Ramos, Amanda Silveira Carbone, Arlindo Philippi Jr.
- 77 **Prêmio nacional de qualidade no saneamento e a universalização do saneamento no Brasil**
The Quality National Award in the Sanitation and the Universal Sanitation in Brazil
Tadeu Fabrício Malheiros, Tássia G. Temóteo, Ester Feche Guimarães, Ruby Criollo, Sonia Maria Viggiani Coutinho, Arlindo Philippi Jr.

3. CIUDAD Y SUSTENTABILIDAD

- 93 **Indicadores de sustentabilidad basados en el metabolismo urbano: Un caso estudio usando la morfología del medio urbano construido de la ciudad de Concepción**
Sustainability Indicators Based on the Urban Metabolism: A Case Study Using the Morphology of the Urban Built Environment of Concepción City
Luis Merino, Thibaut Vermeulen, Rodrigo Medina, Raphaël Naon, Leonardo Agurto
- 107 **Desarrollo de un conjunto de indicadores y criterios de sostenibilidad urbana como herramienta digital para asistir el diseño de barrios en el contexto chileno**
Develop of a set of criteria and sustainability indicators as a digital tool to assist the design at neighbourhood scale on the Chilean context
Leonardo Agurto, Paulina Espinosa, María Isabel Rivera, Luis Merino

- 121 **Disminución de la contaminación del aire y de la pobreza energética por calefacción a leña en la ciudad de Valdivia**
Air quality improvement and poverty alleviation in wood fuel residential heating: cost-effectiveness analysis in the city of Valdivia
Alejandra Schueftan, Alejandro González
- 133 **Una aproximación interdisciplinaria al estudio de floraciones de algas nocivas (FAN) en lagos urbanos en Chile**
An interdisciplinary approach to the study of harmful algal blooms in urban lakes in Chile
Oscar Parra, Carolina Baeza, Viviana Almanza, Roberto Urrutia, Ricardo Figueroa, Ximena Fernández, Paula de Orúe, Patricia González, Johanna Beltrán, José Becerra, Fabiola Lara, Lorena Castillo y Noemí Muñoz
- 147 **Ecossocioeconomia urbana: Indicadores de sustentabilidade social dos acidentes de bike messenger e motofrete, em Curitiba, Brasil**
Urban ecosocioeconomics: social sustainability indicators for motorcycle and bike messenger accidents in Curitiba, Brazil
Manon Garcia, Carlos Alberto Cioce Sampaio, Alejandro Daniel Gonzalez
- 159 **Universalização e governança inclusiva: Novos conceitos e indicadores de saneamento para áreas de vulnerabilidade social**
Universal and inclusive governance: New concepts and water and sanitation indicators for social vulnerability areas
Ester Feche Guimarães, Tadeu Fabrício Malheiros, Rui Cunha Marques
4. UNIVERSIDAD Y SUSTENTABILIDAD
- 175 **De la educación ambiental hacia la Educación para el Desarrollo Sostenible: Un desafío interdisciplinario para el desarrollo de Chile**
Environmental education towards Education for Sustainable Development: An interdisciplinary challenge for the development of Chile
Gunhild Hansen-Rojas
- 191 **La educación ambiental como una competencia genérica en la formación inicial de profesores de la Facultad de Educación de la Universidad de Concepción**
La educación ambiental como una competencia genérica en la formación inicial de profesores de la Facultad de Educación de la Universidad de Concepción
Alejandro Villalobos Clavería, Lucía Domínguez Águila, Yenia Melo Hermosilla
- 201 **Gestão de áreas verdes em campus universitário: indicadores e práticas**
Green area management in university campuses: indicators and practices
Amanda Silveira Carbone, Sonia Maria Viggiani Coutinho, Nayara dos Santos Egute, Michelle de Fatima Ramos, Juliana Pellegrini Cezare, Arlindo Philippi Jr
- 219 **Desarrollo de un sistema integral de gestión de residuos peligrosos: caso de estudio de la Universidad de Concepción**
Development of an integral management system for hazardous waste: Case study of the University of Concepción
Daniela Concha, Carla Pérez, Carolina Llanos, Fernando Márquez
- 233 **Huella de carbono de la Universidad de Concepción, Chile**
Carbon footprint of the University of Concepción, Chile
Paula Barría San Juan, Carla Pérez Quilodrán, Fernando Márquez, Mariela Yáñez González

PRÓLOGO

EL PRESENTE LIBRO reúne un conjunto de artículos seleccionados que en la calidad de editores nos han parecido pertinentes e interesantes en sus contenidos y de gran consistencia para entender el carácter y rol de la interdisciplina en diferentes ámbitos del conocimiento, como el quehacer académico interno de la universidad, el ejercicio de pensar las ciudades y la gestión pública.

Los trabajos provienen de las ponencias presentadas en el WIPIS 2015, IV Workshop Interdisciplinar de Investigación e Indicadores de Sustentabilidad, organizado por la Rede SIADES (Sistema de Informações Ambientais para o Desenvolvimento Sustentável), INCLINE (Interdisciplinary Climate Investigation Center) y el Centro Eula-Chile. El encuentro tuvo lugar en la Universidad de Concepción a fines de marzo de 2015, con el patrocinio de la Universidad de Sao Paulo, Brasil.

¿Por qué razón considerar el aporte de la interdisciplina y, aun más, la sustentabilidad en las políticas universitarias? La respuesta es compleja y de ello trata, en el fondo, la presente publicación, que incluye trabajos de investigadores brasileños y chilenos. Los problemas que enfrentan las sociedades modernas son de alta complejidad, constituyen entrelazamientos de múltiples realidades institucionales, sociales y naturales que superan los viejos paradigmas epistemológicos y requieren de nuevas aproximaciones teóricas y metodológicas.

Un cambio de paradigma epistemológico resulta fundamental para comprender mejor las nuevas interrelaciones socioecológicas y la dinámica planeta-sociedad global en proceso de transformación permanente. Las reflexiones multi, inter y transdisciplinarias, junto a la valoración de saberes ecológicos tradicionales, presentes especialmente en América Latina, constituyen contribuciones teóricas y prácticas cognitivas relevantes para debatir sobre los desafíos epistemológicos que significa estudiar los cambios profundos, altamente contradictorios y dinámicos que experimenta la época que vivimos, que impactan fuertemente la calidad de vida y amenazan profundamente la sustentabilidad presente y futura del planeta. Una nueva mirada científica, una nueva forma de entender y concebir la universidad, la escuela y, en general, la educación, puede ayudarnos a comprender mejor lo que está sucediendo y contribuir con

nuevos conocimientos a un mejor entendimiento y convivencia entre el individuo, la sociedad, los pueblos indígenas y la naturaleza. Significa transitar hacia una *racionalidad socioecológica*, que implica revisar nuestras maneras de pensar, significar, actuar y relacionarnos con los ecosistemas, con las personas y con nosotros mismos. Una concepción socioecológica significa sabernos, pensarnos y sentirnos parte eco-interdependientes del mundo vivo amenazado pero con capacidad de resiliencia (Rojas).

Una nueva filosofía del conocimiento resulta, entonteces, indispensable para comprender la complejidad de los problemas y desafíos del siglo XXI. Ahora bien, para una mejor comprensión de la complejidad, es necesario bajar hacia las temáticas específicas que componen el puzle del conocimiento. En este marco se nos plantea, por ejemplo, la pregunta siguiente: ¿Qué relevancia tiene el hecho de que una universidad mida su huella de carbono? La discusión se puede plantear entonces como una ejemplificación de lo que la universidad debería hacer para responder a las exigencias de la modernidad avanzada –o de posmodernidad, según como se la quiera entender o definir en la discusión internacional actual– en tiempos de grandes transformaciones globales, de cambio climático y de aumento de la conciencia que importantes segmentos de la sociedad humana están experimentando. A ello se unen, de manera casi dramática, los impactos derivados del cambio climático y del incremento de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

La universidad no sólo debe actuar como un centro de preocupación de estos temas y problemas, sino que debe ocuparse activamente de avanzar y demostrar a la sociedad su activo compromiso con metas globales fundamentadas científicamente en reducir las emisiones (Barría *et al.*) y manejar de manera apropiada sus residuos (Concha *et al.*) y en el excelente ejemplo de manejo de áreas verdes en los campus universitarios brasileros (Silveira *et al.*). Como creadora y transmisora de conocimientos, la universidad debe también prepararse para educar para la sociedad sustentable, y a eso apuntan los trabajos de los académicos Gunhild Hansen, y Alejandro Villalobos *et al.* Estos estudios discuten, en el contexto de la realidad universitaria chilena, los elementos fundamentales –los pilares básicos– para sostener la formación de profesores en educación ambiental en el marco y perspectiva de la educación para el desarrollo sustentable.

El concepto de sustentabilidad hoy en día es aplicado a muchos aspectos de nuestra vida cotidiana. Uno de los temas más acuciantes en nuestros países dice relación con el creciente proceso de urbanización –no siempre planificado– que observamos en todos los continentes, pero con particular énfasis y gravedad en Latinoamérica. Se estima que la mayor parte de la población al 2050 estará viviendo en zonas urbanas. En el capítulo de Sustentabilidad y Ciudades hay varios ejemplos de indicadores que miden sustentabilidad (Merino *et al.*), considerando también la realidad social de América Latina y en particular de Chile; indicadores útiles para orientar el diseño de barrios sustentables (Agurto *et al.*) y para medir la contaminación urbana, en particular del aire (Shueftan y González) y del agua (Parra *et al.*), con casos concretos de ciudades chilenas, enfrentadas al problema de contar con elevados niveles de contaminación atmosférica debido a tradicionales prácticas del uso de calefacción a leña y de la contaminación de cuerpos de agua localizados al interior de las ciudades. Los casos presentados por los colegas brasileros también llaman mucho la atención sobre el componente sanitario (trata-

miento de aguas servidas y aprovisionamiento de agua potable) para sectores sociales vulnerables (Guimaraes *et al.*) y, en un caso particular de ecosocioeconomía urbana, como es el del transporte urbano en bicicleta y motocicletas, cada vez más comunes en nuestras congestionadas ciudades (Silva *et al.*).

Sin duda, el concepto de sustentabilidad ha tenido también una expresión en las políticas públicas y es por esta razón que la presente publicación otorga espacios para su análisis y discusión desde temáticas centrales como la política nacional de recursos hídricos en Brasil (Silva *et al.*), los problemas de saneamiento e inundaciones (Mahlheiris *et al.*, Egute dos Santos *et al.*), que son y seguirán siendo un problema fundamental con el cual deberemos seguir conviviendo en el futuro, en el contexto del cambio climático y del incremento de los eventos extremos. De la misma manera como seguirá presente la discusión que se genera en torno a conceptos como los servicios ambientales o ecosistémicos, en el caso chileno.

La selección de los trabajos que se presentan en este libro corresponde por lo tanto a una mirada multi e interdisciplinaria de la problemática del desarrollo y de la sustentabilidad y sus dimensiones expresadas en diferentes campos específicos de investigación que, sin excepción, corresponden a un esfuerzo importante de investigadores brasileros y chilenos por entender las complejidades del mundo contemporáneo desde una mirada diferente, plural e internacional. La mirada o perspectiva de la sustentabilidad cruza todos los artículos, pero también de la comprensión amplia y diversa, que no siempre es posible lograr desde el mundo universitario más limitado, la del quehacer monodisciplinario. En efecto, para responder a los actuales y apremiantes desafíos de la sociedad contemporánea y de los ecosistemas vulnerables, se requiere sin duda alguna del trabajo, la discusión y miradas colaborativas, que, como indicaba una de las ponencias del WIPIS, conllevan a la coproducción y cogeneración de conocimientos, logrando construir en un lenguaje común aportes novedosos a lo que se ha venido a llamar ciencia de la sustentabilidad y de la interdisciplinariedad.

Esperamos y deseamos que esta publicación constituya una contribución a la divulgación y discusión sobre el conocimiento interdisciplinario y un estímulo para seguir colaborando en la universidad con investigadores internacionales en temas de gran relevancia para el desarrollo de nuestras universidades, regiones y países.

Ricardo Barra R.
Jorge Rojas H.
Oscar Parra B.

1.

Sustentabilidad e interdisciplina

DESAFÍOS EPISTEMOLÓGICOS DE LA COMPRENSIÓN INTERDISCIPLINARIA DE LOS SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS QUE SUSTENTAN LA VIDA EN LA ERA GLOBAL Y DE CAMBIO CLIMÁTICO¹

EPISTEMOLOGICAL CHALLENGES IN UNDERSTANDING SOCIOECOLOGICAL SYSTEMS THAT SUSTAIN LIFE IN AN ERA OF GLOBALIZATION AND CLIMATE CHANGE

Jorge Rojas Hernández

Sociólogo, Dr. Phil. Universidad de Hannover, Alemania. Profesor Titular del Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Concepción, Chile. Investigador Asociado del Centro FONDAPE: Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM), Universidad de Concepción, Chile.

Resumen: La sociedad postindustrial en contexto de globalización y de cambio climático ha sufrido profundas transformaciones de sus instituciones, normas, valores, organización, cultura y vida social. Ello afecta tanto a los países desarrollados como a los emergentes, incluyendo los latinoamericanos. Estos cambios impactan también las formas de abordaje científico de los problemas y representan nuevos desafíos epistemológicos para las teorías y métodos del conocimiento. En efecto, incertidumbres de desarrollo y cognitivas, conflictos y profundas interrogantes dominan actualmente el campo de los estudios científicos y de las políticas públicas. Los enfoques monodisciplinarios –emergentes a partir del movimiento intelectual y cultural de la Ilustración– han sido sobrepasados por la realidad compleja y resultan limitados y claramente inadecuados para abordar y comprender los nuevos problemas globales y locales entrelazados, para entender el sentido de la vida moderna y vislumbrar el rumbo probable que seguirá el desarrollo de la sociedad y la suerte del depredado planeta en el futuro. Diferentes autores enfatizan el carácter altamente complejo que han asumido las estructuras económicas, sociales, culturales e institucionales y la convivencia humana en el mundo globalizado. La complejidad y los conflictos dominan también las interrelaciones hombre-naturaleza en los procesos de producción de bienes materiales e inmateriales. En este sentido, la interdisciplina, combinada con saberes prácticos locales provenientes de la experiencia histórica de los pueblos, aparece como un camino epistemológico ineludible y expectante para comprender los sistemas socioecológicos complejos en el marco del cambio climático global. El presente trabajo se introduce en las discusiones epistemológicas que trasuntan dichos cambios.

Palabras clave: Epistemología, interdisciplina, interconocimiento, complejidad, sistema socioecológico, cambio climático.

Abstract: Postindustrial society, in the context of globalization and climate change, has undergone profound changes in its institutions, norms, values, organizations, culture and social life. This affects both the developed and emerging worlds, including Latin America. These changes also impact forms of scientific approaches to the problems and challenges present in new epistemological theories and methods of generating knowledge. Indeed, uncertainties of cognition and development, conflicts and profound questions, currently dominate this field of scientific research and public policy. Emerging from the intellectual and cultural movements of the Enlightenment,

¹ El presente artículo forma parte de una investigación realizada con el patrocinio del Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura (CRHIAM), Universidad de Concepción, Chile.

monodisciplinary approaches have been overwhelmed by an increasingly complex reality and are limited and clearly inadequate to address and understand the current mix of new global and local issues, to make sense of modern life and glimpse the probable direction that the development of society and the fate of our plundered planet will follow in the future. Different authors emphasize the highly complex nature that the economic, social, cultural and institutional structures and human relations in a globalized world have assumed. These complexities and conflicts also dominate the interrelationships between man and nature in the production of tangible and intangible assets. In this sense, interdisciplinary approaches, combined with local practical knowledge from the historical experience of the people, appear as an inescapable and expectant epistemological way to understand the complex social-ecological systems in the context of global climate change. The present paper is inserted into the epistemological discussions that underlie such changes.

Keywords: Epistemology, interdisciplinary, complexity, socio-ecological system, climate change.

Sociedad industrial: racionalidad instrumental

TRADICIONALMENTE el conocimiento de la sociedad, desde la emergencia de la época moderna y, en especial, a partir de la era industrial, se ha hecho predominantemente desde una perspectiva racionalista positivista e instrumental. Esta perspectiva no hacía otra cosa que reproducir la realidad existente, *naturalizando* los procesos socioeconómicos y culturales. Adorno, uno de los intelectuales más influyentes de la teoría crítica, se ocupó –junto con Horkheimer, Benjamin, Marcuse, Habermas y otros seguidores contemporáneos de esta teoría– de estudiar y analizar en profundidad las capacidades del sistema capitalista de integración de los individuos, incluidos los trabajadores. En este sentido, Adorno se refería a la capacidad de afirmatividad de la razón, de contribuir a legitimar y consolidar el sistema imperante, bloqueando o frenando las posibilidades de oposición y de emancipación humana:

La integración tiene un alcance mucho mayor. La adaptación de los hombres a las relaciones y procesos sociales, que constituye la historia y sin la que los hombres difícilmente hubieran podido sobrevivir, se ha sedimentado en ellos de tal modo que cada vez les es más difícil librarse de ella, aunque sólo sea en la conciencia, sin enredarse en conflictos pulsionales insoportables. Los hombres –éste es el triunfo de la integración– se identifican, hasta en sus reacciones más internas, con lo que se hace con ellos... Si el concepto de lo humano, lo que en definitiva importa, se ha convertido en la ideología que encubre el hecho de que los hombres son sólo apéndices de la maquinaria social, podría decirse sin miedo a exagerar que, en la situación actual, son literalmente los hombres mismos, en su ser así y no de otro modo, la ideología que, pese a su manifiesta absurdez, se dispone a eternizar la vida falsa. El círculo se cierra. Se requeriría hombres vivos para transformar el actual estado de endurecimiento, pero éste ha calado tan profundamente en su interior, a expensas de su vida y de su individuación, que los hombres apenas parecen ser ya capaces de esa espontaneidad de la que todo dependería. Pero lo primero que habría que hacer es descubrir la sociedad como bloque universal erigido entre los hombres y en el interior de ellos (Adorno, 2001, pp. 17-18).

Resulta cierto que el sistema dominante, con el apoyo de la ciencia y de la tecnología en permanente desarrollo, perfecciona con el tiempo sus mecanismos de integración

y cooptación de las personas. Muchas veces incluso los procesos de integración son invisibles, penetran en el subconsciente, naturalizando los procesos, los sentidos y significados. Constituyen una especie de “maquinaria social” que cala hondo en la vida humana y dificulta su liberación, como lo expresa Adorno. Más aún, en la actualidad se vive en un mundo plagado de imágenes, de lenguajes y códigos que se instalan en la vida cotidiana como productos de consumo y reguladores de la vida social e institucional. Dicha sedimentación y endurecimiento forman parte de la maquinaria social. Constituye una ideología consolidada, interiorizada en la vida social como algo normal o “natural” que resulta difícil muchas de veces de comprender y aún más difícil de superar, como por lo demás lo demuestran diferentes ejemplos de procesos de cambios e incluso de revoluciones sociales, que no logran realizar los objetivos históricos planteados por sus protagonistas principales.

La transformación total del mundo en un mundo que lo es más de medios que de fines es ella misma consecuencia de la evolución histórica de los métodos productivos. Al tiempo que la producción material y la organización social se vuelven cada vez más complicadas y cosificadas, resulta cada vez más difícil reconocer los medios como tales, ya que cobran la apariencia de entidades autónomas. Mientras los medios de producción se mantienen a un nivel primitivo, las formas de la organización social son también primitivas (Horkheimer, 2002, pp. 122-123).

La decadencia del individuo no debe ser achacada a los logros técnicos del hombre, ni menos al hombre mismo –los hombres son, por lo común, mejores que los que ellos mismos piensan, dicen o hacen–, sino más bien a la estructura y contenido actuales del “espíritu objetivo”, del espíritu que gobierna la vida social en todos sus ámbitos. Los patrones de pensamiento y acción que las personas reciben, listos para su uso, de las agencias de la cultura de masas reaccionan influyendo a su vez sobre ésta, como si fueran las idas de las personas mismas. En nuestra época el espíritu objetivo adora la industria, la técnica y la nacionalidad, sin principio alguno capaz de conferir un sentido a estas categorías; refleja la presión de un sistema económico que no permite pausa ni evasión alguna (Horkheimer, 2002, p. 162).

Las épocas representan paradigmas, modos de pensar, de vivir y de actuar. Los individuos son socializados y sometidos a estos relatos que transmiten valores y formas de comportamiento socialmente legitimadas. Constituyen especies de “paquetes” de conductas socialmente deseadas idealizadas como prototipos. Estos “modelos” elaborados por las élites en el poder suelen perdurar en el tiempo y, según la evolución de la sociedad y de la ciencia, pueden ser apoyadas por mecanismos cada vez más sofisticados y perversos. Efectivamente, el individuo ha sido apresado en el sistema, condicionado por pautas, culturas, relatos, valores sobrepuestos a la existencia cotidiana y a la subjetividad de cada persona. Por su parte, la razón, en tanto que gran apuesta liberadora de la Ilustración, se movió durante la era industrial en el plano de la afirmatividad de lo realmente existente, cimentando el orden social (aun con cambios). Max Weber y los pensadores de la teoría crítica denominan a esta lógica la racionalidad instrumental orientada a fines, en oposición a la racionalidad substantiva orientada a valores, que sí es la base del desarrollo humano, del respeto a los derechos ciudadanos y de la naturaleza.

Pero los modernos hicieron algo más grave aún, cuyas consecuencias todavía persisten en nuestras sociedades. En efecto, para lograr la “integración” social simplificaron la realidad reduciendo y fraccionando el conocimiento en muchas partes aisladas. La simplificación ayuda al proceso de integración y adaptación a la dura realidad presente. Contribuye a su asimilación y aceptación por parte de la sociedad trabajadora, no interiorizada ni necesariamente interesada en las discusiones filosóficas y políticas sobre modernidad, modernización y postmodernidad.

Efectivamente, la creciente complejidad de la vida social y la interrelación del ser humano con el medio natural fueron abandonadas bajo el pretexto de facilitar la comprensión de los mismos mediante su particularización. Para ello se optó por el paradigma de la simplificación y el fraccionamiento del conocimiento. Ello condujo, históricamente, a la superespecialización del saber y, por ende, como consecuencia, a la incompreensión y abandono epistemológico del todo articulado. La monodisciplina ha contribuido al desarrollo del conocimiento del individuo, la sociedad y la naturaleza, en forma separada, desagregada y fraccionada. Pero ha olvidado sus complejas y dinámicas interrelaciones e interdependencias.

Las monodisciplinas científicas y la tecnología se dedicaron a estudiar y comprender las partes, olvidándose del todo. Algunas disciplinas, las ciencias naturales, estudiaron los sistemas naturales separados de la vida humana. Por su parte, las ciencias sociales, estudiaron al individuo o los sistemas sociales separados de su entorno y contexto natural. Otras ciencias estudiaron la psique o las enfermedades, sin contextualización social. O estudiaron las relaciones económicas/productivas prescindiendo de los aspectos socioculturales. Más aún, tanto lo natural como lo social se fraccionó a su vez en múltiples objetos singulares y diversos de estudio.

Junto con abandonar la interrelación e interdependencia de la sociedad con la naturaleza, se optó por una visión antropocéntrica e instrumental de la razón y el conocimiento.

Relaciones siconaturales complejas: racionalidad interdisciplinaria

La sociedad moderna es un organismo vivo, heterogéneo, cambiante y sumamente complejo. A menudo se desconocen los valores y eventuales comportamientos de los miembros de una sociedad. Lo mismo sucede con sus intereses y motivaciones para actuar. Ello suele producir sorpresas, no siempre favorables a la superación de los problemas. Las personas pueden actuar en forma egoísta o solidaria, dependiendo de los patrones culturales internalizados que trasuntan dichos comportamientos. Los comportamientos se construyen socialmente, mediante los procesos de socialización que empiezan en la familia, continúan en la escuela y luego se profundizan en el trabajo, en intercomunicaciones sociales más maduras y, últimamente, resultan fuertemente influenciados por los medios de comunicación y la publicidad agresiva e invasora de la vida humana. Además, los patrones culturales y comportamientos humanos están fuertemente influidos por el pasado histórico-cultural de un país o región, y evolucionan de acuerdo a las dinámicas que el pasado desata en los encuentros y contradicciones con el presente.

Incluso en instituciones representativas del poder, como la democracia, se pueden observar en la actualidad procesos crecientes de complejización. Así, por ejemplo, **Carlo Galli** analiza en su obra *El malestar de la democracia*, las lógicas de la Modernidad y sus choques con el tránsito hacia la globalización; las contradicciones entre democracia representativa y participativa; entre ciudadanos con derechos e instituciones tensionadas por reclamos democratizadores. Se podría agregar las contradicciones entre diferentes espacios: locales, regionales, nacionales y globales. Estas nuevas realidades deconstruidas complejizan enormemente el estudio de la democracia, sus instituciones y los anhelos de los ciudadanos por ampliar sus derechos y niveles de involucramiento:

En síntesis, los rasgos de la democracia del siglo XXI muestran un perfil complejo, que es tanto 'liberal' (por el papel estratégico conferido a la expresividad y el florecimiento de los sujetos) como 'federal' (el acuerdo, constante, entre las partes, siempre cambiantes); tanto 'conflictual' (el enfrentamiento abierto de las partes, incluso en el área de las relaciones de producción) como 'republicano' (el objetivo de la lucha contra el dominio): un perfil que tiene contornos de una complejidad democrática lejana tanto de la complejidad no democrática del presente como de la supuesta simplicidad y esencialidad del conflicto. La democracia surgirá, pues, de un horizonte de revitalización selectiva, más que de la superación de la complejidad histórica de la democracia, que hoy ha explotado y se encuentra falta de coordinación; un horizonte que debe prever una democracia multinivel, en la cual lo que es común es la intersección de las leyes y del espíritu de lucha; una democracia que sea tanto una práctica de la ciudadanía como un espacio político en el cual se den las luchas por la inclusión partidaria, que debe ser siempre conquistada contra los nuevos regímenes de subordinación que surjan en la sociedad (Galli, 2013, p. 89).

La "democracia multinivel" que anuncia el autor constituye ya de por sí una complejidad, tanto en su comprensión conceptual teórica como en su operacionalización sistémica. Si a ello agregamos los factores históricos culturales heredados de la colonización, predominantes aún en la vida social de muchos países latinoamericanos –culturas paternalistas asistencialistas, temores internalizados y comportamientos subordinados–, complejizamos aún más epistemológicamente el abordaje, comprensión, conceptualización y análisis de los procesos de democratización de las instituciones y la vida social. Correspondería preguntarnos: ¿Cómo se construye la subjetividad y la democracia en nuestros países en contextos multidimensionales, multiniveles y multiepocales? ¿Bajo qué signos, discursos y conceptos?

La sociedad moderna, influenciada por el avance de la ciencia y la tecnología, se torna cada vez más difícil de comprender en sus relaciones y códigos. Por otra parte, el llamado progreso, especialmente el del siglo XX y comienzos del XXI, ha generado graves problemas ambientales y sociales. Muchos de estos problemas no resultan ya accesibles al conocimiento monodisciplinar. Menos aún su solución. Por lo mismo que la complejidad, siempre presente en el desarrollo de la sociedad moderna, retorna con mucha actualidad y urgencia al debate epistemológico. Edgar Morin es uno de los intelectuales que mayormente ha incursionado y hecho aportes al desarrollo de una concepción y metodología interdisciplinaria de comprensión de los problemas complejos de la vida humana y de interrelación sociedad-naturaleza:

El pensamiento complejo tiende a la multidimensionalidad. Reconoce en un viviente no sólo un combinado de interacciones moleculares, una red informacional, un polibucle recursivo, una máquina térmica, un sistema abierto, un autómatas dotado de un ordenador, un aspecto y un momento de un proceso auto-(geno-feno-ego)-eco-re-organizador, sino también un ser, un individuo, un sujeto. Todo sistema constituye una unidad compleja que comporta diversidad y multiplicidad, antagonismo incluso. Los 'sistemas vivientes' y el sistema de la vida en su conjunto (ecosistema, biosfera) dan un sentido pleno al término complejo: *plexus* (entrelazamiento) procede de *plexere* (trenzar). Lo complejo –lo que está trenzado conjuntamente– constituye un tejido estrechamente unido, aunque los hilos que lo constituyen sean extremadamente diversos. La complejidad viviente *es sin duda diversidad organizada* (Morin, 1993, p. 418).

Según Morin, la diversidad organizada que constituye la complejidad viviente, implica a su vez reconocer un proceso de por sí también complejo:

- Captar, por una parte, la unidad de la vida que parte de su radicalidad (celular) y conduce a su totalidad (biosfera) y, por otra parte, entre esta radicalidad y esta totalidad, el enmarañamiento y el bullicio de diversidades, pluralidades, heterogeneidades, concurrencias, antagonismos, inter-devoraciones y auto-devoraciones (Morin, 1993).
- La relación todo-partes ha resultado ser de una complejidad extrema. En ocasiones se ha subrayado que las partes vivientes son “todos” y que los todos vivientes (incluida la biosfera) son partes... Pero muy raramente se concibe que unas y otras son seres vivientes, es decir, que la unidad de una existencia individual engloba a otras existencias individuales, y que estas existencias se entrepertenecen indisolublemente al mismo tiempo que cada una es distinta e irreductible (Morin, 1993).
- La unidad de la realidad viviente produce realidades heterogéneas de las que es el producto...* La ontología de la vida cristaliza en el ser viviente, pero éste no tiene ni esencia, ni sustancia sui generis: emerge en y por la red trenzada –*complexus*– entre diferentes ontologías constitutivas: *genos/fenon/ego/oikos*, cuerpo/espíritu (Morin, 1993).
- La complejidad de la *unitas multiplex* concierne al tiempo viviente. El mismo ser uno/múltiple participa de un tiempo uno/múltiple del que es producto y productor: participa del tiempo irreversible del devenir cósmico, del que es un producto, pero del que se vuelve coproductor al producir el devenir viviente (Morin, 1993, pp. 418-420).

La densa y extensa obra de **Edgar Morin**, dedicada precisamente a dilucidar la teoría del conocimiento de lo complejo, constituye un avance significativo en la comprensión científica de los fenómenos sociales, analizados en el contexto de evolución de las ciencias en general. Para ello considera especialmente el avance de la biología, la física, la ecología y la sociología, en general de las ciencias sociales.

Por su parte, **Leff** plantea que la emergencia de la complejidad ambiental se reconoce en diferentes dimensiones: a) complejización de lo real, b) complejización del conocimiento, c) complejización de la producción, d) complejización del tiempo, e) comple-

jización de las identidades, f) complejización de las interpretaciones, g) complejización del ser humano (Leff, 2000, pp. 28-44). Así, por ejemplo, lo real resulta del entrecruzamiento de lo biológico, lo físico y lo cultural, así como de los procesos de hibridación entre lo económico, lo tecnológico, la vida y los bienes simbólicos. La crisis ecológica ha hecho surgir el pensamiento complejo, la teoría del caos y otras tendencias como la interdisciplinariedad. Surge la sustentabilidad y la economía ambiental como frenos al productivismo del mercado y forma alternativas de producción. Se desarrolla la diversidad cultural y las formas diferenciadas de apropiación y relación con la naturaleza. El conocimiento ambiental ofrece nuevas interpretaciones, nuevas comprensiones del mundo y de la acción humana. Por su parte, los movimientos de emancipación indígena –cada vez más visibles en las sociedades latinoamericanas– hacen emerger nuevos tiempos en la historia, los que se fusionan o coexisten con los tiempos modernos. Y el ser humano se complejiza en el contexto de la nueva realidad transformada y enriquecida ambientalmente.

También **María Baumgarten** sostiene que la complejidad constituye una perspectiva de comprensión y análisis de las incertidumbres que dominan el mundo actual, de las formas de interrelación sociedad-naturaleza, así como de las amenazas que se ciernen sobre la especie humana y otras especies con las que comparte el planeta:

O debate acerca das formas de producir conhecimentos sobre natureza e sociedade –avanços, problemas, métodos e técnicas– e a discussão sobre a perspectiva da complexidades, com seus diálogos e práticas inter e transdisciplinares podem, talvez, auxiliar a coletividades científica a lidar com as incertezas do mundo contemporâneo e possibilitar a necessária reflexividade na construção de conhecimentos sobre um mundo cada vez mais complexo (Baumgarten, 2009, p. 19).

Conocimiento técnico, práctico y emancipatorio

Otros pensadores contemporáneos relevantes, como **Jürgen Habermas**, observaron en forma crítica el desarrollo del conocimiento científico. Habermas lo observa desde una perspectiva amplia y también compleja. En efecto, para Habermas la realidad puede concebirse desde una actitud o interés que busca el *control técnico*, la comprensión *práctico vivencial* o la *emancipación* respecto de la coerción que emana de la naturaleza y de los sistemas sociales, económicos y políticos (Habermas, 1992, p. 173).

Una ciencia social crítica... se esfuerza por examinar cuándo las proposiciones teóricas captan legalidades invariantes de acción social y cuándo captan relaciones de dependencia, ideológicamente fijadas, pero en principio susceptibles de cambio... Un conocimiento críticamente mediado de las leyes puede por este camino colocar a la ley misma, merced la reflexión, no ciertamente fuera de la validez, pero sí de la aplicación (Habermas, 1992, p. 172).

En la relación *conocimiento-interés*, Habermas establece que las ciencias *empírico-analíticas* de carácter experimental se guiarían por un interés de tipo técnico. Sería un saber predictivo posible: “su utilizabilidad técnica no es sino el resultado de las reglas

conforme a las que aplicamos las teorías a la realidad”. En cambio, las ciencias histórico-hermenéuticas operan en el “mundo del sentido, el sentido recibido por la vía de la tradición” (la interpretación hermenéutica contribuye a aclarar el mundo propio o actual). En oposición al interés técnico, estas ciencias se mueven por un “*interés cognoscitivo práctico*”. Finalmente, la ciencia social crítica es *autorreflexiva*, libera al sujeto de su dependencia de poderes hipostatizados. La “*autorreflexión viene determinada por un interés cognoscitivo emancipatorio*” (Habermas, 1997, pp. 39-41).

A modo de ejemplo, los temas y problemas ambientales, sociales o políticos pueden ser analizados conforme a una perspectiva *técnica, práctica o emancipadora*. La primera perspectiva –*empírico-analítica*– puede usar el discurso de la sustentabilidad como “gatopardismo”, para mejorar la fachada, sin cambiar nada en lo esencial. Sin embargo, el conocimiento técnico es también fundamental en el estudio de problemas ambientales. Por lo mismo, no se puede prescindir de él. Pero el conocimiento técnico visibiliza y reproduce la realidad, no la cambia, aunque puede proponer cambios o ajustes, sin la certeza ni garantía de su implementación. La segunda, la perspectiva *hermenéutica*, es útil para comprender los procesos de transformación, la evolución histórica del medio ambiente en las diferentes sociedades y en la historia de la humanidad. Pero tampoco cambia necesariamente la realidad. Es útil porque proporciona una mirada evolutiva de un fenómeno, que permite comparar situaciones, visiones y realidades históricas. Por su parte, la *teoría crítica* permite, mediante la *autorreflexión ambiental y societal*, comprender complejamente el funcionamiento de los ecosistemas, analizar su capacidad de carga y recuperación de los mismos, así como sus interdependencias e interacciones con el hombre, la sociedad y sus sistemas socioeconómicos construidos en la perspectiva de la preservación de la naturaleza y mejoramiento de la calidad de vida. Una mirada meramente técnica en lo social no conduce necesariamente al cambio de un orden social injusto o esclavizante; en lo ambiental, una mirada técnica puede describir las posibles externalidades y depredaciones, pero difícilmente proponer orientaciones o medidas radicales para su superación de fondo. En cambio, el *conocimiento emancipatorio*, según Habermas, integra los diferentes intereses y perspectivas, permitiendo el cambio de la sociedad y del individuo, en relación a su sistema de vida y con el sistema natural. Es una mirada global, integrada, que permite comprender problemas complejos, interacciones entre las partes y el todo, entre lo humano y lo natural.

La relación entre conocimiento e interés, planteada por Habermas, nos permite diferenciar diferentes tipos de conocimientos arraigados en la sociedad y en la comunidad científica. Estos, a lo menos tres tipos de racionalidades de conocimientos, vinculados a tres tipos diferentes de intereses, operan simultáneamente en la mente humana. Pueden operar, en ciertos momentos y circunstancias, mezclados e interrelacionados. Pero también ocurre que un tipo de relación conocimiento-interés domina una formación sociocultural. De hecho, en la actualidad, en las últimas décadas, se ha impuesto en el mundo y diferentes sociedades una *racionalidad tecnoburocrática* que se orienta precisamente por una racionalidad técnica. Esta racionalidad, proveniente de la lógica del mercado neoliberal, pretende o busca uniformizar las relaciones sociales, culturales y políticas. El mundo de los símbolos y de la digitalización –de gran poder mediático y cultural– contribuyen significativamente a la configuración de mundos desolados, humanamente desconectados, ficticios y agresivos. La técnica se ha transformado en un

nuevo Dios: sólo se cree en aquello que es técnicamente explicado, aunque su explicación sea aparente o falsa, como ocurre con frecuencia en la vida cotidiana. Existen esferas y dimensiones que no tienen explicaciones meramente técnicas: los derechos humanos, el derecho a la vida, el valor intrínseco de la biodiversidad. ¿Cuándo vale la confianza en el otro o el amor humano? ¿Cómo explicar o valorar técnicamente la vida en comunidad? ¿Qué valor tiene el agua prístina acumulada por miles de años en el planeta? ¿Con qué parámetros valorar o medir un río que durante miles de años abastece de alimento hídrico a comunidades naturales y humanas, permitiendo su existencia? ¿Cuándo vale la solidaridad y la cooperación humana, muy escasas en tiempo de cultura y comportamientos hiperindividualistas? Estos últimos conocimientos se mueven sin duda alguna por intereses emancipativos y son el producto de la criticidad y la autorreflexión.

En todo caso, todas estas lógicas cognitivas, las empírico-analíticas (sentido de interés técnico), las histórico-hermenéuticas (sentido de interés práctico) y las crítico-reflexivas (sentido de interés emancipatorio), resultan imprescindibles para el conocimiento de diferentes fenómenos siconaturales. Se complementan y convergen en la multi e interdisciplina. A manera de ejemplo: una ciudad puede ser vista y analizada desde el punto de vista urbanístico, aplicando técnicas de organización y gestión urbana o técnicas de organización del tránsito vehicular y humana; al mismo tiempo puede ser estudiada desde el punto de vista de su historia urbano-ambiental, analizando e interpretando hermenéuticamente los documentos y planos, para resignificar el sentido urbanístico que tuvieron sus fundadores y comparándola con su posterior evolución; y, el mismo tiempo, la ciudad puede estudiarse desde una perspectiva paisajística ideal, desde una teoría crítica-reflexiva sustentada en un concepto o idea de ciudad y urbanismo cercana a las necesidades humanas y a la naturaleza. Lo mismo podría aplicarse al estudio y análisis del recurso hídrico, del clima, la producción, las instituciones, los procesos de globalización, la escuela, la universidad, la forma de constitución y organización de la sociedad. Pero como ya sabemos que en la actualidad cualquier fenómeno, humano natural, se encuentra entrelazado, lo lógico es integrar los diferentes tipos de conocimientos, lo que ocurre en la visión interdisciplinaria y, en el futuro, transdisciplinaria.

Ahora bien, la emancipación de países sometidos a formas tradicionales y modernas de subordinación y postcolonialismo, como ocurre en América Latina y otros territorios del globo, adquiere ribetes de extra complejidad epistemológica y política. Al respecto, resulta interesante considerar en el análisis de la realidad latinoamericana otras perspectivas epistemológicas de reciente desarrollo, aquellas que trascienden las visiones eurocentristas tradicionales del conocimiento e incursionan en las raíces endémicas de nuestra historia. Una de esas nuevas vertientes lo constituye la teoría de la ecología de saberes, que releva el **interconocimiento**.

Ecología de saberes: el interconocimiento

Para complejizar aun más la discusión epistemológica, podemos introducir el interesante, innovador y motivador pensamiento de **Boaventura de Sousa Santos**, uno de

los pensadores contemporáneos que –junto al destacado intelectual latinoamericano **Aníbal Quijano**– han producido una ruptura epistemológica con las tradiciones eurocentristas que dominan los discursos de la modernización de nuestra sociedad:

Como una ecología de saberes, el pensamiento posabismal se presupone sobre la idea de una diversidad epistemológica del mundo, el reconocimiento de la existencia de una pluralidad de conocimientos más allá del conocimiento científico. Esto implica renunciar a cualquier epistemología general. A lo largo del mundo, no solo hay muy diversas formas de conocimiento de la materia, la sociedad, la vida y el espíritu, sino también muchos y muy diversos conceptos de lo que cuenta como conocimiento y de los criterios que pueden ser usados para validarlos. En el período de transición que estamos entrando, en el cual las versiones abismales de totalidad y unidad de conocimiento todavía resisten, probablemente necesitemos un requisito epistemológico general residual para avanzar: una epistemología general de la imposibilidad de una epistemología general (Boaventura de Sousa, 2013, pp. 53-53).

La pregunta que surge de esta relevante reflexión dice relación con la preocupación epistemológica por la descolonización del saber. Se trata, obviamente, de una nueva dimensión, una que trasciende la discusión entre la mono y la inter o transdisciplina. De Souza se refiere a la “sociología de las ausencias”, a la “sociología de las emergencias”, a la “epistemología del Sur”, al “pensamiento abismal” y de la “ecología de saberes”, para referirse a los procesos de dominación del conocimiento universalista eurocentrista (pensamiento abismal) que desconoce, ignora, invisibiliza o destruye otros conocimientos, como operó históricamente la colonización y continuó posteriormente la modernización capitalista hasta nuestros días. Al respecto, el autor señala cinco lógicas predominantes: i) *la monocultura del saber y del rigor del saber*. Consiste en la transformación de la ciencia moderna y de la alta cultura en criterios únicos de verdad y de cualidad estética, respectivamente; ii) *la monocultura del tiempo lineal*, la idea según la cual la historia tiene sentido y dirección únicos y conocidos: progreso, revolución, modernización, desarrollo, crecimiento, globalización; iii) *la lógica de la clasificación social*, la cual se asienta en la monocultura de la naturalización de las diferencias; iv) *la lógica de la escala determinante*. El universalismo es la escala de las entidades o realidades que se refuerzan independientemente de contextos específicos. La globalización es la escala que en los últimos veinte años adquirió una importancia sin precedentes en los más diversos campos sociales. En el ámbito de esta lógica, la no existencia es producida bajo la forma de lo particular y lo local; v) *la lógica productivista*, que se asienta en la monocultura de los criterios de productividad capitalista. En los términos de esta lógica, el crecimiento económico es un objetivo racional incuestionable (Boaventura de Souza, 2013, pp. 24-26).

... entender la ecología de saberes no significa desconocer la ciencia. La ciencia es un conocimiento muy importante, que produce cosas maravillosas, pero tenemos que hacer un uso contrahegemónico de la ciencia. La ciencia es muy útil para ciertos objetivos pero no para otros; la ciencia tiene que ser utilizada dentro de la ecología de saberes como un saber entre otros, más valioso para algunas cosas, menos para otras. Es muy valioso para ir a la Luna pero no es tan valioso para defender la biodiversidad.

La ecología de saberes no acepta jerarquías abstractas entre saberes porque las jerarquías son concretas, son argumentadas, son pragmáticas en función de los objetivos que pretendemos. Esto, para mí, nos obliga a mirar esa ciencia con más cuidado, de una manera más sobria (Boaventura de Souza, 2009, pp. 151-152).

Estos planteamientos obligan a desandar la forma como hemos construido el pensamiento en nuestros países, obliga a *des y repensar el conocimiento*. Nos plantea el desafío de distinguir entre la epistemología del Norte y del Sur, sin desconocer los enormes aportes y avances científicos de la modernidad. Des-pensar implica reflexionar sobre lo impuesto y relevar el saber propio para construir calidad de vida y felicidad desde la sociedad no alienada, más libre, más comunitaria y solidaria.

Anibal Quijano, autor de la teoría de la colonialidad de poder, sostiene que las “ideas centrales de la modernidad, en especial su veta utopística, la igualdad y la solidaridad, emergen también con América. En consecuencia, expansión y consolidación del capital, racionalidad y modernidad, si bien ocurren en el curso de la constitución de “Europa Occidental” y son, en ese específico sentido, “europeos”, son igualmente “americanos”, pues América es el único espacio-tiempo dominado dentro de la colonialidad del poder y Europa Occidental la nueva sede central de control de este patrón de poder... Por eso, podemos hablar con rigurosa propiedad de la colonial/modernidad/eurocentrada y de su lugar específico como la primera gran mutación histórica dentro de la colonialidad del poder” (Quijano, 2012, pp. 22-23).

Por cierto, el poder es siempre una cuestión central del conocimiento social. Y para el debate científico-social actual, muchos de cuyos interesados participantes están hoy reunidos aquí [seminario en Lima], no podría ser identificada ninguna cuestión más profundamente decisiva que el poder en el contexto histórico específico de la colonialidad del poder (Quijano, 2012, p. 23).

Para Quijano, la crisis que experimenta actualmente el sistema capitalista global afecta al patrón de poder colonial en su conjunto. Solo se podría superar esta crisis mediante una mutación de este patrón de poder. Los movimientos de los pueblos indígenas de América Latina y, en general, la emergencia de nuevos movimientos sociales representan alternativas de cambio. Y a pesar de que se desconoce sus resultados, estos movimientos son portadores de “camino de descolonialidad” de poder y de un nuevo sentido histórico. El desafío de descolonialidad/emancipación es enorme, pero históricamente ineludible.

En esta línea convergente de pensamiento, **Arturo Escobar** argumenta sobre la posibilidad de construir otros mundos, basándose en la autoorganización, el concepto de la complejidad y la emergencia de culturas poscapitalistas:

La teoría de la complejidad apunta hacia la lógica que subyace a muchos dominios biológicos, sociales y económicos, aquella de las redes y la interconexión. Las redes constituyen la arquitectura básica de la complejidad. Están en la base de muchos tipos de procesos, desde la naturaleza a los computadores, desde los negocios hasta los movimientos; en cualquier lugar que se mire parece evidenciarse un universo en forma de telaraña. Los científicos físicos y naturales están actualmente mapeando

redes de todo tipo, para tratar de determinar las estructuras y topologías de las redes, y sus mecanismos de operación. Los científicos sociales están empezando también a investigar las redes complejas (Escobar, 2010, p. 188).

Ahora bien, la complejidad de la sociedad moderna se ha complejizado aún más con el proceso de globalización y la aparición del fenómeno del cambio climático global, producto de las emisiones de gases de efecto invernadero y las consecuencias por todos conocidas. Este nuevo problema irreversible agrega a las contradicciones tradicionales del capitalismo –capital-trabajo– una nueva, capital-naturaleza-comportamiento humano. Su comprensión trasciende cualquier análisis monodisciplinario. Su análisis constituye un buen ejemplo de ejercicio multi/inter y transdisciplinario –unido a saberes ecológicos locales–, del que las universidades y científicos están aún lejos de alcanzar, incluso de considerar como necesarios. Esta nueva contradicción que marca la interrelación sociedad-naturaleza que en el fondo ha acompañado toda la etapa de la era industrial, se agrava en las últimas décadas como consecuencia del impacto de los gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático que complejiza aún más la comprensión científica de los procesos siconaturales.

Sociedad compleja del cambio climático global: racionalidad socioecológica

“El cambio climático representa lejos el principal problema ambiental del futuro... El cambio climático es el mejor ejemplo de la compleja interrelación entre atmósfera, biosfera y océanos y los sistemas socioeconómicos” (Jäger, 2007, pp. 87, 93).

Al respecto cabe considerar los últimos Informes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC):

El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado (Quinto Informe IPCC Cambio Climático 2013, Resumen Bases Físicas, p. 2).

La sociedad del cambio climático es **compleja y transgeneracional**. Compleja debido a que es el resultado de la interrelación e interdependencia naturaleza-sociedad. La sociedad industrial, construida a partir del siglo XVIII, ha progresivamente complejizado la estructura de las sociedades y sus relaciones humanas. Al mismo tiempo ha depredado las relaciones con la naturaleza y los ecosistemas de por sí vulnerables en sus dinámicas y leyes internas. Por varios miles de años la concentración del CO² se mantuvo estable en los 280 ppm, lo que se reflejaba a su vez en una estabilidad de las temperaturas promedio del planeta y, por lo demás, hizo posible la vida y el desarrollo de la sociedad moderna en la que vivimos.

A partir de la era industrial se produce un incremento de las emisiones de efecto invernadero, llegando en la actualidad a alrededor de 400 ppm de CO², con la conse-

cuencia del aumento de las temperaturas medias que afectan de manera diferenciada a las diferentes regiones del planeta Tierra. Por consiguiente, la acción entrópica, los procesos de industrialización, urbanización acelerada, poblamiento, destrucción de biodiversidad, etc. basados en una matriz energética fósil y en una cultura consumista, han provocado este incremento considerable de las emisiones, teniendo como resultado el calentamiento global y cambio climático, estudiado, diagnosticado y proyectado en escenarios futuros por el IPCC, como lo confirma el citado Quinto Informe.

Se ha detectado la influencia humana en el calentamiento de la atmósfera y el océano, en alteraciones en el ciclo global del agua, en reducciones de la cantidad de nieve y hielo, en la elevación media mundial del nivel del mar y en cambios en algunos fenómenos climáticos extremos. Esta evidencia de la influencia humana es mayor desde que se elaborara el Cuarto Informe de Evaluación. Es sumamente probable que la influencia humana haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX (IPCC Quinto Informe, 2013, p. 15).

El cambio climático, provocado por la acción humana, no solo impacta a los ecosistemas, la biodiversidad, sino que representa al mismo tiempo una amenaza directa para la subsistencia humana. En efecto, los eventos extremos ya están afectando el suelo productivo, la reducción de alimentos y las reservas de agua dulce. De hecho, desata conflictos por la tenencia y el acceso a recursos naturales indispensables, como el agua, la seguridad, los alimentos y la estabilidad política y social, imprescindibles para enfrentar exitosamente los problemas derivados del cambio climático.

El Cambio Climático es una creciente amenaza para la seguridad humana, ya que perjudica el acceso a los alimentos, al agua y al refugio, destruye pertenencias, pone el peligro la cultura y la identidad, aumenta la migración forzada y la rivalidad y desafía a la capacidad de los estados para proporcionar las condiciones necesarias en seguridad humana. Indirectamente puede derivar en riesgos de conflictos violentos (Quinto Informe IPCC, 2013).

La lógica del desarrollo ha contribuido a socializar a las personas en concepciones altamente depredadoras de los sistemas y recursos naturales. Las ciencias sociales –incluida la sociología– surgen en el siglo XIX para ocuparse básicamente de los problemas sociales que genera el sistema capitalista, sin ocuparse de la *relación instrumental* que la política y la industrialización establecen con la naturaleza. Las ciencias en general sufren el proceso de divisionismo y atomización que en general la corriente iluminista de la modernidad instala en la academia, y la forma de comprender y estudiar la producción, el trabajo y el comportamiento humano. Se pierde la visión integrada, holista de los problemas y, en particular, se separa la vida social de la vida natural.

Esta concepción instrumental depredadora de la naturaleza impuesta en la era industrial conlleva externalidades sociales y ambientales, genera diversos y graves problemas ambientales, cuya culminación se manifiesta en el cambio climático actualmente en curso irreversible, según los Informes del IPCC. Esta nueva realidad catastrófica que impacta devastadoramente al planeta y a la vida humana inaugura también *nuevos len-*

guajes, nuevas teorías y métodos científicos de aproximación y comprensión de la realidad global y local. Estos *fenómenos socionaturales* impactan también el desarrollo de las *ciencias sociales y naturales*. En efecto, las visiones monodisciplinarias resultan absolutamente insuficientes, ineficaces para comprender y resolver la complejidad de los nuevos problemas heredados de la era industrial y proyectos hacia el futuro. Los nuevos problemas constituyen desafíos que requieren de visiones que trasciendan a la monodisciplina y se orienten al trabajo multi e interdisciplinario, en una perspectiva futura transdisciplinaria que además recoja los saberes locales de relación con la naturaleza y de adaptación a sus transformaciones climático-ambientales.

Los dos gases principales que contribuyen al efecto invernadero son: el gas carbónico, en un 60%, y el metano, en un 20%. No obstante, hay una diferencia fundamental entre ambos. La duración de vida del metano es de diez años, luego al contacto con el aire, se oxida. En cambio, el CO² es “inoxidable”, no se transforma. Según los estudios realizados, el tiempo que necesita para volver de la atmósfera a la Tierra varía entre ;50 y 500 años e, incluso, hasta 100.000 años! (Nicolás, 2007, p. 43).

En los últimos 800.000 años, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han aumentado a niveles sin precedentes. Las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo. Los océanos han absorbido alrededor del 30% del dióxido de carbono antropógeno emitido, provocando su acidificación (IPCC, Quinto Informe, 2013, p. 9).

Por lo tanto, el conocimiento de los problemas derivados del cambio climático exige aproximar teorías y metodologías provenientes de las ciencias naturales y sociales y de las experiencias y saberes de comunidades indígenas y locales, acumuladas y transmitidas históricamente por las generaciones. Por su parte, la *transgeneracionalidad* proviene del carácter de las emisiones, de los ciclos del carbono, que son de larga duración en su proceso de biodegradación. Su larga duración en la atmósfera, mar y suelo y los volúmenes de CO² ya acumulados **–pueden demorar más de 100 años en biodegradarse–** hacen precisamente que el calentamiento global sea irreversible e inequívoco. Además, **obliga a pensar y planificar el presente desde el futuro**, de allí la importancia de la modelación futura. No para mejorar el futuro, sino para proteger la calidad de vida del presente y asegurar el acceso a bienes materiales e inmateriales a las generaciones futuras. En otras palabras, el tema cambio climático obliga a las ciencias sociales, a la sociología y las ciencias en general a *cambiar de paradigma*, a trabajar en diferentes tiempos, espacios, culturas ecológicas y niveles de análisis.

En este contexto surgen nuevos desafíos teóricos y metodológicos de aproximación científica a los problemas, como la teoría de la sociedad del riesgo (Beck, 2006), que plantea que el riesgo se ha desbordado y descontrolado en la era postindustrial y que los gobernantes lo saben, pero funcionan con una lógica de “irresponsabilidad organizada”. Vivir en el riesgo es vivir en la probabilidad casi cierta y permanente de que ocurran desastres. Los factores del riesgo, así como la construcción de escenarios futuros de los

impactos eventuales del cambio climático, deben necesariamente ser considerados en los análisis científicos.

Por su parte, el Informe Mundial sobre Ciencias Sociales, preparado por la UNESCO (2013), plantea una nueva forma de entender el papel de las ciencias sociales y su interrelación con las ciencias naturales. En efecto, este Informe considera que ahora las ciencias sociales, en tiempos de cambio global, deben comprender su acción en el marco de “**sistemas socioecológicos complejos**”:

Enfocar el cambio ambiental global desde una perspectiva basada en los sistemas significa atraer la atención sobre relaciones no lineales, y también sobre la posibilidad de que se produzcan transformaciones y cambios repentinos irreversibles. Los especialistas en ciencias sociales han contribuido a forjar una perspectiva basada en los sistemas *socioecológicos*, que aborda el cambio ambiental global introduciendo una dimensión humana y una dimensión social en las concepciones del sistema terrestre basadas en las ciencias naturales. Todavía queda mucha labor por hacer en este ámbito (UNESCO Informe Mundial sobre Ciencias Sociales, 2013, p. 8).

Ese llamamiento a la ciencia para cambiar el estado actual de cosas va dirigido tanto a las ciencias sociales como a las ciencias naturales, físicas y humanas, e incluso a las de la ingeniería. Los problemas y desafíos ambientales concretos que afrontan las sociedades –escasez de agua, pérdida de biodiversidad, transición a una sociedad de baja intensidad carbónica, seguridad alimentaria y mejor preparación contra fenómenos extremos– constituyen retos comunes para todas ellas y requieren, por lo tanto, que la acción científica y el establecimiento de prioridades se lleven a cabo de forma conjunta (UNESCO, Informe Mundial sobre Ciencias Sociales, 2013, p. 22).

Transitar ahora del estudio de la sociedad, de sus estructuras, instituciones y sus partes particulares –como se hizo en el pasado y aún se sigue haciendo en las universidades– al estudio de “sistemas socioecológicos complejos” constituye un enorme desafío epistemológico y de formación profesional. Significa “abandonar” la tranquilidad y certeza monodisciplinaria para incursionar en territorios desconocidos e inciertos. Sin embargo, este desafío es común tanto para las ciencias sociales como para las ciencias naturales. Pero de ocurrir representará, sin duda alguna, un salto epistemológico cualitativo en el desarrollo de las ciencias y del conocimiento.

Estas reflexiones multi, inter y transdisciplinarias –junto a la valoración de saberes ecológicos tradicionales presentes especialmente en América Latina– que hemos explicado y desarrollado en el presente artículo –por cierto no agotada en autores ni textos– constituyen contribuciones teóricas relevantes para debatir sobre los desafíos epistemológicos que significan estudiar los cambios profundos, altamente contradictorios y dinámicos que experimenta la época que vivimos, que impactan la calidad de vida y amenazan profundamente al planeta. Una nueva ciencia, una nueva concepción de universidad, de la escuela y en general de la educación, puede ayudarnos a comprender mejor lo que está sucediendo y contribuir con nuevos conocimientos a un mejor entendimiento y convivencia entre el individuo, la sociedad, los pueblos y la naturaleza. Significa transitar hacia una *racionalidad socioecológica*, que implica revisar nuestras

maneras de pensar, significar, actuar y relacionarnos con los ecosistemas, con las personas y con nosotros mismos. Socioecológica significa sabernos, pensarnos y sentirnos parte interdependiente del mundo vivo.

Reflexiones finales

Un cambio de paradigma epistemológico es fundamental para comprender mejor las nuevas interrelaciones socioecológicas y la dinámica planeta-sociedad global en proceso de transformación permanente. Para que el nuevo paradigma tenga reales efectos es imprescindible que impregne los procesos de socialización desde la infancia hasta la edad adulta del ser humano. Es posible cambiar el modo de pensar y el discurso, pero resulta más difícil cambiar el modo de actuar, la acción humana. Implica siempre impulsar un cambio de cultura y de mentalidad, lo que demora un poco y, por lo general, pasa por generaciones. Los niños y los jóvenes son más propensos a cambiar. Pero también pueden cambiar no en el sentido buscado, según sea la socialización y el impacto de los medios de comunicación; en nuestros tiempos, se depende mucho de la influencia y del papel de la imagenología digital y de internet. Sin embargo, estos medios poderosos se pueden emplear también para producir un cambio positivo.

El nuevo paradigma debería instalarse progresivamente en la escuela y en la universidad. En la escuela, mediante un cambio pedagógico y de estrategia de aprendizaje, introduciendo la visión amplia, la unidad compleja e interdependiente del conocimiento. Una enseñanza contextualizada y centrada en el alumno/a como sujeto de su formación y autorrealización humana. Por su parte, la universidad debería cambiar sus currículos formativos, compatibilizando la formación profesional monodisciplinaria con la multi, pluri y transdisciplinaria. La universidad es por excelencia el centro del conocimiento, de su historia, de su conservación, de su evolución, de su creación, de su aplicación y del reciclaje de las ideas. En el mundo de las ideas nada se pierde, todo se transforma y se puede resignificar y adaptar a nuevas épocas y desafíos. Una formación profesional interdisciplinaria, complementada por la investigación y la creación de nuevas tecnologías adaptadas a las necesidades de la realidad, podría impactar muy positivamente el desarrollo de la sociedad en todas sus dimensiones. Y la universidad puede cambiar. Posee la inteligencia individual y colectiva para hacerlo con creatividad y sentido de responsabilidad histórica.

Referencias bibliográficas

- Adorno, T. W. (2001). *Epistemología y ciencias sociales*. Madrid, España: Frónesis.
- Baumgarten, M. (2011). A prática científica na 'Era do Conhecimento': Metodologia e transdisciplinaridade. *Sociologías*, 22, 14-20.
- Beck, U. (2006). *La sociedad del riesgo global*. Madrid: Siglo XXI.
- CICS/UNESCO (2013). Informe Mundial sobre Ciencias Sociales 2013 – Cambios ambientales globales. París, Francia: Ediciones OCDE y Ediciones UNESCO.

- De Souza Santos, B. (2009). *Pensar el Estado y la sociedad: Desafíos actuales*. Buenos Aires, Argentina: CLACSO.
- De Sousa Santos, B. (2013). *Descolonizar el saber, reinventar el poder*. Santiago, Chile: Lom Ediciones.
- Escobar, A. (2010). *Una minga para el postdesarrollo: lugar, medio ambiente y movimientos sociales en las transformaciones globales*. Lima, Perú: Universidad Mayor de San Marcos.
- Galli, C. (2013). *El malestar de la democracia*. Buenos Aires, Argentina: Fondo de Cultura Económica.
- Habermas, J. (1992). *Ciencia y técnica como "ideología"*. Madrid, España: Editorial Tecnos.
- Habermas, J. / Husserl, E. (1997). *Conocimiento e interés / La filosofía en la crisis de la Humanidad europea*. Educación. Materiales de Filosofía. Valencia, España: Universitat de Valencia.
- Horkheimer, M. (2002). *Crítica de la razón instrumental*. Madrid, España: Editorial Trotta.
- IPCC (2013). *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas. Grupo de Trabajo I*. Suiza.
- Jäger, J. (2007). *Was verträgt unsere Erde noch?* Frankfurt: Fischer Verlag.
- Leff, E. (1998). *Saber ambiental. Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. México, D.F. Editorial Siglo XXI.
- Leff, E. (Coord.) (2000). *La complejidad ambiental*. México: Siglo XXI/UNAM/PNUMA.
- Morin, E. (1993). *El método. La vida de la vida*. Madrid, España: Cátedra.
- Morin, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona, España: Gedisa.
- Morin, E. (2010). *Ciência com consciência*. Río de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Nicolas, A. (2007). El desafío climático. En: *Cambio climático. Recursos hídricos y glaciares: testigos y víctimas del cambio climático*. Santiago, Chile: Le Monde Diplomatique/Republique Française.
- Quijano, A. (2012). El moderno Estado-nación en América Latina: cuestiones pendientes. En: Mejía, J. (Ed.), *América Latina en debate. Sociedad, conocimiento e intelectualidad*. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.

2.

Políticas y sustentabilidad

INDICADORES PARA AVALIAÇÕES DO GRAU DE IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

INDICATORS FOR ASSESSMENTS OF THE LEVEL OF IMPLEMENTATION
OF NATIONAL WATER RESOURCES POLICY

**Juvancir Silva¹, William Rauhen^{1,2}, Oscar Parra³, Roberto Urrutia³,
Edmilson Teixeira², Valdir Fernandes⁴**

¹Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo, Curitiba/PR – Brasil

²Laboratório de Gestão de Recursos Hídricos e Desenvolvimento Regional, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES – Brasil

³Centro de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción – Chile

⁴Universidade Tecnológica Federal do Paraná

juvancirsilva@hotmail.com, wbrauen@gmail.com, oparra@udec.cl, rurrutia@udec.cl,
edmilsonteixeira@hotmail.com, valdir.fernandes@icloud.com

Resumo: No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) tem como base a Lei Federal 9433/97. O contexto histórico em que a lei foi elaborada propiciou ao Brasil um modelo de gestão dos recursos hídricos com princípios avançados de participação social e democracia, permitindo a tomada de decisões no nível da bacia hidrográfica por meio dos comitês de bacia. Contudo, a PNRH tem enfrentado desafios para sua efetivação. Ao tentar diagnosticar as causas de ineficiências, nota-se que há carência de indicadores voltados a tal fim, e que possam nortear a definição de medidas corretivas. Esse estudo procurou preencher essa lacuna, com a proposição de um elenco de indicadores divididos em quatro categorias: arranjo institucional, gestão integrada, participação social e associação com políticas de desenvolvimento sustentável, por constituírem elementos dos fundamentos, das diretrizes e dos objetivos da PNRH. Considerando-se o momento de reformulação da gestão das águas no Chile, são feitos contrastes e apontamentos com o intuito de destacar lições que podem ser tiradas da experiência brasileira. A pesquisa foi fundamentada na revisão de literatura e na pesquisa documental. A análise de conteúdo bibliográfico levou à identificação de indicadores, bem como lacunas na capacidade de avaliação, associados aos preceitos da gestão sustentável das águas. Para as categorias de análise, foram propostos índices e indicadores para avaliações do grau de implementação da PNRH.

Palavras-chave: Gestão integrada, indicadores, políticas públicas, recursos hídricos.

Abstract: Brazil's Water Resources Policy (BWRP) is based on Federal Law no. 9433/97. The historical context in which it was conceived allowed Brazil to have an advanced model of water resources management, particularly in relation to opportunities for democratic social participation and decentralised decision making, in the context of the river basin committees. However, implementation of the BWRP has faced many challenges and there is a lack of indicators that can both help identify the root causes of such inefficiencies and point towards possible solutions. This study was focused on filling such a gap, with the proposition of a rank of indicators divided into four categories: institutional arrangement, integrated management, social participation and association with sustainable development policies, which are key elements of the fundamentals, guidelines and objectives of the BWRP. Considering the possibility of reforming the water management sector in Chile, contrasts and indications are made with the aim of highlighting lessons that can be learned from the Brazilian experience. The study was based on literature review and

documental analysis, which led to the identification of indicators, as well as gap in the indication capacity associated with the key aspects of sustainable water management. Indexes and indicators were proposed for the analysis categories aimed at supporting assessments of the level of implementation of a national water resources policy.

Keywords: Integrated management, Public policy, Sustainability indicators, Water resources.

Introdução

NO BRASIL, A LEI 9433 de 1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Entre os avanços da lei estão a bacia hidrográfica como unidade territorial de implementação da PNRH, e a participação dos usuários no processo de tomada de decisão por meio de um sistema de gestão descentralizado e democrático no nível da bacia hidrográfica (Brasil, 1997). No âmbito sul-americano, o Brasil pode exercer liderança importante quanto à gestão de recursos hídricos, pelo fato de sua legislação incorporar conceitos modernos de gestão que, além das já citadas descentralização e democratização, enseja um processo que requer perspectivas inter e transdisciplinares.

No Chile, o atual marco legal e institucional que rege o uso e manejo dos recursos hídricos está estabelecido na Constituição Política de 1980 e detalhado no Código de Aguas de 1981 (Chile, 1981). O início da gestão das águas chilena se deu no período ditatorial. Na fase seguinte, após o fim da ditadura, ficou estreitamente vinculado à instauração de um modelo neoliberal de gestão. Em 2008, foi elaborada uma “Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas”, com o objetivo geral de proteger o recurso hídrico, quanto à sua qualidade e quantidade, para garantir o consumo humano e harmonizar objetivos de conservação dos ecossistemas para o aproveitamento sustentável do recurso nas atividades econômicas. Ainda que se reconheça que as águas são um bem nacional de uso público, na prática sua gestão e manejo ficam sujeitos aos critérios do livre mercado e às normas da propriedade privada, gerando, assim, um mercado da água.

O Brasil ocupa o primeiro lugar quanto à disponibilidade de recursos hídricos no mundo, ao passo que o Chile ocupa o 14º lugar. A maior parte dos recursos hídricos superficiais brasileiros se encontra em regiões de baixa densidade populacional e industrial, como a região amazônica. Tal situação também ocorre no Chile, onde a disponibilidade hídrica está concentrada no extremo sul do território, onde há baixa demanda antrópica, ao passo que o norte concentra maiores centros urbanos e atividades produtivas. Isso gera um desafio ao alcance dos objetivos da gestão de recursos hídricos de ambos os países, principalmente em regiões metropolitanas e em regiões sujeitas a extremos hidrológicos.

A partir da instituição da PNRH no Brasil, esperava-se que os problemas de qualidade e quantidade dos recursos hídricos fossem amenizados. Porém, quase duas décadas após a promulgação da lei 9433/97, nota-se grande defasagem no desenvolvimento de mecanismos eficazes de gestão dos recursos hídricos (Braga *et al.*, 2008; Andreoli *et al.*, 2003; Tundisi, 2008; Philippi *et al.*, 2009; Toonen, 2011; Akhmouch, 2012). Entre os me-

canismos que precisam ser melhorados está a integração interinstitucional e, entre os problemas, está o reduzido sistema de coleta e tratamento de esgoto. No caso chileno, quanto ao saneamento, constantemente são utilizados indicadores relacionados à cobertura de abastecimento de água potável e de rede coletora e tratamento de esgoto, os quais superam 95% da população urbana, ou 80% da população total. Porém, sua política e seu sistema de gestão das águas não refletem avanços obtidos nas últimas décadas sobre a integração e descentralização da gestão de recursos hídricos. O acompanhamento dos avanços e entraves à consecução dos objetivos da PNRH constitui um processo importante para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, e pode apontar caminhos e alternativas à modernização dessa gestão no Chile.

Nesse sentido, estudos demonstram que índices e indicadores são importantes para o acompanhamento de políticas públicas e na aplicação de medidas corretivas (Meadows, 1998; Malheiros *et al.*, 2008; Bellen, 2006; Mattar Neto *et al.*, 2009; Dong *et al.*, 2013; Juwana *et al.*, 2012; IBGE, 2012). Entre os índices utilizados para avaliação da gestão dos recursos hídricos estão: Water Poverty Index – WPI (Lawrence *et al.*, 2002), Water Sustainability Index – WSI (Chaves e Alipaz, 2007), Canadian Water Sustainability Index – CWSI (Canada, 2007), e West Java Water Sustainability Index – WJWSI (Juwana *et al.*, 2012). Nesses índices foram identificados indicadores que podem ser usados em avaliações do grau de consecução dos objetivos da gestão das águas com vistas à sustentabilidade.

Partindo-se da premissa que a PNRH fornece o embasamento necessário para a gestão sustentável dos recursos hídricos, pode-se dizer que a ineficácia da gestão advém do não atendimento, ou do atendimento apenas parcial, dos seus fundamentos, diretrizes e objetivos. Nesse contexto, o presente estudo teve por objetivos: i) elencar um conjunto de indicadores para uso em avaliações do grau de implementação da PNRH, de modo a contribuir para o diagnóstico dos entraves à implementação da gestão integrada, descentralizada e participativa dos recursos hídricos; e ii) levantar informações sobre a gestão das águas no Chile que permitam identificar aspectos prioritários para melhorias futuras, considerando a experiência brasileira.

Visão geral sobre a gestão de recursos hídricos no Brasil e no Chile

Em 2006, o Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH) brasileiro aprovou o Plano Nacional dos Recursos Hídricos, cujo objetivo geral é o de promover, por meio de um pacto nacional, as diretrizes e políticas públicas para a oferta de água de qualidade e em quantidade para as demandas. A governança da água é tida como fundamental para as políticas setoriais na perspectiva do desenvolvimento sustentável (ANA, 2013). O Plano Nacional dos Recursos Hídricos foi norteado pela PNRH.

Os fundamentos da PNRH preconizam que a água é um bem de domínio público, recurso natural limitado e dotado de valor econômico. Nesse contexto, a gestão deve possibilitar o uso múltiplo no âmbito da bacia hidrográfica, ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e da sociedade civil organizada na tomada de decisões. Seu uso prioritário deve ser para o consumo humano e a desseden-

tação de animais. As diretrizes da PNRH são a gestão sistemática sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade, a adequação da gestão às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões, a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental, a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional, a articulação da gestão de recursos hídricos com a gestão do uso do solo, e a integração da gestão das bacias hidrográficas com o gerenciamento dos sistemas estuarinos e das zonas costeiras. A PNRH tem por objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte hidroviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos. Os instrumentos previstos na PNRH são os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, a outorga dos direitos de uso, a cobrança pelo uso, e o sistema de informações sobre os recursos hídricos (Brasil, 1997).

No Brasil, transcorridas quase duas décadas desde a promulgação da Lei 9433/97, observa-se a prevalência de um panorama negativo em relação à gestão dos recursos hídricos. Braga *et al.* (2008), por exemplo, destacaram a desconsideração das interfaces com os setores correlatos e a diversidade não integrada de usuários e suas demandas entre os principais problemas enfrentados. Já Tundisi (2008) apontou a distribuição desigual da água no território, o nível de saneamento, de tratamento de esgotos, a necessidade de recuperação da infraestrutura e dos mananciais e a integração entre os órgãos de governo como aspectos críticos. Philippi Jr. *et al.* (2009) citaram a articulação insatisfatória entre o planejamento hídrico, o urbano e o de saneamento.

No âmbito internacional, Toonem (2011) destacou a relativa independência dos órgãos de governo nos diferentes níveis para elaborar leis e os papéis justapostos dos órgãos gestores como impedimentos à coordenação de ações e a gestão nos níveis de governo. Tal cenário também foi citado por Akhmouch (2012), como uma dificuldade de coordenação horizontal e vertical entre os órgãos de governos. Estes problemas também são verificados no Brasil.

A gestão integrada dos recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável são intentos da PNRH. Entretanto, nota-se que avanços neste sentido ainda necessitam de maior empenho dos órgãos gestores e a mitigação de dificuldades legislativas e institucionais. Segundo Lisboa (2013), a gestão integrada dos recursos hídricos na bacia hidrográfica deve estar alinhada com as dimensões social, econômica e ambiental, pelo envolvimento dos atores legitimados dos vários setores e segmentos, que representem as especificidades da região, antes e durante as negociações, para a garantia da tomada de decisão em bases confiáveis e levando-se em consideração a vocação potencial das bacias.

Os princípios estabelecidos no Código de Águas do Chile, indicados a seguir, diferem daqueles que compõem a PNRH, a saber (Chile, 1981):

- Separação água-solo: os direitos de uso das águas podem ser objeto de negócios independentes, separados do tipo de uso que é feito do solo adjacente.
- Não é obrigatório fazer uso efetivo para o bem público e não é estipulada uma validade ao direito de uso.
- Livre disponibilidade e aquisição: o proprietário pode dispor do seu direito de aproveitamento das águas como desejar. A intenção era a de deixar o mercado buscar o melhor aproveitamento das águas e fazer o melhor uso do direito, entre alternativas distintas de uso, múltiplo ou não.
- Regime de propriedade inscrita: os direitos devem estar inscritos de forma similar aos bens, para conferir certeza jurídica à propriedade.
- Reconhecimento de direitos preexistentes: reconhece-se a existência de direitos adquiridos segundo a legislação anterior, mesmo quando não estão inscritos. Atualmente todos os direitos de uso da água designados pela reforma agrária estão regularizados, devido à operação de um mecanismo de intervenção do Estado.
- Unidade do recurso: o recurso é administrado considerando as águas superficiais e subterrâneas, conjuntamente.
- Administração pelos usuários: as organizações de usuários devem cuidar de todas as ações relativas ao aproveitamento do recurso.
- Segurança jurídica: mediante qualquer ilegitimidade, existem recursos e ações judiciais que permitem defender os direitos de aproveitamento das águas.

Pode-se inferir que a principal diferença na outorga de direitos de uso das águas entre o Brasil e o Chile ocorre na definição da propriedade do recurso. As outorgas brasileiras são feitas por período limitado, de até 35 anos, em caráter revogável e renovável, sem que o Estado perca a propriedade do recurso. No caso chileno, a outorga dos direitos de uso do recurso se dá por prazo indefinido, o que configura uma transferência de propriedade e causa o chamado “Mercado de Águas”. A esse respeito, cabe ressaltar que se configurou um verdadeiro monopólio, já que cerca de 90% dos direitos de uso não consuntivo das águas são de propriedade de apenas três grupos econômicos. Adiciona-se o fato que mais de 90% das empresas de saneamento chilenas são privadas, e com o sistema tarifário de água potável mais caro da América Latina. Por outro lado, no caso chileno, é possível outorgar direitos de aproveitamento de águas para usos produtivos, como para irrigação, industrial e de geração hidrelétrica, e para consumo humano (água potável), mas não para outros usos, como culturais, para a conservação e harmonia paisagística, por exemplo. A geração hidrelétrica beneficia milhões de pessoas, mas há uma tendência de concentração do monopólio de uso do recurso hídrico no setor energético.

Indicadores e a gestão dos recursos hídricos

Os indicadores permitem que se façam diagnósticos de temas de interesse, o que subsidia o processo de tomada de decisão visando a gestão sustentável (Malheiros *et*

al., 2008). Para Meadows (1998), os indicadores são uma forma de analisar o desenvolvimento sustentável em suas diversas dimensões. Para Mattar Neto *et al.* (2009), no contexto ambiental os indicadores são parâmetros representativos, concisos e fáceis de interpretar e podem ser utilizados para ilustrar as principais características de uma determinada região, visando à melhoria do meio ambiente ou a mitigação de sua degradação.

Em um levantamento feito por Bellen (2006), indicadores são definidos como medidas de um fenômeno, como parâmetros sobre o estado de um fenômeno, como variável operacional de um atributo de um sistema, como variável individual ou como função de outras variáveis, como sinal, sintoma, informação, dado e medida. O índice é definido no levantamento como escalar, um simples número gerado da agregação de dois ou mais valores e esta agregação pode mascarar um elemento que individualmente pode contribuir para medidas pontuais, assim como, os elementos agregados podem não ser da mesma esfera de avaliação. Para Bellen (2002, p. 51), “índices condensam indicadores que condensam informações obtidas pela agregação de dados”. E, para o desenvolvimento sustentável, os indicadores representam valores estabelecidos ou desejados pelo governo ou socialmente dentro de um senso normativo e com valor técnico de referência.

Segundo Dong *et al.* (2013), índices e indicadores têm sido utilizados no planejamento e gestão de recursos hídricos com o intuito de analisar cenários com incertezas associadas ao clima, à demografia e a condições econômicas, sociais, técnicas e políticas que possam afetar o desempenho futuro dos recursos hídricos em sua disponibilidade, demanda e estratégias de gestão. Juwana *et al.* (2012) consideram que os indicadores auxiliam na compreensão do progresso em direção à sustentabilidade ao longo do tempo, em bacias hidrográficas.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) publica os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – IDS. Os indicadores mais diretamente relacionados com a questão hídrica incluídos no IDS são (IBGE, 2012):

- o indicador de água doce, que representa a qualidade da água em trechos de rios e represas e é expresso pela Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO – e pelo Índice de Qualidade da Água – IQA;
- o indicador de acesso ao sistema de abastecimento de água, que representa a parcela da população abastecida com água por rede geral;
- o indicador de acesso a esgotamento sanitário, que representa a parcela da população atendida por sistema de esgotamento sanitário;
- o indicador de acesso a serviço de coleta de lixo doméstico, que representa a parcela da população atendida pelos serviços de coleta de lixo doméstico;
- o indicador de tratamento de esgoto, que expressa a capacidade de tratar o esgoto coletado;
- o indicador da destinação final do lixo, que expressa a capacidade de se dar uma destinação final adequada ao lixo coletado.

No tocante a avaliações de sustentabilidade que contemplam os recursos hídricos,

os índices WPI, WSI, CWSI e WJWSI têm reconhecimento internacional. Um breve detalhamento sobre a forma como estes índices abordam a gestão dos recursos hídricos é apresentado. O WPI foi elaborado com base no Environmental Sustainability Index – ESI – criado no Fórum Econômico Mundial de 2001. O ESI dá importância à estratégia e à forma como os países regulamentam o recurso hídrico (Lawrence *et al.*, 2002). O WPI reflete a gestão dos recursos hídricos por meio do “indicador de capacidade de provisão e gerenciamento da água” (regulação e capacidade gerencial e capacidade de informação).

O “indicador de políticas públicas” do WSI reflete a importância do gerenciamento dos recursos hídricos na escala da bacia hidrográfica, ao indicar aspectos como a capacidade institucional implantada e a evolução das despesas com o gerenciamento (Chaves e Alipaz, 2007). O CWSI foi proposto para uso em avaliações da condição financeira, educacional e de treinamento para gerenciar os recursos hídricos (PRI, 2007). O “indicador de política e governança” do WJWSI caracteriza a gestão do recurso hídrico na bacia hidrográfica abrangendo a participação, o acesso à informação, aspectos econômicos, a estrutura organizacional para a governança e o arcabouço legal (Juwana *et al.*, 2012).

A adequação da prática da gestão de recursos hídricos pode ser avaliada de forma apenas parcial com base nesses índices. Por exemplo, a participação popular é abordada somente no WJWSI. Este índice ainda aborda a governança da água, que está relacionada com a gestão integrada, o que outros índices não abordam. Uma exceção é o arranjo institucional, que está presente em todos os índices. Em relação ao desenvolvimento sustentável, estes índices abrangem as dimensões ambiental, econômica, política e social, porém, de forma restrita.

No Brasil, a Agência Nacional de Águas – ANA – elabora, anualmente, o relatório “Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil”, no qual alguns indicadores são usados para avaliar o progresso de aspectos da gestão das águas nas bacias hidrográficas brasileiras. Porém, no relatório, à exceção do Indicador de Gestão (IG), não são usados indicadores que permitam avaliar os principais aspectos embasadores da PNRH, expressos nos seus fundamentos, diretrizes e objetivos. Neste contexto, constatou-se a necessidade de indicadores que possam preencher as lacunas identificadas na capacidade de indicação do grau de atendimento dos aspectos fundamentais da gestão das águas no Brasil.

No Chile, a institucionalidade pública dos recursos hídricos encontra-se dispersa, com conflitos frequentes de competência que dificultam a gestão (Bauer, 1997; Dourojeanni, 2010; Retamal *et al.*, 2013). Além disso, não se utilizam indicadores de sustentabilidade para avaliar a gestão dos recursos hídricos, mas há esforços sendo feitos para revisar e ampliar marcos regulatórios importantes e, modernizar e tornar mais efetiva a gestão dos recursos hídricos do país.

Metodologia

Este estudo foi elaborado a partir da constatação de que a PNRH, apesar de robusta do ponto de vista conceitual e de ter embasamento legal, ainda carece de efetividade

e penetração em algumas regiões com conflitos e escassez hídrica. Diante da necessidade de tornar mais efetiva a sua implementação no Brasil e da possibilidade de reformulação da política de gestão de recursos hídricos no Chile, buscou-se identificar, na experiência brasileira, os principais fatores intervenientes ao sucesso e ao insucesso do processo. Dada a diversidade das condições brasileiras, com alta discrepância nos graus de implementação da PNRH em regiões diferentes, entendeu-se que tais esforços de diagnóstico devem estar embasados em índices e indicadores capazes de refletir os aspectos centrais da política, conforme destacado nos seus fundamentos, objetivos e diretrizes, e em consonância com estratégias modernas de gestão das águas. Além disso, buscou-se destacar aspectos que podem nortear a revisão da política de recursos hídricos chilena, tomando como base a experiência brasileira.

Assim, o estudo aqui reportado teve natureza aplicada, pelo seu propósito de contribuir para a resolução de um problema específico, com finalidade imediata. Teve objetivos exploratórios, ao envolver levantamento bibliográfico para identificar aspectos da gestão de recursos hídricos passíveis de avaliação por meio de indicadores, e o cruzamento desses aspectos com índices e indicadores existentes na literatura sobre desenvolvimento sustentável e gestão de recursos hídricos. Quanto às fontes e procedimentos, a pesquisa foi bibliográfica e documental.

Fatores determinantes para avaliações do grau de implementação da PNRH foram identificados por meio de análise de conteúdo da Lei 9433/97 e da literatura sobre gestão de recursos hídricos. Isso levou à identificação dos principais entraves à governança da água, aqui relacionados à baixa efetividade da implementação da PNRH: necessidade de fortalecimento do arranjo institucional, da gestão integrada, da participação social e da associação com políticas voltadas ao desenvolvimento sustentável. Tais aspectos foram usados como categorias de análise para a busca e seleção de indicadores.

A pesquisa documental se estendeu aos relatórios Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2013) e Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IBGE, 2012), sendo constatada uma carência de indicadores nestes elementos para representar as quatro categorias de análise. Foram realizadas pesquisas bibliográficas em índices utilizados internacionalmente em avaliações de sustentabilidade relativas aos recursos hídricos, com o intuito de selecionar outros indicadores existentes. Por fim, com um enfoque dedutivo e com base na análise documental efetuada, o elenco foi complementado pela proposição de novos indicadores.

Resultados: Categorias de análise e elenco de indicadores

Arranjo Institucional

a) Análise

No âmbito internacional, o arranjo institucional para a gestão dos recursos hídricos foi uma preocupação dos idealizadores dos índices WPI, WSI, CWSI e WJWSI. No primeiro,

quanto à regulação e capacidade gerencial. No segundo, quanto à capacidade institucional e à evolução em despesas de gerenciamento. No terceiro, quanto à estrutura organizacional para a governança e ao arcabouço legal. No quarto, há a dimensão política e de governança, com indicadores sobre aplicação da lei e estrutura de governança.

No Brasil, ANA (2013) utilizou o Indicador de Gestão (IG) desenvolvido por Maranhão (2007) para verificar o arranjo institucional da PNRH em regiões que apresentaram conflitos pelo uso e disponibilidade de água. O IG é voltado à implementação dos instrumentos da PNRH. Assim, inclui o subindicador “plano de recursos hídricos” (existência de plano interestadual e existência de plano de bacia estadual), pelo subindicador “comitê de bacia instalado” (comitê estadual e interestadual), pelo subindicador “cobrança implantada” e pelo subindicador “outorga” (demanda outorgada/demanda total). Cada item do subindicador é ponderado em: sim = 1, não = 0, com exceção do item 1 do subindicador “plano de recursos hídricos”, que considera existência de plano interestadual: sim = 1, sim = 0,5 na ausência do plano de bacia estadual e não = 0. O somatório é dividido por seis e o resultado é a classificação do estágio da gestão: IG = 0 estágio inicial; $0 < IG < 0,50$ em implantação; $0,50 \leq IG < 0,65$ moderada; $0,65 \leq IG < 0,85$ avançada; $IG > 0,85$ muito avançada. Das 441 unidades de planejamento hídrico brasileiras, 191 foram avaliadas, sendo que 54% foram consideradas em estágio inicial de implantação e 29% estavam em estágio avançado ou muito avançado. A maioria das unidades encontrava-se em regiões metropolitanas, nas quais há grande demanda residencial e industrial com elevada carga de esgoto doméstico lançada no corpo hídrico.

O arranjo institucional requerido para a operacionalização da PNRH nos estados se inicia com o órgão gestor estadual, sendo verificada sua existência em todos os estados e no Distrito Federal. São criados os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, presentes em 25 estados e no Distrito Federal, enquanto que em um estado há uma Câmara Técnica. O planejamento estadual dos recursos hídricos deve ser formalizado por meio de um Plano Estadual de Recursos Hídricos, sendo este identificado em 14 estados, sendo que em três estados tal plano estava em elaboração. Como preconiza a Lei 9433/97, a gestão da bacia hidrográfica deve ser guiada pelo plano de recursos hídricos, sendo este verificado em 27 bacias interestaduais e em 94 estaduais. Os planos de bacias interestaduais instalados abrangem cerca de 51% do território nacional. Se forem consideradas as Unidades de Gestão de Recursos Hídricos de rios de domínio da União, a área coberta passa para 62% (ANA, 2013). Cabe ressaltar que o levantamento consultado reflete a conjuntura dos recursos hídricos brasileiros no ano de 2012. Em relação aos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs), 187 foram criados (ANA, 2014). Segundo IBGE (2012), as regiões sudeste e sul do país possuem, respectivamente, 85,6% e 63,6% dos municípios cobertos em CBHs. Já nas regiões norte, centro-oeste e nordeste, esse índice é de apenas 24,9%, 44,6% e 49,8%, respectivamente. Por estes dados é possível avaliar que a PNRH tem tido melhores resultados na implantação dos comitês de bacias nas regiões sul e sudeste, onde estão concentrados os maiores conflitos pelo uso dos recursos hídricos (Rabelo, 2014).

Alguns dados do IBGE (2012) podem contribuir para avaliar o grau de implementação da PNRH, uma vez que estes encontram-se relacionados com o arranjo institu-

cional das políticas ambiental e de saneamento básico brasileiras. Entre esses dados está o número de municípios com Conselhos de Meio Ambiente ativos que, em 2001, era de 22,3% e subiu para 39,9%, em 2009. Em relação à presença de organizações de sociedade civil, em 2005, para cada 100 mil habitantes havia 184,4 organizações de sociedade civil. A Agenda 21 Local em 2002 cobria 50,6% da população e, em 2009, caiu para 41,2%. O IBGE justificou tal redução pela falta de recursos financeiros. Porém, a instalação do Fórum da Agenda 21 Local subiu de 22,9% em 2002 para 30,1% em 2009, o que sugere que muitos municípios tenham instalado primeiro o Fórum, para depois implantar a Agenda. Esses dados contribuem para a ideia de que a gestão ambiental no país precisa avançar, tendo reflexos no grau de implementação da PNRH.

b) Proposição

Para uma avaliação mais completa da existência do arranjo institucional requerido para a implementação da PNRH, é proposto o Índice de Gestão da Bacia Hidrográfica (IGBH), conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Características da proposta de Índice de Gestão da Bacia Hidrográfica (IGBH).

Indicador/ Índice Existente	Indicador de Gestão (IG) (ANA, 2013) e componentes de WPI, WSI, WSI e WJWSI que consideram o arranjo institucional, mas a capacidade de indicação atualmente voltada a este aspecto da gestão das águas é apenas parcial.
Índice Proposto	Índice de Gestão da Bacia Hidrográfica (IGBH)
Composição	<ul style="list-style-type: none"> –Comitê de Bacia Hidrográfica –Agência de Águas –Instrumentos de gestão previstos na Lei 9433/97 –Representatividade social e dos usuários
Forma de Mensuração	Presença ou ausência, cabendo pontuação para os subindicadores que compõem o índice
Resposta	Adequação institucional

O IGbh seria composto por indicadores da presença ou ausência de CBH, de uma Agência de Águas, dos instrumentos de gestão em operação (plano de bacia, cobrança, outorga, enquadramento e sistema de informações) e da representação, no CBH, dos Conselhos Municipais de Meio Ambiente, de organizações de sociedade civil, da Agenda 21 Local, dos usuários e de articulações interinstitucionais que envolvam os recursos hídricos. A ausência de algum destes elementos dificulta a gestão dos recursos hídricos. Assim, por meio do IGbh seria possível avaliar se, e em que grau, o arranjo institucional para a concretização dos fundamentos, das diretrizes e dos objetivos da PNRH está presente na bacia hidrográfica.

Gestão Integrada

a) Análise

A gestão integrada representa a capacidade de articulação dos múltiplos usuários ao atuarem conjuntamente no planejamento das demandas pelos recursos hídricos em qualidade e quantidade ao longo do tempo; no aumento do comprometimento com a manutenção e melhoria da qualidade e quantidade dos recursos hídricos; na adoção de visão sistêmica em relação à questão hídrica e na efetivação da integração da política de recursos hídricos com os demais incidentes sobre o território em consideração. Portanto, a gestão integrada constitui elemento importante, não só para mensurar o grau de implementação da PNRH, mas como indicativo de que as ações sobre os recursos hídricos têm levado em conta a visão sistêmica de que um setor da gestão pública pode afetar outros setores.

A ANA mantém iniciativas para avançar na gestão integrada de recursos hídricos, como o Programa de Articulação Intersetorial, Interinstitucional e Intrainstitucional da Gestão de Recursos Hídricos, o Programa de Usos Múltiplos e Gestão Integrada de Recursos Hídricos e os Programas Setoriais voltados aos recursos hídricos (ANA, 2013). Entretanto, a ANA não vem apresentando indicadores sobre estes programas. O IBGE (2012) revela que as articulações interinstitucionais em 2005 no país eram de 6,4%, e passaram para 9,0% em 2009. Uma vez que ANA (2013) não apresenta dados de articulações interinstitucionais, não é possível inferir sobre seu impacto na implantação da PNRH. Porém, com base nos dados do IBGE, considerando o incremento do nível de interação e os respectivos valores absolutos, é possível inferir que foram muito baixos entre 2005 e 2008, para um país com mais de 5000 municípios.

De um modo indireto, a implantação do instrumento de enquadramento e do zoneamento ecológico-econômico – ZEE – em uma região também promovem a integração das ações de gestão, uma vez que ambos condicionam o uso do solo. Nesse sentido, o Índice de Conformidade ao Enquadramento – ICE (ANA, 2013) é ferramenta relevante à análise de gestão integrada.

b) Proposição

Mensurar as articulações interinstitucionais é relevante para avaliar a gestão integrada de recursos hídricos. Para tanto, é sugerido o Indicador de Integração Intersetorial da Bacia Hidrográfica (3iBH). Conforme apresentado no Quadro 2, tal indicador seria representado pelo número de articulações interinstitucionais praticadas pelos municípios da bacia hidrográfica e que envolvam recursos hídricos (consórcio público intermunicipal, consórcio público com o estado, consórcio público com o governo federal, convênio de parceria com o setor privado, apoio do setor privado e apoio das comunidades, convênios entre a ANA e o comitê de bacia). A integração intersetorial é ensejada nos fundamentos, nas diretrizes e nos objetivos da PNRH, uma vez que estes visam conciliar os usos múltiplos do recurso hídrico. Além disso, propõe-se que seja considerado o ICE e a existência de um ZEE na composição do 3iBH.

Quadro 2. Características da proposta de Indicador de Integração Intersetorial da Bacia Hidrográfica (3iBH).

Indicador/ Índice Existente	Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) identificado no relatório ANA. O IBGE acompanha as articulações interinstitucionais mas a capacidade atual de indicação voltada à gestão das águas é incipiente.
Indicador Proposto	Indicador de Integração Intersetorial da Bacia Hidrográfica (3iBH)
Composição	Número de articulações interinstitucionais praticadas pelos municípios envolvendo recursos hídricos, existência de zoneamento ecológico-econômico, valor do ICE
Forma de Mensuração	Número de Articulações
Resposta	Integração entre os agentes

*Participação Social**a) Análise*

A participação social é entendida como um fator essencial para a gestão dos recursos hídricos, sendo sua mensuração parcialmente realizada nos índices WPI e WJWSI. No primeiro, quanto à capacidade de informação. No segundo, quanto à divulgação da informação e à participação pública.

A participação social no planejamento e tomada de decisão relacionada aos recursos hídricos é um instrumento essencial para a gestão democrática. Para a sua promoção, a ANA possui a Câmara Técnica de Educação Ambiental como a responsável pelas ações de educação, capacitação, mobilização social e informação em recursos hídricos, que oferta um treinamento à distância com o tema Educação e Participação Social na Gestão de Recursos Hídricos. A capacitação é vista como fundamental para a continuidade da participação e, portanto, para a sustentabilidade do processo. Assim, ações de motivação à participação e capacitação podem ser tomadas localmente.

Entre as prioridades do Plano Nacional dos Recursos Hídricos 2012/2015 estão metas associadas à informação, à participação social e à formação de recursos humanos. A ANA ainda destaca a importância do estímulo à participação popular no processo de definição de políticas relacionadas com os recursos hídricos (ANA, 2013). A participação popular deve ser avaliada de forma efetiva. Porém, em ANA (2013) praticamente não há dados de ações envolvendo as comunidades de bacia hidrográficas.

b) Proposição

Para mensurar a participação social na bacia hidrográfica são propostos os indicadores apresentados no Quadro 3, e descritos a seguir.

–indicador de participação popular, representado pelo nível de participação da população nas reuniões e nas audiências públicas organizadas pelo comitê de bacia;

- indicador de presença do comitê na comunidade, mensurado pelo nível de conhecimento do comitê de bacia pela comunidade;
- indicador de comunicação social, representado pelo uso de instrumentos de comunicação social pelo comitê de bacia e o acesso da população a tais instrumentos;
- indicador de representatividade social, avaliado pela qualidade das representações sociais, dos setores usuários, e dos municípios no comitê de bacia.

Quadro 3. Características da proposta de indicadores de participação social.

Indicador/ Índice Existente	Não identificado no relatório ANA. Componentes de WPI e WJWSI que consideram a participação, mas a capacidade de indicação atualmente voltada a este aspecto da gestão das águas é apenas parcial.
Indicadores Propostos	<ul style="list-style-type: none"> -Participação popular no comitê de bacia -Inserção do comitê de bacia na comunidade -Comunicação social -Representatividade social, dos usuários e municípios
Composição	Nível de participação nas reuniões e nas audiências públicas do CBH, nível de conhecimento do comitê de bacia pela comunidade, instrumentos de comunicação social e acesso da população, e representatividade social, dos setores usuários e dos municípios no comitê de bacia
Forma de Mensuração	Envolvimento social
Resposta	Relações de poder

O primeiro indicador pode ser levantado pelo registro do número de participantes nas reuniões e audiências, de forma absoluta ou proporcional à representatividade esperada. O segundo, por pesquisa visando a constatação da existência ou ausência dos instrumentos correspondentes. Reconhece-se que, além da participação da população nas reuniões do comitê de bacia, é preciso envolver a comunidade nos problemas da bacia por meio de audiências públicas e do uso de meios de comunicação social para divulgação das questões relacionadas com os recursos hídricos e verificação se a população conhece e acompanha o comitê de bacia. Por fim, é preciso avaliar a participação igualitária dos usuários e dos municípios no planejamento e na tomada de decisão dos problemas da bacia hidrográfica. Os indicadores sugeridos podem apontar a presença/ ausência e a efetividade da participação social na gestão de recursos hídricos.

Desenvolvimento Sustentável

a) Análise

O recurso hídrico é essencial para o desenvolvimento econômico, social e ambiental de uma região. No âmbito da gestão das águas no Brasil, ANA (2013) apresentou quase que exclusivamente dados ambientais relativos aos aspectos de qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Na dimensão econômica, apontou que o plano de bacia deve se

basear na premissa da permanência das condições socioeconômicas descritas no diagnóstico integrado da situação dos recursos hídricos, em termos de qualidade e quantidade. O relatório não apresentou indicadores das relações de interdependência entre o recurso hídrico e as atividades socioeconômicas. Assim, verifica-se que a promoção do desenvolvimento sustentável, presente nos objetivos da Lei 9433/97, não vem sendo monitorada adequadamente.

b) Proposição

Um indicador para avaliar esse aspecto evidenciaria, de forma objetiva, a importância do recurso hídrico para o desenvolvimento econômico. Como gerador de riqueza, o recurso hídrico deve ser melhor utilizado e preservado, garantindo, além do retorno econômico, melhorias na qualidade de vida da população – sendo esta a finalidade do desenvolvimento sustentável. Assim, são sugeridos dois indicadores para esse aspecto, conforme apresentado no Quadro 4 e descrito a seguir.

Quadro 4. Características da proposta de indicadores de desenvolvimento sustentável.

Indicador/ Índice Existente	Não identificado.
Indicador Proposto	–Programas e ações de desenvolvimento sustentável envolvendo os recursos hídricos
Composição	Presença e nível de implantação, e redução da renda em função da limitação da cobrança devido à degradação hídrica
Forma de Mensuração	Percentual de municípios da bacia com programas e ações de desenvolvimento sustentável, e vazão não outorgada multiplicada pelo valor cobrado pelos usos correspondentes
Resposta	Alternativas econômicas sustentáveis e valor monetário perdido pela degradação hídrica

O primeiro indicador sugerido diz respeito à presença e o nível de implantação de programas e ações para o desenvolvimento sustentável envolvendo os recursos hídricos nos municípios da bacia hidrográfica. Este indicador, quando aplicado em bacias com mais de um município, poderia ser definido pelo percentual de municípios com programas e ações de desenvolvimento sustentável envolvendo o recurso hídrico. Embora não garanta a efetividade de ações, o indicador demonstraria a preocupação do município em buscar alternativas econômicas sustentáveis com o menor impacto nos recursos hídricos.

Um outro indicador, voltado ao aspecto econômico, poderia representar o impacto deletério da degradação quali-quantitativa dos recursos hídricos sobre a produtividade local, especialmente em se considerando as potencialidades agrícolas, industriais ou turísticas, por exemplo. Tal indicador representaria o prejuízo, em termos do valor que se deixa de arrecadar em impostos e tributos, decorrente de tal impacto.

Considerações sobre o caso chileno

No caso chileno, aspectos da gestão de bacias hidrográficas são tipicamente considerados nos contextos teórico e administrativo, mas seguem como uma utopia no âmbito prático. Tal como indicado pela OCDE na Avaliação de Desempenho Ambiental de 2005, um dos desafios do Chile é melhorar a informação e o conhecimento sobre o manejo das águas, com a recomendação de desenvolver um enfoque integrado de gestão de bacias para melhorar o manejo dos recursos hídricos e florestais, e para proporcionar serviços ambientais com maior eficiência. Contudo, até o presente não há uma política nacional para a gestão integrada de bacias hidrográficas.

Quanto ao uso da bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão, no Chile o que mais se aproxima de tal enfoque é o fato de algumas organizações de usuários dos recursos hídricos (as chamadas Juntas de Vigilância) terem toda uma bacia sob sua jurisdição. Geralmente estas organizações só atuam em seções de um curso de água (Salazar, 2003) e principalmente nas bacias onde os usuários de irrigação estão organizados, entre os rios Elqui e Itata.

A participação cidadã está restrita às associações de usuários de água, ou seja, usuários de canais e comunidades de águas subterrâneas. Em todos os casos, os participantes devem possuir direitos de uso das águas. Quando ocorre um problema social ou ambiental envolvendo o recurso, este modelo não funciona e geralmente gera litígios judiciais.

Não há um sistema de indicadores de sustentabilidade dos recursos hídricos no Chile, devido principalmente a dois aspectos: i) relativa escassez de conhecimento sobre os ecossistemas aquáticos, o que demanda mais pesquisas científicas; e ii) carência de uma Política Nacional de Recursos Hídricos para o Chile.

Sugere-se que, na oportunidade de uma reformulação institucional e regulatória voltada à promoção da governança da água no Chile, possam ser considerados os avanços e percalços experienciados não só no Brasil, como em outras partes do mundo. Entendemos que isso tem potencial para acelerar e tornar efetivo o processo de implementação de instrumentos pautados nos princípios da gestão integrada, descentralizada e participativa dos recursos hídricos, como bem de domínio público, reconhecendo seu valor econômico e de modo a proporcionar os usos múltiplos.

Conclusão

Um grande desafio para a efetivação da gestão sustentável das águas é a melhoria da integração governamental e da capacidade de gestão no nível da bacia hidrográfica, permitindo que haja a efetiva participação social no processo decisório. Para este intento, faz-se necessário que a informação por meio de indicadores esteja acessível a todos os níveis de governo e sociedade, de forma que gestores e comunidade reconheçam o estado real dos recursos hídricos e possam atuar no planejamento e execução do Plano de Recursos Hídricos em sua bacia hidrográfica e na definição de novas políticas de recursos hídricos.

A PNRH estabeleceu pontos fundamentais para a boa gestão de recursos hídricos, tais como a gestão integrada, a associação com o desenvolvimento sustentável, a integração institucional e a gestão democrática no nível da bacia hidrográfica, em consonância com as melhores práticas verificadas internacionalmente. Entretanto, foram notadas lacunas na capacidade de diagnosticar e informar, por meio de indicadores presentes nos relatórios oficiais, a realidade da implementação da política brasileira de recursos hídricos. Isto motivou a proposição de um elenco de indicadores para a avaliações do grau de implementação da PNRH, uma vez que a gestão descentralizada e democrática requer um aparato informacional sustentado por indicadores confiáveis, para que haja comunicação de qualidade sobre os problemas e avanços relacionados aos recursos hídricos. O acesso à informação é um direito do cidadão e a sua carência prejudica sua capacidade de tomar decisões que impactarão no seu modo de vida atual e futuro.

A proposta de indicadores feita neste estudo congrega elementos de indicadores apresentados por ANA (2013) e IBGE (2012), além dos índices WPI, CWSI, WSI e WJWSI. Estudos futuros na temática podem visar a validação e a extensão do elenco de indicadores proposto, além de diagnosticar o grau de implementação de políticas de recursos hídricos. Finalmente, ressalta-se que os indicadores de sustentabilidade associados à gestão dos recursos hídricos requerem uma base de conhecimento científico, a qual, frequentemente, é fraca ou inexistente. Por isso, é necessário que o Estado e o setor privado unam esforços visando o desenvolvimento e o aperfeiçoamento dessas ferramentas de gestão.

Referências

- Agência Nacional de Águas (ANA) (2013). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013*. Brasília, DF ANA.
- Agência Nacional de Águas (ANA). Comitês de Bacias Hidrográficas. Disponível em <http://www.cbh.gov.br>. Acesso em 15 de agosto de 2014.
- Akhmouch, A. (2012). Water Governance in Latin America and the Caribbean: a Multi-Level Approach. *OECD Regional Development Working Papers*, 2012/4, OECD Publishing.
- Andreoli, C. V.; Hoppen, C.; Pegorini, E. S.; Dalarmi, O. (2003). A crise da água e os mananciais de abastecimento. In: *Mananciais de Abastecimento: Planejamento e Gestão. Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu*. Curitiba: SANEPAR/FINEP.
- Bauer, C. (1997). Bringing Water Markets Down to Earth: The Political Economy of Water Rights in Chile, 1976-95, *World Development*, 25(5), 639-656.
- Bellen, H. M. van. (2002). *Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). UFSC, Santa Catarina.
- Bellen, H. M. (2006). *Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa*. Rio de Janeiro: Editora FGV.
- Braga, B. P. F; Flexa, R.; Pena, D. S; Kelman, J. (2008). Pacto federativo e gestão de águas. *Estudos Avançados*, 22(63).
- Brasil. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei 9.433/1997.
- Brasil. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 148, de 13 de dezembro de 2012.

- Canada. Water Sustainability Index. Government of Canada. Policy Research Initiative. PRI Project Sustainable Development, 2007.
- Chaves, H. M. L.; Alipaz, S. (2007). An integrated indicator based on basin hydrology environment, life, and policy: the Watershed Sustainability Index. *Water Resources Management*, 21(5), 883-895.
- Chile. Ministerio de Justicia (1981). Decreto con Fuerza de Ley 1122. Fija texto del Código de Aguas.
- Dong, C.; Schoups, G.; Giesen, N. (2013). Scenario development for water resource planning and management: A review. *Technological & Social Change*, 80, 749-761.
- Dourojeanni, A. (2010). Desafíos de la gestión integrada de cuencas y recursos hídricos en América Latina y el Caribe. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, 3(8), 1-13.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012). *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Brasília, DF IBGE.
- Juwana, I.; Muttill, N.; Perera, B. J. C. (2012). Indicator-based water sustainability assesment – A review. *Science of the Total Environment*, 438, 357-371.
- Lawrence, P.; Meigh, J.; Sullivan, C. (2002). The Water Poverty Index: an International Comparison. *Keele Economics Research Papers*, 19.
- Lisboa, A. H. (2013). República Hidrográfica: que coisa é essa? *Revista Águas do Brasil. Rede Brasil de Organismos de Bacia*, 3(8), 23-25.
- Malheiros, T. F.; Phlippi Jr., A.; Coutinho, S. M. V. (2008). Agenda 21 Nacional e Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: contexto brasileiro. *Saúde e Sociedade*, 17(1), 7-20.
- Maranhão, N. (2007). *Sistemas de Indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). UFRJ, Rio de Janeiro.
- Mattar Neto, J.; Kruger, C. M.; Dziedzic, M. (2009). Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 14(2), 205-214.
- Meadows, D. (1998). *Indicators and Information Systems for Sustainable Development. A Report to the Balaton Group*. The Sustainability Institute.
- Organización de Cooperación y Desarrollo Económico y Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (OCDE y CEPAL). (2005). *Evaluación del desempeño ambiental - Chile*.
- Phlippi Jr, A.; Marcon, G.; Grisotto, L. E. G. (2009). Desafios para a Gestão de Recursos Hídricos e o Desenvolvimento Urbano. *Rega*, 6(2), 65-91.
- Rabelo, D. C.; Espluga, J.; Teixeira, E. C.; Brugué, Q. (2014). Citizenship participation in water management plans in the Doce River Basin, Brazil, and Catalonia, Spain. *WaterPolicy*, 16(2), 205-221.
- Retamal, M. A. R.; Andreoli, A.; Arumí, J. L.; Rojas, J.; Parra, O. (2013). Governanzadel agua y cambio climático: fortalezas y debilidades del actual sistema de gestión del agua en Chile. *Interciencia, Revista de Ciencia y Tecnología de América (Journal of Science and Technology of the Americas)*, 38(1), 8-16.
- Toonen, T. (2011). The (changing) Role of National Governance in Multi-level (water) Governance. In *Principles of good governance at different water governance levels*. Papers presented at a workshop held on 22 March 2011 in Delft, the Netherlands. UNESCO.
- Tundisi, J. G. (2008). Recursos Hídricos no Futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*, 22(63).

**BREVES REFLEXIONES SOBRE EL DAÑO AMBIENTAL EN CHILE,
AL AFECTARSE “SERVICIOS ECOSISTÉMICOS”, CON ESPECIAL
REFERENCIA A LA LEGITIMACIÓN ACTIVA DE TALES DEMANDAS**

BRIEF REFLECTIONS ABOUT THE ENVIRONMENTAL DAMAGE IN CHILE
WHEN ECOSYSTEM SERVICES ARE AFFECTED, WITH SPECIAL
REFERENCE TO ACTIVE LEGITIMATION IN SUCH DEMANDS

Verónica Delgado Schneider

FONDAP-Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRIHAM).
vedelgado@udec.cl

Resumen: El objeto de este trabajo consiste en evidenciar la importancia que el concepto de *servicios ecosistémicos* adquiere hoy en la legislación chilena y en la justicia ambiental, especialmente en las demandas y condenas por daño ambiental. Se propone que sirve como criterio para determinar la legitimación activa en estos juicios cuando se dañen componentes naturales del ambiente o ecosistemas

Palabras clave: Ambiente, daño ambiental, legitimación activa, servicios ambientales y servicios ecosistémicos.

Abstract: The purpose of this work is to demonstrate the importance that the concept of ecosystem services acquires today in the Chilean legislation and environmental justice, especially in the demands and the sentences for environmental damage. It is proposed that concept serves as criteria for determine active legitimation in these judgment, when natural components of the environment or ecosystem are damaged.

Keywords: Active legitimation, ecosystem services, environmental, environmental damage, environmental services.

Introducción

SEGÚN LA EVALUACIÓN DE LOS Ecosistemas del Milenio (EEM, 2005) –realizada por un grupo importante de especialistas del mundo sobre el estado de los ecosistemas del planeta, convocada por el Secretario General de la ONU, Kofi Annan el año 2000, que trabajó por cinco años– los servicios ecosistémicos (en adelante SE) son aquellos “*beneficios que el ser humano obtiene de los ecosistemas*”. A su vez, definió ecosistema como un “*complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y comunidades de microorganismos y el medio ambiente no viviente que interactúan como una unidad funcional*” (Art. 2º Convenio de Biodiversidad Biológica).

Estos servicios, según la misma EEM, pueden ser de variada índole: Los servicios de

suministro o de provisión son en realidad productos o bienes obtenidos de los ecosistemas, como alimentos, agua limpia, combustibles, madera, fibra, recursos genéticos, medicinas naturales y otros. *Los servicios de regulación* son los beneficios que se derivan de la regulación de los procesos ecosistémicos: la calidad del aire, regulación climática e hídrica (inundaciones), control de erosión, mitigación de riesgos, regulación de la frecuencia y magnitud de enfermedades, control biológico, tratamiento de desechos (por la filtración y descomposición de desechos orgánicos), polinización etc. *Los servicios culturales* son beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas por medio del enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, reflexión, recreación y turismo. Y los *servicios de soporte o apoyo* son los procesos ecosistémicos y estructuras necesarias para que sea posible la generación y regeneración de los otros servicios ecosistémicos. La diferencia con los otros servicios está en que en los de soporte *los efectos en las personas son indirectos* o se presentan *en períodos de tiempo muy amplios*, tales como la formación del suelo, la producción de oxígeno, retención de suelos, el ciclo de nutrientes y del agua, etc. (EMM, 2005).

Ya se evidenció que, si bien la definición presentada en las conclusiones de la EEM del año 2005 es la que reúne mayor consenso por la academia y es la más seguida en las estrategias públicas internacionales, ella ha sido “mejorada”. Ella los definió como aquellos “beneficios que el ser humano obtiene de los ecosistemas”. Sin embargo, ya en la EMM española de 2011 se prefirió reemplazar la expresión ‘beneficio’ por “contribución”, para restarle un sentido meramente económico, resaltando que los beneficios pueden ser también sociales y ecológicos, y no sólo para la comunidad local, sino indirectamente también a nivel nacional o internacional (Cordero, 2008). Y cuando además se precisa que las contribuciones de los ecosistemas al ser humano pueden ser directas o “indirectas” se rescata además que la visión no sólo es meramente antropocéntrica, pues obviamente se incluyen los llamados servicios de soporte o apoyo, que dicen relación con la sustentabilidad del planeta (Delgado, 2014).

Y esta definición (la española) es la que contiene el *Proyecto de Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas* (Boletín N° 9.404-12) (en adelante, el Proyecto de Ley en Biodiversidad y Áreas Protegidas), de tal manera que, si esta ley se aprueba con dicha definición, ella debe ser aplicada e interpretada por operadores y jueces en ese amplio sentido.

Situación legal de los SE en el país

Los servicios ecosistémicos o ambientales se han incorporado en el ordenamiento jurídico chileno mediante diversas normas en tres materias: bosque nativo (Ley 20.283/2008), caudal mínimo ecológico (D.S. 14/2013) y en el Sistema de Evaluación de Impacto ambiental (D.S. 40/2013), sin ser definidos y mayormente regulados, lo que plantea algunas importantes interrogantes de aclarar determinadas en Delgado (2014).

En materia de bosque nativo y plantaciones, se define limitadamente a los “servicios ambientales” (incluyendo sólo a aquellos derivados de estos dos ecosistemas particu-

lares) y se paga en algunos de ellos una modesta bonificación sólo por extraer ciertos productos no madereros y realizar turismo. En el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) se obliga al Estado y a los titulares de los proyectos presentados a esta evaluación a considerar y evaluar los “servicios ecosistémicos” locales y relevantes para la población, cuando el proyecto se emplace en un territorio no protegido pero de alto valor ambiental por los servicios que presta; y en materia del otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas, el Ministerio de Obras Públicas podrá fijar un caudal mínimo ecológico calificado (o más estricto y protector) cuando el ecosistema esté afectado al punto de perder o disminuir los “servicios ecosistémicos” que presta (Delgado, 2014).

Recientemente el Gobierno, en concordancia con las últimas reformas en la materia, ha propuesto a los SE como concepto central en el proyecto de ley de biodiversidad y áreas protegidas y en el proyecto de ley de protección a glaciares, ambos en actual discusión.

Perfecto parece, pues, el escenario para abordar unas breves reflexiones sobre el daño ambiental, cuando se afectan elementos naturales del ambiente o de un ecosistema en particular y, con ello, los servicios ecosistémicos que presta.

Esta relación entre daño ambiental y SE, como se verá, se analizó en un estudio (DICTUC, 2012) encargado por la Superintendencia de Medio Ambiente sobre metodología –dado que ella debe sancionar por el daño y riesgo inminente de daño al medio ambiente–; se ha empezado también a explicitar en demandas por daño ambiental presentadas por el Consejo de Defensa del Estado; tácitamente se vislumbra en algunas sentencias de daño ambiental conocidas por los tribunales ordinarios en tiempos pasados y, finalmente, explícitamente en un muy reciente fallo del Tribunal Ambiental de Valdivia.

Consideremos, para las reflexiones de las siguientes líneas, que el DICTUC entiende que los componentes del medio ambiente susceptibles de daño ambiental son los siguientes tres: a) la salud humana, b) la biodiversidad y los recursos naturales renovables, y c) el patrimonio sociocultural. En la segunda categoría incluye como subcomponentes a las poblaciones, comunidades, ecosistemas, al paisaje y a los servicios ecosistémicos. Y se señala que “... el daño ambiental sobre los recursos naturales implica necesariamente daños sobre alguno de los componentes de la biodiversidad involucrados en los servicios ecosistémicos que determinan su disponibilidad”.

La regulación y el concepto del daño ambiental en Chile

En Chile la Ley nº 19.300, Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (en adelante, LBGMA), regula la materia en los arts. 51 y ss., bajo el título III ‘De la responsabilidad por daño ambiental’, modificada el año 2010 por la Ley 20.417, y que debe complementarse con las normas de la Ley 20.600 que en el año 2012 crea los Tribunales Ambientales en el país, fijando dentro de su competencia las acciones por daño ambiental y estableciendo un procedimiento para este tipo de acciones y las indemnizatorias por daños

personales derivadas de ese daño ambiental (que serán de competencia de un tribunal ordinario civil). De hecho, se distingue entonces entre la acción para pedir la reparación del daño ambiental “puro” y el daño ambiental “reflejo” en el patrimonio o persona de los particulares (Delgado, 2012).

¿Cuando existe daño ambiental “puro”? La LBGMA define al daño ambiental, para todos los efectos legales, como “toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes (art. 2 letra e)”. Y, a su vez, define en términos muy amplios al *medio ambiente*, como “el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones” (art. 2 letra ll). No sólo es daño ambiental la afectación inferida a uno o más componentes naturales del medio ambiente, sino a cualquiera de sus componentes artificiales, incluidos los socioculturales. De hecho, ya existen varias condenas de daños a este tipo de componentes, como cuando se condenó a reconstruir un monumento histórico demolido, a retirar antenas de telecomunicaciones en una zona típica, o el caso de la destrucción de patrimonio arqueológico como conchales o momias. Además, a diferencia de lo que ocurre con el recurso de protección, la tutela no está sólo circunscrita a lesiones al medio ambiente que afecten la vida del hombre, sino que la ley es clara en señalar que se trata de un sistema que rige y condiciona la existencia de la vida, pero en sus múltiples manifestaciones, como cuando se daña a la flora, fauna, o ecosistemas no habitados etc., casos que, por no importar “contaminación” a “personas”, no han encontrado protección en la sede constitucional, ni siquiera en su fase de amenaza (Delgado, 2012).

Comentario aparte merece la expresión “significativo” que la LBGMA agregó a la definición de daño de Alessandri (1943) y que hoy también existe como requisito en la Unión Europea (Directiva 2004/35/CE) y en la legislación nacional de muchos de sus Estados. Corresponde simplemente a “importante” (como señala el Diccionario de la RAE) y no necesariamente “grave”, como se resolvió erradamente en el caso Vukasovic con Sociedad Agrícola Sacor (Corte de Apelaciones de Santiago, 2007).

Para nuestros tribunales y doctrina, no existe ningún parámetro expreso para que el juez chileno califique un daño de significativo (Valenzuela, 2010) –a diferencia de la reglamentación detallada de la Unión Europea (Anexo I de la Directiva señalada)–. Sin embargo, pueden usarse como criterios por nuestros Tribunales además de este Anexo varias normas del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) que ayudan a evaluar si un proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la “cantidad” y “calidad” de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire, donde el Reglamento del SEIA enlista más de 20 criterios (art. 6) y otro tanto ocurre para evaluar si el proyecto o actividad genera alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos (art. 8) o alteración significativa, en términos de “magnitud” o “duración”, del valor paisajístico o turístico de una zona. (art. 10). Aparte de la cantidad, magnitud o duración del daño, se estima que el juez deberá considerar su calidad, *el valor ambiental de los recursos afectados, el servicio ecosistémico que presta, su capacidad de regeneración* y, obviamente, el carácter de recurso

irreemplazable, como ya lo ha advertido nuestra todavía escasa jurisprudencia (Delgado, 2012).

Pues bien, se revisan ahora algunos fallos en que estos criterios comienzan a utilizarse por nuestros Tribunales, especialmente aquellos de considerar los servicios que el ecosistema afectado dejaría de prestar por el daño del cual fue objeto.

La incorporación de los SE en el concepto de daño ambiental, por los tribunales ordinarios de justicia, que resolvían los casos de daño ambiental antes de la creación de los Tribunales Ambientales

Sin utilizar expresamente la expresión “servicios ecosistémicos”, existen algunos fallos en que, para relevar la significación del daño y justificar la condena, se alude al daño que se causó no sólo a algún componente del sistema sino a los servicios que presta.

Por ejemplo, en el caso “Fisco de Chile con Servicio de Vertederos Los Maitenes”, Rol 493-2011, Sentencia de la Corte de Apelaciones de Concepción, de 15 de septiembre del año 2011, situación en que se contaminaron algunas vertientes del lugar por la caída de un muro que contenía el depósito de basura, en el fallo se reitera que *significativo* corresponde a “importante” y se postula como criterio general que el daño tendría también ese carácter cuando afectare *fuentes de agua de consumo humano* pues puede afectar la salud de las personas, fundándose en que “en la historia de la ley 19.300 queda de manifiesto que esta circunstancia siempre se consideró destacadamente relevante dentro del conjunto de daños ambientales”. Es decir, es significativo el daño que afecta al servicio de provisión y extracción de agua para consumo humano.

Otro caso destacable está contenido en la sentencia (no apelada) del Juzgado Civil de Valdivia, Rol 746-2005, del 27 de Julio de 2013, por el daño ambiental en el Humedal del Río Cruces, en el que el Tribunal resolvió condenar a Celco por haber causado “... un detrimento en un lugar de incalculable belleza reconocido por el Estado de Chile, como un sitio a preservar, daño que afectó no sólo a la fauna, flora, aguas, sino también *su valor paisajístico...*”, refiriéndose en esta última parte a un servicio ecosistémico cultural.

En todo esto es fundamental, por cierto, lo pedido por la parte demandante. En esta investigación se ha constatado que el Consejo de Defensa del Estado ha jugado un rol importante en la introducción del concepto de *funciones* o *servicios de los ecosistemas*, pues, al introducirlo en sus demandas, ha determinado que los descargos, la prueba y en definitiva la sentencia giren en torno a estos conceptos. Por ejemplo, en el caso de Valdivia, la demanda señalaba como afectaciones “... la muerte y desaparición del lucheillo; muerte y emigración de los cisnes de cuello negro del humedal por falta de su alimento primario; *pérdida de la calidad del agua del humedal; daño al ecosistema en su conjunto por los efectos de la interacción de los componentes afectados con los demás componentes del humedal; pérdida de biodiversidad en el ecosistema y la pérdida del valor paisajístico del Humedal*”. Más que el concepto o noción en sí, lo que parece útil a las demandas por daño ambiental es la pormenorización de dichos efectos, los cuales uno por uno pueden incluirse o agruparse, en un ejercicio final, en una u otra categoría de servicios ecosistémicos y así lograrse su reparación.

La incorporación decisiva y expresa de los SE en el concepto de daño ambiental por nuestros nuevos Tribunales Ambientales

Con distintas intensidades, los SE se han incorporado en la discusión de las demandas por daño ambiental conocidas por nuestros Tribunales Ambientales.

El Tribunal Ambiental de Santiago resolvió el 29 de noviembre de 2014, el caso del daño ambiental causado por la Sociedad Servicios Generales Larenas Limitada en el cauce del río Duqueco, afluente del Bío-Bío, por la actividad de extracción de áridos, causa Rol 5-2013. El demandante Consejo de Defensa del Estado señaló que estas actividades afectaron "... el ecosistema, su biodiversidad y que existiría *pérdida de servicios* por cuanto el agua permite el nacimiento y mantención de ecosistemas diversos y muy productivos que prestan diversos sentidos ambientales, entre los cuales se pueden destacar, el ser base para dotar de agua para uso doméstico, industrial y agrícola, proveer de belleza escénica para el turismo y recreación, evitar inundaciones, permitir la recarga de los acuíferos y constituir una de las bases fundamentales para la biodiversidad. Asimismo proveen de alimento y medicina a las poblaciones humanas y la vida silvestre y acuática". Sin embargo y por falta de prueba, se terminó sólo condenando a "restaurar la dinámica hidráulica del cauce del río Duqueco al trazado y profundidades que tenía antes de la extracción de áridos, y restablecer el hábitat de las especies de fauna íctica amenazada." Además se tomaron algunas medidas cautelares en relación a la estabilidad de un puente.

Sin cuestionar el fondo del asunto en esta sede, nos parece relevante destacar las reflexiones –ahora explícitas y decisivas– del Tribunal Ambiental de Valdivia en torno a los servicios ecosistémicos y su relación con el concepto de daño ambiental, con ocasión del rechazo a la demanda en el caso caratulado Jaque Blu, Juan Carlos y Otro con Inmobiliaria Quilamapu Ltda. y otro, Rol D-5-2015, el 12 de Septiembre de 2015.

La demanda fue rechazada por no existir daño ambiental (en el sentido de daño ambiental puro, público o colectivo) sin perjuicio de los eventuales daños personales a reclamar. Sin embargo, en lo que aquí interesa, se extraen las siguientes reflexiones de la sentencia del Tribunal, que comparto absolutamente:

1. Que de la definición legal de medio ambiente se desprende que el valor que el sistema legal protege es la vida y existencia que se desarrolla en él, pero no sólo de los seres humanos sino también *de los demás seres vivos*.
2. Se propone una interpretación contextual de las siguientes definiciones de la LBGMA: medio ambiente, contaminación, recursos naturales, preservación de la naturaleza, diversidad biológica y conservación del patrimonio ambiental.
3. Concluye que la protección del medio ambiente se extiende a múltiples dimensiones y *que todas ellas deben considerarse* en el régimen de responsabilidad civil por daño ambiental.
4. Que estas dimensiones son: "... a) como fuente de bienes y servicios para el uso de los seres humanos (ej., recursos naturales que proveen los ecosistemas); o b) como lugar que presenta condiciones que hacen posible la vida y el desarrollo de las especies y de los ecosistemas del país (preservación); o c) como componentes propios y únicos de nuestro país, escasos o representativos, con el objeto

de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración (conservación del patrimonio ambiental)".

5. Mediante la interpretación contextual concluye que la definición de daño ambiental "... se entiende como algún daño inferido al medio ambiente, ya sea éste entendido como a) *fuerza de bienes y servicios para el uso de los seres humanos*".
6. Que el concepto de *ecosistema* permite a) confinar las controversias ambientales a un espacio concreto del medio ambiente y b) conocer el tipo de sustento vital que esta unidad básica de la naturaleza brinda, y ejemplifica servicios citando a Groot *et al.* (2010).

En base a estas consideraciones, haré algunas otras reflexiones y propuestas:

1. Cuando se dañan componentes naturales del medio ambiente, es correcto entender como daño ambiental toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido a un ecosistema o a uno de los servicios ecosistémicos que presta. Se trata de identificar, ahora en detalle, en terreno, el ecosistema específico dañado, incluyendo expresamente el análisis de los servicios que se dejarán de prestar o se prestarán de una manera deficiente en comparación como se brindaban antes de la acción u omisión dañosa.

2. Incorporar dentro de la demanda de reparación del daño ambiental (y en su prueba) el daño a los servicios que un determinado ecosistema pueda brindar, hace que la reparación sea sin duda más completa, que se asuma lo complejo que es el funcionamiento de un ecosistema, de tal manera que la afectación a uno de sus componentes puede traducirse en muchas y diversas consecuencias y, obviamente con ella, que ella resulte más onerosa. Simplemente reforestar un bosque talado u ordenar dragar un lago contaminado, no asegura que el ecosistema recupere en el tiempo todos los servicios que prestaba. De esta manera, las condenas por daño ambiental deberán incorporar expresamente la obligación de recuperar estos servicios y considerar además obligaciones de monitoreo durante el tiempo necesario para que las funciones prestadas por el ecosistema se puedan restablecer.

3. Desde el punto de vista de la definición legal de "reparación", considerar que la afectación, alteración o pérdida de los SE constituye un daño ambiental hará más fácil en la práctica dar (o no) por satisfecha la obligación de reparar el daño al condenado. Nuestra ley ambiental es realista y estima cumplida la obligación de reparar cuando al menos el condenado logra "reponer el medio ambiente o uno o más de sus componentes a una *calidad similar* a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus *propiedades básicas*." (art. 2 letra s). Si un determinado ecosistema es el dañado, resulta entonces que se debe estimar cumplida la obligación de reparar, sólo cuando se tomen medidas que logren restablecer los servicios ecosistémicos que se prestaban con la misma calidad que tenían (por ejemplo, dotar de agua potable), y si ello no es posible, al menos que ellos cumplan sus propiedades básicas (como proveer de agua, pero ahora sólo con calidad para riego o recreación).

4. Esta incorporación de los servicios ecosistémicos como elementos integrantes del medio ambiente (específicamente de un ecosistema) y, en consecuencia, del daño ambiental, está en absoluta concordancia con la reciente modificación del *Reglamento del SEIA* que incluye como criterio para evaluar el valor ambiental de un territorio (aún no protegido) el hecho que preste servicios ecosistémicos. De la misma manera, es coherente con la reciente modificación al Reglamento para calcular el caudal ecológico mínimo, que permite imponer un caudal mucho más estricto a respetar, cuando el ecosistema en cuestión deje de prestar sus servicios ecosistémicos, tratando de evitar un daño mayor.

5. El proyecto de ley de biodiversidad y áreas protegidas crea, en materia infraccional administrativa, una figura especial de “afectación a los SE” que estimo mal diseñada.

En efecto, el proyecto de ley distingue entre infracciones gravísimas o graves, según si se afecte o no “gravemente” a los servicios ecosistémicos. Pero el proyecto considera también, como otra infracción diferente, el haber causado un daño ambiental (que siempre es significativo, pero no necesariamente grave como se ha dicho), caso que también podrá constituir infracción gravísima o grave, según si se pueda o no reponer este daño a sus propiedades básicas. En otras palabras, distingue entre el daño ambiental y la “afectación” a los servicios de un ecosistema. En el primer caso, el daño ambiental será infracción gravísima cuando este daño no sea susceptible de reponerse en sus propiedades básicas (es decir sea irreparable); mientras que en el segundo caso, habrá infracción gravísima cuando la afectación a los servicios ecosistémicos revista el carácter de “grave”. Siendo la afectación a estos servicios un tipo de daño ambiental debiera recibir, en todo, el mismo tratamiento. Otras recomendaciones en Delgado (2014).

6. Los SE son un elemento o criterio útil para determinar *la legitimación activa* en materia de daño ambiental.

Los legitimados, de acuerdo al art. 54 de la LBGMA (y art. 18 número 2 de la ley 20.600), son el Estado, las Municipalidades y las personas naturales o jurídicas que hayan *sufrido* el daño. Se trata de una legitimación muy limitada, que ha hecho fracasar el número de acciones ejercidas en estos 20 años, que no se condice con el carácter colectivo de los intereses en juego y que al menos debiera permitir la acción de las ONG, aunque postulo incluso que la ley debiera reformarse para permitir la legitimación activa popular, como ocurre con otros interdictos y acciones de nuestro Código Civil, donde están en juego el mismo tipo de intereses (Delgado, 2005) considerando además que la demanda por daño ambiental es sólo de una reparación *in natura* y no en dinero (Delgado, 2012).

Pues bien, cuando se trata de determinar si el accionante tiene o no la calidad de persona que haya “sufrido el daño”, los tribunales exigen normalmente acreditar un perjuicio en el patrimonio o salud del accionante. Sólo a partir del fallo del 20 de marzo de 2015, que conoció el Tribunal Ambiental de Santiago en causa caratulada “Rubén Cruz Pérez y otros con Compañía Minera Nevada SpA”, Rol 2-2013, que rechaza la demanda por daño ambiental en los glaciares, preglaciares etc., por la actividad del proyecto minero Pascua-Lama, se puede encontrar un razonamiento más cercano al carác-

ter de colectivo de lo que está en juego (sea respecto a los bienes *comunes* afectados o los efectos difusos colectivos que se producen en las personas o ambiente).

En dicho fallo se reconoce el error denunciado por Valenzuela (2010) cuando la ley usa la expresión "sufrido el perjuicio" y se busca fijar criterios que permitan establecer una legitimación activa adecuada al conflicto a resolver. El fallo es relevante pues se abrió a soluciones que desde hace ya tiempo existen en la jurisprudencia comparada, poniéndose al día al menos en algunos aspectos y reconociendo que los criterios que se darán siempre dependerán de las particularidades del caso específico que deban resolver.

Respecto a las personas naturales o jurídicas que hayan sufrido el daño, se señala que deberán acreditar un perjuicio diferente al meramente personal o patrimonial que las habilita para demandar indemnización de perjuicios en sede ordinaria civil. Se señala expresamente que "la acción de reparación se distingue de la acción de indemnización, por cuanto la primera reconoce titularidad activa a las personas naturales o jurídicas, de derecho público o privado, que hayan sufrido el daño o perjuicio; las Municipalidades y el Estado; pero respecto de la segunda, se ha reservado su ejercicio únicamente a quien ha sido directamente afectado... Lo anterior revela que el daño o perjuicio exigido para generar la legitimación activa no es el mismo en las dos acciones posibles. En la acción de indemnización, el daño o perjuicio consistirá en un detrimento en la persona o patrimonio del directamente afectado, mientras que en la acción de reparación, claramente no se refiere a un detrimento patrimonial privado. Se trata de otra clase de daño." (Considerando noveno).

Al preguntarse sobre cuál es ese daño entonces que habría que acreditar para demandar, el fallo señala que respecto a las personas naturales se determina si tienen o no legitimación activa usando el criterio del "entorno adyacente" de Jorge Bermúdez en virtud del cual, citando a De la Barra, señala que "si existe una titularidad colectiva o común respecto de los bienes ambientales, lógico será que cualquiera que habite en ese entorno pueda entender que ha sufrido un daño o perjuicio, toda vez que ese entorno sufre un daño significativo" (Bermúdez, 2014).

Y, dado que el proyecto Pascua-Lama cuenta con resolución de calificación ambiental, el Tribunal asimila este entorno adyacente al "área de influencia" del proyecto, concluyendo que gozarán de legitimación activa aquellos que "viven y desarrollan actividades en lugares incluidos en dicha área de influencia." Y de hecho, se reconoció como accionantes a 17 personas por el solo hecho de habitar en dicha área o desarrollar actividades; y se desechó la legitimación de otras 4 personas que fijaron en la demanda un domicilio ubicado en un lugar no situado en dicha zona y no acreditaron trabajar en ella. La solución es bastante más amplia y razonable que la que antes se daba, aunque creo que la tesis de Bermúdez es más amplia todavía de lo que aquí se ha querido establecer, por lo que más adelante diré.

Respecto a las personas jurídicas, también el fallo es un avance importante pues señala expresamente ser partidarios que las personas jurídicas (ONGs, etc.) puedan presentar demandas por daño ambiental. Admitiendo en principio que la regla del entorno adyacente aquí no se puede usar de manera estricta, se exige que sus estatutos determinen que su objeto sea la protección ambiental (o del componente específico de que se

trate) y que pueda, además, accionar en juicio a nombre propio. Y será por esta última exigencia (absolutamente injustificada) que se rechazará la legitimación activa de la ONG, salvo por el ministro Rafael Asenjo que, en voto de minoría, da por acreditada dicha legitimación considerando la información recabada desde la página web de la organización, en relación a la labor que realiza, el conocido historial de OLCA en relación a conflictos ambientales como el de autos pues “es posible presumir dentro de su objeto estatutario, entre otros fines, la capacidad para comparecer por sí misma ante este Tribunal por causas ambientales”. No coincido con el fallo de mayoría (y en alguna medida tampoco con la de minoría) pues ambos razonan sobre un requisito que no existe en nuestra legislación y que de alguna manera concentra la discusión en cuestiones más bien formales. Coincido en que el objeto de la ONG debe ser el de protección ambiental (incluso expuesto en términos generales) pero de ahí exigir que expresamente se haya considerado en los estatutos comparecer en juicio, en una materia en la que sostenidamente la jurisprudencia (especialmente en sede del recurso de protección) les negó ese derecho por años, parece poco realista exigiendo demasiado para los vientos que soplaban en el país, más aún cuando en materia del consumidor, donde existe un interés colectivo también en juego, tampoco se exige esta limitante. Además, dicha calificación de accionar en juicio sin distinción se reconoce como consecuencia natural y propia de ser sujeto de derecho, del reconocimiento mismo de la personalidad jurídica al ente, la cual quedaría desprovista de actuación y protección de sí misma y del desarrollo de su objeto. Seguramente a partir de este fallo, muchas ONG deberán agregar inoficiosamente esta facultad en sus estatutos, incluso OLCA que para aquellos que trabajamos en ambiental hace años, realiza indiscutidamente una labor de defensa importante, que acredita su interés permanente y comprometido por temas ambientales.

Reconociendo que los criterios utilizados son, sin duda, aportes importantes para establecer reglas para resolver de manera más objetiva el problema de la legitimación activa, puede sostenerse que la tesis de Bermúdez (o como la aplicó el Tribunal en este caso y en otro anterior en que también el entorno adyacente se asimiló al área de influencia del proyecto) puede presentar algunas dificultades en la práctica. Los proyectos que ingresan al SEIA determinan diferentes áreas de influencias según el componente ambiental de que se trate: agua, suelo, etc. (y pueden haber varios de estos componentes afectados en un caso de daño ambiental). Además muchas veces los titulares de proyectos reconocen un área de influencia sólo “directa” pese a que el impacto ambiental se defina legalmente y, por ende, la evaluación ambiental debiese considerar toda alteración al medio ambiente que directa o “indirectamente” cause el proyecto (art. 2 letra ll), aunque esto se haga a veces con la anuencia tácita del Estado, pues no se exige precisar mejor el área de influencia pero se exigen medidas de mitigación o reparación más allá del área de influencia directa y originalmente considerada. Por ende, puede que en un caso concreto la legitimación activa se determine porque el accionante habite o trabaje en un lugar no incluido en el área de influencia directa del proyecto, pero sí en la indirecta; o que esta área esté mal determinada o que no se haya considerado alguna para el componente en cuestión (pues no se previó el impacto que luego se dio), etc.

En estos casos, el criterio de la asimilación no servirá (o llevará a una decisión injusta) y deberemos buscar otro criterio, que pueda aplicarse también a proyectos que no han ingresado al SEIA.

Aplicando la tesis de Bermúdez, como fue originalmente planteada (es decir, sin la asimilación), tienen legitimación activa “aquellos que, sin tener un interés patrimonial, consideran que el daño al medio ambiente le afecta, cuestión que se explica a través de la tesis del entorno adyacente.” Y cuando uno retrocede en el libro (Bermúdez, 2014) a las primeras páginas, queda claro, que en el contexto del recurso de protección para amparar el derecho a vivir en un medio libre de contaminación, el entorno adyacente incluye todos aquellos lugares en que el individuo puede desarrollarse, puede recrearse, en el fondo vivir bien, y no sólo donde vive o trabaja. Se afirma acertadamente que si se trata de afectaciones a la vida, la salud, a la propiedad existen otras garantías constitucionales que impetrar. El art. 19 n° 8 no protege el derecho a vivir, sino el derecho de las personas a “vivir bien” y, en consecuencia, debe descartarse como legitimados a aquellos que residen lejos del río contaminado, pero si están legitimados aquellos habitantes de las ciudades aledañas a su cauce, así como los agricultores que aprovechan sus aguas..., ya que incidirá de forma más que previsible en sus posibilidades de realización espiritual y material que excedan a la esfera más inmediata de derechos del individuo (por ejemplo, imposibilidad de pasear, de nadar, de pescar, de contemplar el paisaje, de descansar etc.) (Bermúdez, 2014). Nótese cómo los ejemplos hacen referencia a diversos servicios ecosistémicos culturales que el río presta a las personas “directamente”.

En suma, es importante destacar dos puntos: primero, el contexto en que fue desarrollada la tesis de entorno adyacente y, segundo, que ella ha sido aplicada en el fallo comentado de manera más limitada a cómo se formuló (limitándola a las personas que habitan o trabajan en el lugar afectado con el daño).

La tesis del entorno adyacente fue efectivamente planteada en el ámbito del recurso de protección para amparar el derecho *de las personas* a vivir en un medio ambiente *libre de contaminación*, es decir, en un ámbito concreto y bastante limitado, por las expresiones usadas por el constituyente, aquí destacadas. De hecho el mismo autor reconoce que “en este trabajo se analiza el medio ambiente de las personas, necesario para que puedan desarrollarse con una buena calidad de vida. Por el contrario, cuando de lo que se trata es de la protección ambiental como tal, es decir, la actividad que impone al Estado un deber de cuidado del entorno, no podrá considerarse el ambiente sino desde la perspectiva sistémica, tal como lo señala el art. 2 letra ll) LBGMA” (Bermúdez, 2014).

Pues bien, esa visión ecosistémica es lo que aquí se desarrollará como criterio general en materia de legitimación activa, respecto a las personas que hayan “sufrido” el daño ambiental.

Se propone, en definitiva, como criterio único o complementario de los anteriores, que afectándose elementos naturales del medio ambiente o un ecosistema o a alguno de sus componentes, se reconozca la legitimación activa a todo aquel que acredite haber disfrutado o ser beneficiario o usuario de los servicios que prestaba el ecosistema antes de la afectación o menoscabo que prestaba de mejor manera; no limitándose por cierto sólo a los casos en que se acredite daño a la salud o a la propiedad que se tenga en los terrenos o respecto a los títulos que habilitan el acceso a los recursos naturales (concesiones, derechos de aguas, etc.).

Quizás estos usuarios o beneficiarios directos del ecosistema afectado coincidan con los que habitan en el entorno adyacente a la zona afectada, pero como estos servicios son de tan diversa índole, seguramente en muchos otros casos la legitimación ac-

tiva se ampliará, alcanzando a quienes realmente, en la práctica, son o serán afectados en el sentido señalado.

En consecuencia, podrían accionar no sólo aquellos que se enfermen al beber agua contaminada sino aquel que extraiga habitualmente agua subterránea de un pozo en suelo propio (sin derechos de agua y sin haberse enfermado aún) en la cuenca contaminada o los miembros de un pueblo originario que desarrollaba allí rituales ancestrales. O podrá accionar, no sólo aquel dueño de un bosque talado (en que se perdió además toda la vida existente, zonas de anidación etc. en el lugar) sino aquel que usaba ese ecosistema con fines recreativos para mejorar su calidad de vida (como decía Bermúdez) sino además aquellas personas que trabajan o que en sus estatutos consideran la preservación o conservación de la fauna o flora amenazada. O podrá accionar, por el daño a un área protegida, no sólo el Estado, sino todo aquel usuario del lugar incluyendo por cierto al que visitaba el lugar gozando de su belleza escénica pero también aquel que, aguas abajo, recibía aguas de mejor calidad por existir el bosque del parque en la zona alta de la cuenca. O podrá accionar, en el caso del relleno de una zona de anidación de un humedal, no sólo los anteriormente nombrados, sino también aquel que seguramente en el invierno futuro será objeto de la inundación de su casa, por ubicarse en la nueva zona que el humedal buscará para que sus aguas se movilen ahora que fue rellenado. Es decir, incluyo a los usuarios o beneficiarios de los servicios de suministro, aprovisionamiento o de provisión, de regulación y los servicios culturales. Excluyo sólo a los beneficiarios de los servicios de soporte o apoyo, pues son efectos en las personas realmente indirectos o su ocurrencia es en períodos de tiempo muy amplios, como son la formación del suelo, la producción de oxígeno, el ciclo de nutrientes, etc.

En el caso comentado, debería haberse revisado la legitimación de las cuatro personas naturales excluidas, no sólo atendiendo al lugar de su domicilio, sino a si eran o no usuarios del agua que deriva de los glaciares o periglaciares supuestamente afectados o si ellos los proveían de otros servicios ecosistémicos, incluso indirectos. Obviamente estas personas no argumentaron ni rindieron probanza alguna en este sentido, pero el Tribunal tampoco reflexionó en este sentido, bastándole el criterio del lugar del domicilio o trabajo, factores que –reitero– no son los únicos que Bermúdez considera y menos aún que bastan a quien escribe estas líneas.

La tesis propuesta exige, por cierto, que el legitimado *justifique y acredite* su derecho a accionar en el sentido propuesto. En el fallo del Tribunal Ambiental de Valdivia arriba comentado, se señala, en el considerando 19, respecto al daño ambiental (pero no respecto a la legitimación activa), que “Tratándose de aspectos del *medio ambiente que deriven de la naturaleza*, el demandante deberá indicar cuál es el ecosistema afectado, y qué elementos y/o procesos han experimentado pérdida, disminución, detrimento o menoscabo, comprometiendo su capacidad de a) *proveer servicios ecosistémicos...*” (lo destacado se ha hecho aquí).

Esta propuesta amplía la legitimación activa en caso de afectación a elementos naturales, pero nunca llegará a ser popular, como me gustaría. Si bien se propuso una acción popular para las demandas por daño ambiental en la Ley 19.300, ella no prosperó y tampoco este gobierno corrigió la redacción en las normas de la legitimación activa en la Ley 20.600 (que se limitó a copiar textual la anterior), pese a todas las críticas realiza-

das a dicha norma. Ampliar la legitimación activa hasta lo popular, hasta cualquiera del pueblo, se rechaza entre otras razones por existir el temor a que se presenten demandas temerarias por inescrupulosos, aún cuando el derecho comparado de Colombia y Brasil, por ejemplo, nos ofrecen remedios ante estas situaciones.

Es importante reiterar la popularidad es parte del sistema jurídico romanista del cual formamos parte. Los interdictos populares existían en Roma cada vez que se comprometía el uso común de las cosas que pertenecían al pueblo romano y que Andrés Bello sabiamente recogió en el art. 948 del Código Civil, como se explica en Delgado (2005) y en el art. 2333 para amenazas de daño a personas indeterminadas, como destacan Díez y Delgado (2003) y Díez (2005) comentando el primer fallo de esta acción popular preventiva en Chile. Por lo demás, gracias a estas acciones (repetidas en el Código Civil ecuatoriano), se logró la condena de daño ambiental más onerosa de la historia, en el caso de los daños causados en ese país por la empresa Chevron en las aguas, suelos y biodiversidad por actividades petroleras.

Y ese es el punto que nos motiva en estas líneas: una legitimación activa restringida impide el acceso a la justicia ambiental a la que como país nos hemos comprometido asegurar desde la Cumbre de la Tierra en 1992 y que, en la práctica, se ha traducido en que pocos daños se demanden reparar, con la consiguiente pérdida para nuestro medio ambiente y el de las generaciones futuras.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado gracias a CONICYT 2013- FONDAP N° 15130015, Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM). La autora agradece la colaboración de Óscar Reicher Salazar, Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de Concepción.

Referencias bibliográficas

- Alessandri, A. (1943). *De la responsabilidad extracontractual en el derecho civil chileno*. Santiago: Imprenta Universitaria.
- Bermúdez, J. (2014). *Fundamentos de derecho ambiental*. 2ª Ed. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, pp. 64-65 y 134-136.
- Cordero, D. et al. (2008). *Manual para el desarrollo de mecanismos de pago/compensación por servicios ambientales*. Quito: GTZ e INWENT. Equipo Regional de Competencia y Programa GESOREN, GTZ-Ecuador. Deutsche Gesellschaft für Zusammenarbeit (GTZ), GmGH. p. 115.
- Corral, H. (1996). Daño Ambiental y responsabilidad civil del empresario. La Ley de Bases Generales del Medio Ambiente. *Revista Chilena de Derecho*, 23(1), 143-177.
- Delgado, V. (2005). La protección del Medio Ambiente a través de las acciones populares del artículo 948 del Código Civil de Andrés Bello: Un estudio histórico-comparativo. *Sesquicentenario del Código de Andrés Bello. Pasado, presente y futuro de la codificación* (pp. 907-937). Santiago de Chile: LexisNexis.
- Delgado, V. (2012). La responsabilidad civil extracontractual por el daño ambiental causado

- en la construcción u operación de las carreteras. *Revista de Derecho de la Universidad Austral de Chile*, XXV(1), 47-76.
- Delgado, V. (2014). Servicios ecosistémicos y ambientales en la legislación chilena. *Actas de las VII Jornadas de Derecho Ambiental* (pp. 533-559). Santiago: Centro Derecho Ambiental, Universidad de Chile.
- Delgado, V. y Diez, J. L. (2003). Algunas útiles herramientas olvidadas en nuestra práctica del “derecho de daños”. *Revista de Derecho Universidad de Concepción*, 214(2), 143-150.
- Diez, J. L. (2005). Jurisprudencia: Notas sobre la acción preventiva de daños del artículo 2333 del Código Civil: a propósito de un fallo reciente. *Revista de Derecho Universidad de Concepción*, N° 218-219, año LXXIII, 317-321.
- DICTUC (GreenLabUC Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A) (2012). *Metodología para la determinación y caracterización del daño ambiental y del peligro de daño ocasionado* (Informe Final).
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España (2005). ¿Cómo se ha llevado a cabo la Evaluación de Ecosistemas del Milenio de España? La trama conceptual de referencia aplicada a España. *Informe Síntesis. Ecosistemas y Biodiversidad de España para el bienestar humano. Evaluación Ecosistemas del Milenio España*. Madrid, pp. 22-47.
- Valenzuela, R. (2010). *El derecho ambiental, presente y pasado*. Santiago: Editorial Jurídica de Chile, pp. 56-59.

EXPOSIÇÃO ÀS ENCHENTES E CAPACIDADE ADAPTATIVA: INDEFINIÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS

EXPOSURE TO FLOODS AND ADAPTIVE CAPACITY:
INDEFINITION OF PUBLIC POLICIES

Nayara Dos Santos Egute^{*1}, Donald Robert Nelson^{**}, Sonia Maria Viggiani Coutinho^{*},
Michelle Fatima De Ramos^{*}, Amanda Silveira Carbone^{*}, Arlindo Philippi Jr.^{*}

^{*}Universidade de São Paulo – USP; ^{**} University of Georgia

¹Nayara.egute@usp.br

Resumo: A Cidade de São Paulo é particularmente vulnerável a eventos hidrológicos extremos como as enchentes, devido ao seu histórico de ocupação e uso do solo. Um exemplo de política pública para adaptação a esses eventos é a implantação de Parques Lineares. No Jardim Pantanal, área deste estudo, está prevista a implantação do Parque Várzeas do Tietê. Esta área é caracterizada por comunidades vivendo em assentamentos informais localizados na várzea do Rio Tietê e, desta maneira, expostas frequentemente às enchentes. A situação de informalidade e a incerteza sobre os programas e soluções do governo para a área, os tornam mais vulneráveis e comprometem suas habilidades atuais e futuras em responder às enchentes. No complexo contexto metropolitano, este estudo tem por objetivo caracterizar a influência percebida de programas do governo para enchentes sobre a capacidade adaptativa da comunidade frente às enchentes. A metodologia consistiu em entrevistas semiestruturadas. Os resultados sugerem que ações autônomas de adaptação como, por exemplo, investimentos em medidas estruturais nas residências, não são realizadas, devido à incerteza ocasionada pela implementação lenta de políticas públicas. Em longo prazo esta incerteza reduz as opções e alternativas disponíveis para que as pessoas possam se organizar e responder de maneira mais eficaz em caso de um próximo evento climático.

Palavras-chave: Enchentes, Adaptação, Assentamentos Informais, Parque Linear.

Abstract: The city of São Paulo particularly vulnerable to climate change's events such as floods due to its history of occupation and land use. An example of public adaptation policy in flood control is the implementation of Linear Parks. In Jardim Pantanal, study area, the implementation of the Parque Várzeas do Tietê is expected. This area is characterized by communities living in informal settlements in the bed of the Tietê River therefore exposed to floods. The informality and the uncertainty about government programs and solutions for this area make the community more vulnerable compromising their current and future ability in responding to floods events. In the complex metropolitan context, this study aims to characterize the perceived influence of government flood programs on the adaptive capacity of a community to floods. The methodology consisted in semi-structured interviews. Results suggest that autonomous adaptation actions such as investments in flood control structures in their houses are not made, because of the uncertainty caused by the slow implementation of public policies. In the long term, this uncertainty reduces the options and alternatives available so that people can organize themselves to respond more effectively in the case of an upcoming event.

Keywords: Floods, Adaptation, Informal Settlements, Linear Park.

Introdução

CIDADES CRESCEM e modificam-se por ações das atividades diárias, com formas particulares de apropriação, intervindo no espaço de maneiras variadas. A partir dessas intervenções, sem que sejam tomadas providências, começam a surgir problemas diversos (Cassilha e Cassilha, 2009).

Os territórios das cidades continuam a ser ocupados, ainda que o rumo tomado pelo crescimento urbano não tenha respondido satisfatoriamente às necessidades, tais como: trabalho, abastecimento, transporte, saúde, energia, água, entre outras (Maricato, 2000).

Diversas ocupações ocorreram de maneira informal em áreas públicas e privadas, originando os assentamentos informais, os quais, segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, são denominados como aglomerados subnormais¹. No Município de São Paulo estes aglomerados se configuraram como periféricos, distantes da área central e com número de domicílios particulares ocupados de 355.756 unidades (IBGE 2010).

A expansão urbana desordenada no sentido da periferia fez com que as ocupações chegassem mais próximas às várzeas dos rios, como, por exemplo, a do Rio Tietê. De tal modo que as águas que antes tinham o solo permeável e os rios com seus leitos de inundação preservados, agora não dispõem mais dessas estruturas naturais para proporcionar drenagem (Tucci, 2008), ocasionando enchentes.

Neste cenário, a ocorrência de enchentes em espaço urbano s tornou-se um problema recorrente que pode agravar-se em cenários de mudanças climáticas.

A pesquisa tem como *locus* o bairro do Jardim Pantanal, localizado no extremo leste do Município de São Paulo, fazendo parte da Bacia do Alto Tietê. Desenvolvido próximo às várzeas do Rio Tietê, é caracterizado pela expansão de sua população em assentamentos informais.

A escolha da área justifica-se por ser uma região em que a população possui alto índice de vulnerabilidade. De acordo com o IPVS - Índice Paulista de Vulnerabilidade Social - Versão 2010, a área está inserida no Grupo 6 deste índice - Vulnerabilidade muito alta (Seade, 2013).

A vulnerabilidade é definida por Adger (2006) como estado de susceptibilidade de se prejudicar, resultante da exposição de estresse associada às mudanças ambientais e sociais e à ausência de capacidade para se adaptar.

No caso da exposição às enchentes, a vulnerabilidade em comunidades não é somente um produto de sua localização física, mas também de um produto social (Few, 2003), conforme será discutido adiante.

A avaliação da vulnerabilidade pode ser realizada em escala local, em comunidades, por meio da avaliação participativa. Por este meio é possível levantar informações da natureza da vulnerabilidade, seus componentes e determinantes (Smit e Wandel, 2006).

¹ Aglomerados Subnormais - diversidade de assentamentos irregulares existentes no País, conhecidos como: favela, invasão, grota, baixada, comunidade, vila, ressaca, mocambo, palafita, entre outros (IBGE, 2010).

Esse tipo de avaliação tem por objetivo identificar estratégias de adaptação que sejam factíveis e práticas para a realidade local de modo a reduzir as vulnerabilidades e aumentar a capacidade adaptativa dos sistemas.

A adaptação, no contexto das dimensões humanas de mudanças globais, usualmente refere-se a um processo, ação ou consequência em um sistema (família, comunidade, grupo, seção, região, país) a fim de que o sistema enfrente melhor, gere ou se ajuste a alguma condição de mudança, estresse, perigo, risco ou oportunidade (Smit e Wandel, 2006).

De acordo com o IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change* (2007, p. 294), adaptação pode ser dividida em duas categorias:

- Autônoma: implementação contínua que utiliza o conhecimento e a tecnologia existente em resposta as alterações climáticas;
- Planejada: aumento da capacidade adaptativa por meio da mobilização de instituições e políticas governamentais a fim de se estabelecer ou fortalecer condições favoráveis para uma adaptação efetiva e investimentos em novas tecnologias e infraestrutura.

As adaptações autônomas, desenvolvidas para se ajustar a uma situação, não resultam somente das habilidades internas de um indivíduo, podendo ser influenciadas por fatores externos como, por exemplo, diretrizes propostas pelo governo (adaptações planejadas), que não necessariamente consideram ou oferecerem opções de resposta no âmbito individual. Portanto, o estudo deve abarcar estas duas situações.

A habilidade para se adaptar e enfrentar os impactos associadas a essas mudanças é uma função da riqueza, conhecimento científico e técnico, informações, habilidades, infraestrutura, instituições e equidade (IPCC, 2001). De forma geral, as populações mais pobres e com piores índices de desenvolvimento, são as mais vulneráveis à mudança do clima que, por sua vez, vem intensificar problemas ambientais, sociais e econômicos já existentes (Brasil, 2008).

Para que a adaptação possa ser considerada como bem sucedida deve resultar em uma situação igual ou melhorada quando comparada com a condição inicial, reduzindo-se a vulnerabilidade. Por sua vez, respostas consideradas menos bem sucedidas permitem recuperação no curto prazo, mas a vulnerabilidade ainda permanece. Porém, o que ultimamente vem determinando o sucesso ou insucesso da adaptação é a capacidade adaptativa do sistema, que caracteriza a habilidade de um sistema, grupo, ou indivíduo de mobilizar recursos para se preparar e responder a estresses atuais e percebidos (Lemos *et al.*, 2013).

A capacidade adaptativa é gerada pela interação de fatores determinantes, que variam em espaço e tempo. Os determinantes dessa capacidade existem e funcionam diversamente em diferentes contextos. Varia de país para país, de comunidade para comunidade, entre grupos sociais e indivíduos, e ao longo do tempo. Não varia só em termos de valor, mas também de acordo com a sua natureza (Smit e Wandel, 2006).

De acordo com Lemos *et al.* (2013) os fatores determinantes da capacidade adaptativa encontrados na literatura são Capital Humano, Informação e Tecnologia, Recursos Materiais e Infraestrutura, Organização e Capital Social, Capital Político, Capital Financeiro e Instituições e Direito de Posse.

Neste artigo, serão abordados três destes determinantes (Tabela 1).

Tabela 1. Determinantes da Capacidade Adaptativa.

Determinantes	Inclui
Capital Humano	Conhecimento (científico, local, técnico e político), nível de educação, saúde, percepção individual de risco, trabalho
Informação e Tecnologia	Redes de comunicação, liberdade de expressão, transferência de tecnologia e troca de dados, capacidade de inovação, sistemas de alerta, relevância tecnológica
Recursos Materiais e Infraestrutura	Transporte, infraestrutura hídrica, construções, saneamento, fornecimento e gerenciamento de energia, qualidade do meio ambiente

Fonte: Adaptado de Lemos *et al.*, 2013.

Ações de adaptação do governo para as enchentes

As ações de adaptação do governo, com foco em enchentes, podem ocorrer por meio de abordagens estruturais e não estruturais. As primeiras referem-se a qualquer infraestrutura construída com o intuito de reduzir ou evitar os impactos de ameaças e as segundas referem-se a políticas públicas, alertas, desenvolvimento e disseminação de conhecimentos, entre outros, que visam à diminuição da vulnerabilidade (Prefeitura de São Paulo, 2013).

Relatórios e Planos têm sido editados para identificar, planejar e coordenar ações que possam ser empreendidas objetivando a redução de impactos relacionados às mudanças do clima. No Plano Nacional sobre Mudança do Clima (Brasil, 2008, p. 88) são propostas medidas tanto estruturais como não-estruturais:

Implementação de medidas de adaptação: realizando ações que reduzam a vulnerabilidade ou que explorem as oportunidades originadas da mudança do clima, incluindo investimentos em infraestrutura, sistemas de gestão de riscos, promoção da informação e aumento da capacidade institucional. Alguns exemplos de medidas de adaptação incluem: avaliação das vulnerabilidades, desenvolvimento de sistemas de alerta, investimentos em estruturas contra enchentes e em abastecimento humano de água.

Outro documento considerado neste trabalho é o relatório de Impactos, Vulnerabilidade e Adaptação publicado pelo PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. O PBMC é um organismo científico nacional que tem como objetivo reunir, sintetizar e avaliar informações científicas sobre os aspectos relevantes das mudanças climáticas no Brasil a partir da publicação de Relatórios de Avaliação Nacional (PBMC, 2015).

Este relatório enfatiza apenas medidas não estruturais no que se refere ao ambiente urbano. De acordo com o PBMC, a diretriz para as enchentes em ambiente urbano

sugere a “Implantação de Sistemas de Prevenção e Alerta a Enchentes, Inundações e Deslizamentos, envolvendo a população, a defesa civil e órgãos competentes” (PBMC, 2014, p. 214).

Embora sejam mencionadas, nos documentos, diversas ações de adaptação e até algumas específicas para o controle dos impactos das enchentes (medidas estruturais e não estruturais), não se pode inferir que estas ações também abrangeriam os assentamentos informais. Observa-se, para fins de exemplo, que em tema de saneamento, as áreas informais são desconsideradas para ações de incidência legal.

Sabe-se que as características intrínsecas das áreas devem ser consideradas na proposição de programas governamentais, como as ações de adaptação, mas quais seriam as ações de adaptação que poderiam ser direcionadas para áreas de várzeas e córregos?

De acordo com o relatório do PBMC, um exemplo de política pública bem-sucedida para áreas de várzea e córregos, como o local deste estudo, é a implantação de Parques Lineares conjugada ao remanejamento de comunidades (PBMC, 2014).

Parque Linear e o Jardim Pantanal

Os parques lineares surgiram no século XIX, como instrumentos urbanísticos de planejamento e interligação dos parques já existentes. Muito além de uma conexão, eles foram acrescentando funções como, por exemplo, a preservação do sistema natural e das funções de drenagem. Atualmente, a maior dificuldade para implantação de parques lineares nas grandes cidades, reside no valor e na disponibilidade da terra (Mártyres *et al.*, 2011).

Uma das iniciativas do Governo do Estado de São Paulo foi a criação do Programa de Recuperação das Várzeas da Bacia do Alto Tietê (PVT), proposto em 2010, que prevê a implantação do Parque Linear Parque Várzeas do Tietê, com o propósito de conservar as funções ecológicas da área e reduzir as enchentes (Governo do Estado de São Paulo, 2010), por meio da desapropriação das áreas de risco e da realocação das comunidades residentes na várzea do rio.

A área de atuação do Parque Linear Parque Várzeas do Tietê envolve o bairro Jardim Pantanal, localizado na Zona Leste do município de São Paulo, em uma Área de Proteção Ambiental – APA ao longo da várzea do Rio Tietê.

De acordo com o Programa Pantanal, do Programa Nosso Bairro, do Governo do Estado de São Paulo, populações que ocupavam a APA estão sendo transferidas para bairros urbanos por meio do investimento na urbanização, na infraestrutura, na proteção social e na defesa do meio ambiente (Governo do Estado de São Paulo, 2015).

A primeira etapa da urbanização, concluída em outubro de 2008, atendeu 4.831 famílias. Dessas, 2.446 foram beneficiadas com moradias construídas no próprio local, ou em conjuntos habitacionais em outros bairros, e 2.835 favorecidas com obras de urbanização (Governo do Estado de São Paulo, 2015).

Como nem todas as famílias residentes no local de estudo foram beneficiadas com as moradias e não há clareza na informação quanto à extensão da área a ser desapropriada, o presente estudo tem por objetivo compreender a influência percebida de programas de governo para enchentes sobre a capacidade adaptativa da comunidade que ainda reside na área e continua exposta às enchentes.

Metodologia

Categorização da pesquisa

Neste contexto, a presente pesquisa pode ser caracterizada como uma pesquisa de campo (Tobar e Yalour, 2001), uma vez que foi realizada no Jardim Pantanal, local no qual há a recorrência de enchentes e visou identificar as ações de adaptação e as interferências sobre a capacidade adaptativa de forma empírica, a partir da própria comunidade e, para tanto, envolveu a aplicação de entrevistas semiestruturadas.

As entrevistas semiestruturadas, com perguntas abertas e fechadas, foram compostas por trinta e nove questões com o objetivo de compreender o impacto e as respostas às enchentes de residentes desta comunidade.

A identificação do público alvo se deu pela técnica de amostragem conhecida como “Bola de Neve” (Biernacki e Waldorf, 1981). Nesta técnica, uma pessoa indica outras pessoas que possuem alguma característica de interesse para a pesquisa. Nestes casos, após um primeiro contato, as entrevistas foram realizadas nas casas de residentes, em espaço cedido por uma ONG (Organização Não Governamental) e, em alguns casos, nas ruas do bairro.

A amostra foi de trinta e cinco pessoas adultas e de ambos os sexos. Os critérios para a escolha dos entrevistados envolveram interesse e situação de enchente vivenciada. De acordo com Deslandes (2007, p. 43), “a pesquisa qualitativa não se baseia no critério numérico para garantir sua representatividade... importante neste item é quais indivíduos sociais tem vinculação mais significativa com o problema investigado”. Portanto considera-se a amostra representativa para o objetivo da pesquisa.

Forma de análise dos resultados

A análise consistiu na leitura das transcrições seguida da codificação e categorização dos dados. As categorias de análise englobaram moradia, programas e soluções, bem como pensamentos e opiniões (Tabela 2).

Tabela 2. Categorias, perguntas do estudo e fatores determinantes da capacidade adaptativa.

Categorias	Perguntas	Fatores Determinantes
Moradia	Situação da moradia: emprestada / cedida; própria ou alugada Tipo de moradia: alvenaria, madeira, térrea ou sobrado. Modificação estrutural da casa por causa das enchentes	Recursos Materiais e Infraestrutura
Programas e Soluções	Conhecimento sobre os programas e/ ou soluções relacionadas às enchentes propostas pelo governo	Informação e Tecnologia
Pensamentos e Opiniões	As enchentes como preocupações na vida	Capital Humano

Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados

O perfil da amostra é de mulheres (51,43%) e homens (48,57%) na faixa etária entre 41 e 50 anos. Parte maior dos respondentes possui Ensino Fundamental incompleto, trabalho informal e renda familiar em torno de um salário mínimo.

O fato de atuarem no mercado informal dificulta a mobilização de recursos como o acesso a crédito em bancos em caso de uma recuperação após o evento enchente.

A maioria reside em casa própria e aterradas (Tabela 3). Ressalta-se que a área em que os respondentes residem é uma Área de Proteção Ambiental e, por isso, não regularizada.

Tabela 3. Características da moradia dos respondentes do estudo (N=35).

Características da Moradia	Número (%)
Situação da Moradia	
Própria	33 (94.3)
Alugada	2 (5.7)
Modificações Estruturais	
Aterramento	23 (65.7)
Nenhuma	7 (20.0)
Degrau na porta	3(8.6)
Construção andar de cima	2 (5.7)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A condição de morar-se em assentamento irregular é sabida e refletem-se em seus discursos.

O terreno é de vocês, mas o material é nosso (Relatos do entrevistado)

A casa é própria, mas aqui é uma área de ocupação né (Relatos do entrevistado)

As alterações estruturais realizadas nas casas resumem-se em sua maioria ao aterramento do chão, por meio de terra ou entulho, elevando-se o nível do chão. Se o teto da casa for de telhas, eleva-se também a altura das telhas, se for de laje a distância entre o chão e laje vai ficando cada vez menor.

A prática de aterrar a casa é realizada frequentemente em caso de enchentes, todavia, a altura deste aterramento, por vezes, não é suficiente para impedir a entrada de água no interior da casa.

A construção do andar de cima da casa, considerada uma medida eficaz para evitar o contato com a água e minimizar a perda de bens materiais, foi adotada por apenas dois entrevistados (5,7%), uma vez que a medida é restringida pelas condições financeiras atuais dos respondentes e pela preocupação em se realizar investimento e, futuramente, suas casas serem derrubadas. Esta preocupação é proveniente da ocupação informal e por acreditarem que as soluções e propostas do governo relacionadas às enchentes acarretarão a remoção e o remanejamento dos moradores (Tabela 4).

As duas propostas do governo mais conhecidas em relação às enchentes foram a construção do Parque Linear (43,8%), seguida da remoção dos moradores (12,5%).

Tabela 4. Conhecimento de programas e soluções relacionadas às enchentes (N=35).

Soluções e Propostas	Número (%)
Tem conhecimento	16 (45.7)
Não tem conhecimento	18 (51.4)
Sem Resposta	1 (2.9)
Tipos de Propostas do Governo	
Parque	7 (43.8)
Remoção dos Moradores	3 (12.5)
Urbanização	2 (18.8)
Limpeza do Rio	1 (6.3)
Outras Propostas	
Associação de Bairro	1 (6.3)
Proposta Própria	1 (6.3)
Não mencionou a proposta	1 (6.3)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Destaca-se em alguns discursos que a construção do Parque está relacionada com a remoção de moradores.

Eles falam que vão tirar nós pra fazer o tal do parque né? Parque do linear... (Relatos do entrevistado)

Esse tal de parque linear aí que ninguém sabe onde vai passar, a medida que é o que nós temos é isso aí, a proposta do governo é tirar nós daqui, agora quando, que jeito, que forma, ninguém sabe (Relatos do entrevistado)

E que a remoção é uma questão presente.

O programa aqui que eles de resolver situação aqui, sabe pra que, que é, pra querer desabrigar os outros e ao Deus dará, vá pra onde Deus mandar. Solução eles não dão, vai pra onde Deus mandar (Relatos do entrevistado)

A partir das informações e vivências dos residentes, são elaboradas as suas preocupações atuais (Tabela 5).

Tabela 5. Pensamentos e opiniões - Principais preocupações dos respondentes do estudo.

Preocupações	Número (%)
Enchentes	15 (42.9)
Outras que não as enchentes	20 (57.1)
Desapropriação	6 (30.0)
Infraestrutura da área	6 (30.0)
Questão financeira	4 (20.0)
Filhos e família	2 (10.0)
Violência e Pancadão (Som Alto)	2 (10.0)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A questão das enchentes é uma preocupação presente em quase metade dos discursos. O fato de começar a chover forte já é um fator preocupante, pois não sabem se suas casas alagarão ou se conseguirão chegar até elas. Tais situações são consideradas razões para a inquietação de muitos moradores.

As demais preocupações focam nas condições de habitação, seja em virtude da infraestrutura da área, seja por receio da desapropriação.

Embora quase metade dos respondentes terem pontuado preocupação com as enchentes, estudos de Stephens *et al.* (1994) e Davis e Hall (1999), salientam que as pessoas não pontuam os problemas das enchentes como se deveria esperar, pois consideram que esses problemas são simplesmente parte da opção por ocupar áreas urbanas informais.

A minha preocupação hoje é...poder fazer uma casa adequada, uma casa ao meu gosto, como eu sei fazer, sou pedreiro, sei fazer, sei trabalhar e como é hoje o governo sai não sai, tira não tira, eu não posso fazer aquilo que eu sei...tem que viver como eles querem... porque se eu for fazer ah vão tirar eles não vão querer me indenizar sobre o valor que eu apliquei (Relatos do entrevistado)

Uma hora eles falam que vai deixar, outra hora eles falam que vai tirar, ai você constrói, eles vem e derruba... (Relatos do entrevistado)

É presente a possibilidade de se construir uma casa ou realizar melhorias e depois serem submetidos a uma remoção ou terem suas casas derrubadas pelo governo.

Conclusões

Os resultados indicam que uma política pública como a implementação de um Parque Linear interfere nas ações dos indivíduos expostos às enchentes, comprometendo a sua capacidade adaptativa para o enfrentamento desses eventos climáticos.

A implementação do Parque Linear da Várzea do Tietê, caso cumpridos prazos e metas, implicaria o remanejamento das famílias para uma nova habitação, reduzindo-se a sua exposição às enchentes.

Porém, quando não são cumpridos os prazos e há uma incerteza sobre a efetivação do projeto, a capacidade adaptativa destas famílias é prejudicada, pois as ações de adaptação para responder de maneira mais eficaz às enchentes, como investimentos em medidas estruturais em suas habitações, estão condicionadas ao fato de poderem ou não permanecer na área. Esta incerteza reduz as opções e alternativas de resposta disponíveis aos residentes para que possam se organizar.

O que em curto prazo reduziria a exposição das famílias, em longo prazo faz com que não tomem medidas de adaptação no momento atual, que poderiam beneficiá-los em uma próxima enchente. A inviabilização da tomada de decisão desses moradores a respeito de suas próprias condições de moradia, em um contexto caracterizado pela incerteza, os torna mais vulneráveis.

Medidas tomadas na esfera governamental, como as políticas públicas de adapta-

ção às mudanças do clima, que tem por objetivo reduzir a exposição a riscos, reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade adaptativa, se não efetivadas, influenciam a adaptação individual das pessoas frente a eventos climáticos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo: 141257/2012-1) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Processo: 99999.003468/2014-03).

Referências bibliográficas

- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16, 268-281.
- Biernacki, P. & Waldorf, D. (1981). Snowball Sampling: Problems and techniques of Chain Referral Sampling. *Sociological Methods & Research*, 10(2), 141-163.
- Brasil (2008). *Plano Nacional e Mudanças Climáticas*, Decreto nº 6.263 (21/11/2007), p. 88, Brasília.
- Cassilha, G. A.; Cassilha, S. A. (2009). *Planejamento Urbano e Meio Ambiente*. Curitiba: IESDE Brasil S. A., p. 7. Disponível em: <http://www.ceap.br/material/MAT30042013134121.pdf>. Visualizado em: 22 de junho de 2015.
- Davis, I.; Hall, N. (1999/2003). Ways to measure community vulnerability. In Ingleton, J., editor, *Natural disaster management*. Leicester: Tudor Rose, 87-89. 1999 apud Few, R. Flooding, vulnerability and coping strategies local responses to a global threat. *Progress in development Studies* 3(1), pp. 43-58, 2003.
- Deslandes, S. F. (2007). A construção do projeto de pesquisa. Em Minayo, M.C.S. (org). *Pesquisa Social: teoria, método e criatividade* (pp. 31-50). 26 edição. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes.
- Few, R. (2003). Flooding, vulnerability and coping strategies local responses to a global threat. *Progress in development Studies*, 3, 43-58.
- Governo do Estado de São Paulo (2010). *Programa de Recuperação das Várzeas da Bacia do Alto Tietê*. Disponível em: http://www.saneamento.sp.gov.br/varzea_bid/Minuta_IAAS.pdf. Visualizado em: 01 setembro 2013.
- Governo do Estado de São Paulo (s.f). *Programa Nosso Bairro - Jardim Pantanal*. Disponível em: <http://www.nossobairro.sp.gov.br/portal.php/jardimpantanal>. Visualizado em: 31 de janeiro de 2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). *Censo Demográfico 2010 Aglomerados Subnormais Primeiros Resultados*. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/552/cd_2010_agsn_if.pdf. Visualizado em 22 de junho de 2015.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2001). *Technical summary: climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. A Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/>

- pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf. Visualizado em: 23 março de 2015.
- Lemos, M.C.; Agrawal, A.; Johns, O.; Eakin, H.; Nelson, D.; Engle, N. (2013). Building Adaptive Capacity to Climate Change in Less Developed Countries. In G.R. Asrar and J.W. Hurrell (eds.), *Climate Science for Serving Society*, 437.
- Maricato, E. (2000). Urbanismo na Periferia do mundo globalizado metrópoles brasileiras. *São Paulo em Perspectiva*, 14(4), 21-33.
- Mártyres, Maysa Ferreira; Devecchi, Alejandra Maria; Scabbia, André Luiz Gonçalves (2011). Parques lineares: muito além de uma conexão. In: *Seminário Nacional do Centro de Memória Unicamp: Memória, Cidade e Educação das Sensibilidades*, Campinas. Anais, 8p.
- PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Home. Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/>. Visualizado em: 31 de janeiro de 2015.
- PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2014). Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Assad, E. D., Magalhães, A. R. (eds.)]. Coppe. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, p. 214.
- Prefeitura de São Paulo – Secretaria Municipal de Segurança Urbana. *Terminologia de Desastres*. Disponível em http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/seguranca_urbana/defesa_civil/terminologiadesastres/index.php?p=7789. Acessado em 01 janeiro 2013.
- SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (2010). *IPVS – Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – Versão 2010*. Disponível em: http://www.ipsipvs.seade.gov.br/view/pdf/ipvs/principais_resultados.pdf. Visualizado em 13 de agosto de 2013.
- Smit, B.; Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change* 16, p. 282-292.
- Stephens, C.; Patnaik, R.; Lewin, S. (1994/2003). This is my beautiful home. Risk perceptions towards flooding and environment in low income urban communities: a case study in Indore, India. Research report, London School of Hygiene and Tropical Medicine. 1994 apud Few, R. Flooding, vulnerability and coping strategies local responses to a global threat. *Progress in development Studies* 3(1), 43-58.
- Tucci, C. E. M. (2008). Águas urbanas. *Estudos avançados*, 22(63), 97-112.

PRÊMIO NACIONAL DE QUALIDADE NO SANEAMENTO E A UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL

THE QUALITY NATIONAL AWARD IN THE SANITATION
AND THE UNIVERSAL SANITATION IN BRAZIL

Tadeu Fabrício Malheiros¹, Tássia G. Temóteo²; Ester Feche Guimarães²;
Ruby Criollo³; Sonia Maria Viggiani Coutinho³; Arlindo Philippi Jr. ^{*}

*Universidade de São Paulo, ** Universidade de Nariño, Colômbia

tmalheiros@usp, tassia@sc.usp.br, feche.guimaraes@gmail.com, rubycriollo@yahoo.es, scoutinho@usp.br, aphij@usp.br

Resumo: O PNQS – Premio Nacional da Qualidade em Saneamento, da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS), é considerado uma importante ferramenta de *benchmarking* na gestão dos serviços de saneamento do Brasil, para melhoria das práticas do setor. Desde 2001, o PNQS adotou o diagnóstico do desempenho das operadoras com base em indicadores. Esses indicadores adotados podem ser empregados para visualizar o compromisso das operadoras com a universalização. Este fato foi verificado ao analisar os indicadores à luz dos fatores relevantes da prática do setor de saneamento visando à universalização e, especificamente, o atendimento das populações vulneráveis. Verificou-se que 39 dos 79 indicadores existentes permitem avaliar as ações no sentido da universalização, embora exista um desequilíbrio na distribuição desses indicadores entre as dimensões e critérios utilizados.

Palavras chave: *Benchmarking*, Universalização, Indicadores de desempenho, PNQS.

Abstract: PNQS is considered an important benchmarking tool in the management of sanitation services in Brazil. In 2001, PNQS adopted the performance diagnostic of operators based on indicators. The adopted indicators can also be used to check the commitment of service providers to serve water supply and sanitation for all (universal access). This fact was verified on indicators analyzed by relevant factors and, specifically, vulnerable populations care. It was found that 39 of the 79 existing indicators represent actions towards universalization, although there is an imbalance in the distribution of these indicators between the dimensions and criteria used.

Keywords: Benchmarking, water supply and sanitation for all, Performance Indicators, PNQS.

¹ Os autores agradecem os apoios do Instituto UNESCO-IHE (Delft), do UNESCO-IHE Partnership Research Fund (UFaRF), do Directorate-General for International Cooperation DGIS - UNESCO-IHE Programmatic Cooperation (DUPC), no âmbito do projeto “Benchmarking for Pro-Poor Water Services Provision (PROBE)”.

² Os autores agradecem à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo S/A- SABESP, Agência Reguladora do Estado de São Paulo – ARSESP, e Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – Fundação SEADE pela participação e disponibilização de dados.

³ Autora financiada pela Fapesp Processo nº 2012/02605-4.

Introdução

O *BENCHMARKING* é uma ferramenta de identificação das melhores práticas para serem aplicadas no desempenho da organização. Bhutta e Huq (1999) definem o *benchmarking* como sendo o reconhecimento das próprias deficiências e a oportunidade de aprender com o outro que esteja fazendo um trabalho melhor, como um ato de humildade.

O *benchmarking* é definido também como uma ferramenta de comparação de ideias e práticas entre organizações e/ou entre partes da mesma organização, com o objetivo de melhorar continuamente o desempenho das mesmas. A comparação é feita por meio de práticas consideradas de desempenho superior - práticas de referência - e propiciam o aprendizado e estímulos a criatividade na implantação dessas melhorias (Slack *et al.*, 2002).

No setor de saneamento⁴, o *benchmarking* é utilizado para aumentar a responsabilidade, para reduzir custos, conseguir mais com os mesmos recursos e aumentar a qualidade com uma mudança comportamental (Blokland, 2009). Segundo Berg (2007) *benchmarking* é importante no setor da água⁵, no sentido de documentar desempenhos, estabelecer linhas bases de medição da melhoria da produtividade e fazer comparações entre operadores dos serviços. As classificações podem informar sobre fabricantes, adoção de fundos de investimentos e custos referencia de diferentes utilidades da água. Além de conhecerem melhor a sua própria organização.

A ferramenta de *benchmarking* possibilita a comparação do desempenho constante sobre os usos da água e inclusive comparações de desempenho entre diferentes países. Promove integração entre as pesquisas acadêmicas e a prática comercial dos operadores dos serviços, além de aplicação de políticas de incentivo regulatório, que dialogam com a realidade vivenciada pelos serviços de saneamento (Berg, 2007). Pode ser útil ao incentivo de políticas dentro da concessionária, mas não suficiente para melhorar o desempenho da organização. É necessário que a organização realize o incremento e a absorção do que foi aprendido, e que seja de interesse e prioridade da organização o querer pela melhoria contínua.

Benchmarking permite quantificar o progresso para as metas da organização, verificar organizações com melhores práticas para que possam ser referência para as demais, e permite que reguladores desenvolvam mecanismos incentivos (Berg, 2007).

A regulação dos serviços de saneamento tem adotado modelo de incentivos baseado em *benchmarking* de indicadores. Nesse sentido, dois tipos de regulação são utilizados: a regulação da competição e regulação por competição, cuja diferença está no grau de interferência do Estado e na sua capacidade de monitorar e reforçar a competição. Os dois modelos requerem o estabelecimento e o fortalecimento da estrutura de governança, sendo que a regulação por competição requer estrutura menos invasiva. No desenho regulatório, a governança incorpora os mecanismos sociais úteis para restringir a ação discricionária do regulador e solucionar os conflitos que essas restrições venham

⁴ Saneamento entendido como o abastecimento de água e esgotamento sanitário.

⁵ O Autor utiliza o termo água, mas explica quando descreve seus estudos que a gestão da água inclui águas residuárias.

suscitar. A estrutura de incentivos compreende as regras governamentais que definem preços, subsídios, competição e a entrada de novos competidores (Ramalho, 2007).

Marques (2011) afirma que os países abordam de forma distinta a universalidade dos serviços e a regulação do setor. Grande maioria aborda o tema em suas leis, sendo variado o modo que é instituído. Na Itália, França e nos Países Baixos a universalização é compulsória aos prestadores, mas para os demais, em sua maioria, a unidade gestora tem liberdade para a consecução da universalização. Porém, o sistema europeu de *benchmarking*, chamado regulação *Sunshine*, é de participação voluntária, e baseado em nomear as ineficiências das companhias, dessa maneira promove a produtividade. O Prêmio Nacional da Qualidade (PNQS) é semelhante à regulação *Sunshine*, por ser voluntário e de nomeação das melhores empresas em indicadores e práticas de gestão.

PNQS: Prática de *benchmarking* no setor de saneamento no Brasil

O PNQS foi criado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) visando impulsionar as operadoras de saneamento. Atualmente o prêmio é considerado uma importante ferramenta de gestão dos serviços de saneamento. O PNQS visa estimular a busca e aplicação de boas práticas de gestão por organizações do setor, reconhecer organizações de destaque pela utilização das práticas e apresentar resultados competitivos de desempenho, divulgar as práticas das organizações reconhecidas, em seminários e publicações de relatórios de gestão dos casos finalistas e vencedores e promover eventos de capacitação gerencial para essas organizações (PNQS, 2011).

A distribuição das organizações é feita em categorias, com propósito de criar degraus à gestão superior. A premiação é distribuída em quatro categorias: Nível I, II e III, onde todo o sistema de gestão da organização é avaliado, além da categoria Nível IV - Inovação da Gestão em Saneamento, que será avaliada como prática de gestão específica que tenha sido introduzida ao longo dos últimos cinco anos (PNQS, 2011, p. 11).

As organizações candidatas podem ser provenientes do setor público ou setor privado, com ou sem finalidade de lucro. Durante a avaliação é mantido o sigilo pelos membros da banca examinadora.

Os critérios do PNQS têm como meta avaliar a maturidade dos processos gerenciais e os resultados das organizações. Os critérios são conceitos conhecidos internacionalmente e estabelecidos pela Fundação Nacional da Qualidade (FNQ) como Fundamentos de Excelência: pensamento sistêmico, aprendizado organizacional, cultura de inovação, liderança e constância de propósitos, orientação por processos e informações, visão de futuro, geração de valor, valorização das pessoas, conhecimento sobre o cliente e o mercado, desenvolvimento de parcerias e responsabilidade social.

Possui um sistema de pontuação para avaliar o desempenho das organizações e o estado de maturidade em que elas se encontram, baseado em conceitos reconhecidos internacionalmente. Eles são divididos nas dimensões de processos gerenciais (ênfase, aplicação, aprendizado e integração) e resultados organizacionais (relevância, tendência e nível atual) (PNQS, 2011).

As organizações premiadas apresentam as boas práticas de gestão em seminário re-

alizado pela ABES e participam de atividade de *benchmarking* no exterior, que consiste na visita de organizações referência em gestão do saneamento no mundo, trazendo a experiência ao setor do saneamento no Brasil, podendo contribuir com a melhoria dos serviços e no atingimento do ideal de universalização dos serviços, estabelecidos pela Política Nacional de Saneamento.

A universalização é entendida como a condição dos serviços públicos de saneamento serem disponibilizados a todos os usuários. Atendendo esse conceito, as diretrizes da política federal priorizam ações que promovam a equidade social e territorial no acesso ao saneamento, pois condições de desigualdades sociais e territoriais limitam o acesso aos serviços.

Assim, no desafio da universalização dos serviços de saneamento é necessário incluir o fornecimento de serviços às populações mais vulneráveis socialmente, ambientalmente e economicamente, e também incluir ferramentas para mensurá-la e avaliá-la.

Por isso, indaga-se: os indicadores adotados pelo PNQS, que têm por foco mensurar o desempenho das operadoras, servem também para visualizar como as organizações estão lidando e avançando no sentido da universalização?

Objetivo

O objetivo desse artigo é verificar se os indicadores do PNQS permitem observar o desempenho das organizações no sentido da universalização dos serviços de saneamento.

Metodologia

De acordo com a abordagem do problema, a pesquisa é qualitativa, e permitiu avaliar a complexidade existente no setor de saneamento e a interação entre as diversas variáveis do setor, contribuindo para a compreensão e transformação das situações-problema.

Em relação ao objetivo, a pesquisa é exploratória, admitindo maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito.

A pesquisa foi realizada com o propósito da avaliação dos resultados, atribuindo valores mediante uma comparação ao longo do tempo de existência do PNQS, e a comparação com os fatores da universalização dos serviços. Esses fatores foram utilizados para analisar os indicadores durante 10 anos, iniciando a partir de 2001, quando foi proposta uma inovação no PNQS, o Guia de Referência para Medição do Desempenho (GRMD), que adota um diagnóstico do desempenho atual com base em indicadores, cumprindo com exigências estabelecidas para avaliar o critério *Resultados*. Anterior a 2001, nos guias entre 1997 e 2001, não foram encontrados indicadores de avaliação que pudessem ser avaliados.

Em relação ao procedimento técnico, a metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica dos fatores relevantes da prática do setor de abastecimentos e esgotamento sanitário visando à universalização dos serviços e, especificamente, o atendimento das populações vulneráveis. A partir desse arcabouço, os fatores foram agrupados em dimensões, que possuem a finalidade de indicar quais os aspectos mais relevantes na prática do setor de saneamento, e posteriormente, com base nas dimensões, foi realizada a pesquisa documental dos guias do PNQS entre 1997 e 2011 e feita análise qualitativa

dos 79 indicadores do guia, e identificados os que permitem observar o desempenho no sentido da universalização.

Resultados

Em 2001 o PNQS estabeleceu como “Consagrar-se como um instrumento de referência na avaliação e condução contínuas dos serviços de saneamento ambiental” a ser alcançado em 2005. Para isso, inseriu novos instrumentos para avaliar o sistema de gestão das organizações. Foi implementado então o Guia de Referência para Medição do Desempenho (GRMD) como base para desenvolver o Diagnóstico do Desempenho Atual das organizações. O GRMD solicita a apresentação de resultados relevantes na forma de séries históricas, com referenciais comparativos pertinentes. Trata-se de assegurar a prática efetiva de um sistema de medição de desempenho aplicável a todas as organizações, de todas as áreas de saneamento.

O primeiro GRMD compunha-se de 30 indicadores de desempenho organizados em sete dimensões: indicadores relativos aos clientes e ao mercado, financeiros, relativos às pessoas, relativos aos fornecedores e parceiros, relativos aos produtos e serviços, ao meio ambiente e aos processos de apoio e organizacionais. Esses indicadores deviam se reportar junto com a medida do último exercício, focando nos resultados e valor agregado, além de aferir a situação anterior e posterior à aplicação dos critérios de avaliação (PNQS, 2001).

Ao longo do tempo, o GRMD tem sido revisado, complementado e melhorado, levando em consideração as novas políticas e normas nacionais referentes ao saneamento, através da inclusão de novas categorias e indicadores. É o caso da categoria Sociedade e o Indicador de Desenvolvimento Social, que apareceram em 2003 com o propósito de medir o engajamento no desenvolvimento social. Em 2005 são incluídos quatro indicadores na categoria Sociedade, um dos quais é o Índice de comprometimento da renda familiar, que tem o propósito de medir a responsabilidade social quanto ao impacto social das tarifas. Esse dinamismo tem permitindo maior clareza para os concorrentes além de evidenciar o comprometimento do PNQS com seu propósito de se tornar em um instrumento de referência para atingir a qualidade.

Em 2006 foram apontados quais indicadores seriam mandatórios para os níveis I e II do prêmio e quais indicadores seriam sugeridos. Em 2007 surgiu o nível III Quíron Platina, e os indicadores se classificaram em estratégicos, operacionais e sugeridos, com os quais se pretende orientar a tomada de decisões para obter os melhores resultados.

Definição da universalização através de dimensões e critérios

A universalização é definida através de critérios da administração, que compõem a dimensão institucional, de gestão, social e financeira, bem como de critérios da engenharia, que compõem a dimensão operacional, de recursos hídricos e de abrangência. A elaboração dos critérios foi feita através de pesquisa bibliográfica da área de esgotamento sanitário e abastecimento de água, e os itens foram selecionados analisando as particularidades do setor.

A **dimensão institucional** envolve os mecanismos políticos que responsabilizam os atores, direcionam a priorização na resolução de problemas e na utilização de verbas do estado. Essa utilização de verbas está diretamente relacionada à vontade política, que se mostra central para a universalização do saneamento, pois é necessário querer sanar essa problemática inicialmente, e posteriormente, estabelecer maneiras de agir. Essa vontade política deve estar sempre de acordo com a demanda da sociedade (Morais *et al.*, 1999).

As situações vividas pelas populações que não possuem saneamento são, simultaneamente, a exclusão social, habitação e educação deficitária, ausência da qualidade ambiental e da geração de renda (Heller, Nascimento e Paiva, 2002; Nascimento & Heller, 2005). Esses problemas acontecem de maneira sincrônica e devem ser tratados com iniciativas institucionais que direcionem as decisões e proporcionem ações integradas (Galvão Jr., 2009).

É dever da sociedade participar como proponente de melhorias nos processos da gestão do saneamento. Para que as operadoras estejam preparadas para esse novo modelo de convivência, incorporando as opiniões da sociedade, cria-se então a **dimensão social**. A mobilização social vem em caráter inovador, pois ainda não faz parte da realidade cultural que vivemos atualmente, ainda são incipientes as operadoras que ouvem as necessidades da comunidade, suas queixas, seus pedidos, suas opiniões e as sugestões de melhoria no processo de priorização de atendimento. É necessário que seja feita uma mudança na cultura das organizações para a inclusão e estímulo da participação da população. Considerar que a população é parte integrante do processo e que deve ter o seu poder de fala. Deve ser construído um modelo de gestão com a participação, preparando os funcionários para uma nova convivência, no mundo social e do trabalho, incorporando novos conteúdos, trabalhando em função dos anseios e necessidades da comunidade (Morais *et al.*, 1999, Moisés *et al.*, 2010).

Na **dimensão financeira** inclui-se o estabelecimento de incentivos que possam subsidiar tarifas dos serviços oferecidos, criação de linhas de financiamento específicas que assegurem recursos permanentes de educação e mobilização social para o saneamento. Os incentivos financeiros devem ser feitos, por exemplo, com a estruturação de fundos de investimento com recursos próprios e controle social (Morais *et al.*, 1999), assegurando recursos que se direcionem a diversidade cultural, ao saber popular e a recursos permanentes de educação em saúde e ambiental e mobilização social em saneamento (Moisés *et al.*, 2010).

Não menos importante do que os itens citados, é o financiamento na expansão, recuperação e inovação de sistemas e de modernização da infraestrutura e gestão (Nascimento e Heller, 2005). A **dimensão da gestão** constitui a utilização de instrumentos gerenciais, informacionais, de planejamento e a capacitação de recursos humanos para que seja mantida a qualidade da gestão e a constante melhoria dos processos, assim como a utilização de sistemas de informação que auxiliem a tomada de decisão, com a construção de indicadores e base de dados que permitam auxiliar a gestão urbana e gestão das águas (Nascimento e Heller, 2005; Morais *et al.*, 1999).

Em seguida, os critérios da gestão da administração por dimensão são confrontados com os indicadores existentes no PNQS (Quadro 1).

Quadro 1. Critérios da gestão da administração para universalização do saneamento.

	CRITÉRIOS DE UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO. A OPERADORA:	INDICADORES EXISTENTES DO PNQS
INSTITUCIONAL	Faz parcerias com instituições de habitação, saúde, educação, geração de renda e de melhoria da qualidade ambiental	Não possui
	Se integra com as políticas públicas	Não possui
SOCIAL	Possui articulação com ministérios que atuam no saneamento	Não possui
	Realiza cooperação intermunicipal	Não possui
	Possui vontade política da universalização dos serviços	Não possui
	Possui programas de construção participativa de modelo de gestão, preparando funcionários para nova convivência social e do trabalho, incorporando novos conteúdos, em função das necessidades da comunidade	Não possui
	Possui programas de sensibilização das pessoas	Não possui
	Atende a demanda social e tem atenção às preferências do consumidor	Índice de satisfação dos clientes
	Possui programas de apoio à sociedade para democratizar o controle social em ações sanitárias para a efetiva inserção e intervenção	Índice de favorabilidade da imagem da organização
	Possui mecanismos de mapeamento da pobreza	Não possui
	Possui linhas específicas de financiamento que assegurem recursos permanentes de educação em saúde e ambiente e mobilização social em saneamento	Não possui
	Possui eficácia na alocação de recurso e auto-sustentação financeira	Indicador do nível de investimentos
FINANCEIRO		Margem líquida de depreciação
		Índice de desempenho financeiro
		Indicador dias de faturamento comprometidos com contas a receber
		Não possui
GESTÃO	Possui programa de tarifa social	Não possui
	Possui incentivos e facilidades do acesso serviços às populações vulneráveis	Não possui
	Possui fundos de investimento com recursos próprios e controle social	Não possui
	Possui metodologias para reconhecer as falhas no sistema de gestão e aplicar correções de ações empreendidas	Índice de reclamações de comunicação de problemas
		Tempo médio de resposta à reclamação dos cidadãos/usuários
		Incidência de reclamações sobre falta d'água
		Continuidade no abastecimento de água
		Índice de avaliação do sistema de gestão
		Índice de capacitação anual da força de trabalho
		Índice de cumprimento do plano de capacitação e desenvolvimento
	Índice de eficácia do treinamento	
	Índice de satisfação dos empregados	
	Não possui	
	Não possui	
	Satisfação dos usuários de Informações	

Fonte: Quadro elaborado pelos autores.

A **dimensão operacional** é o desenvolvimento de técnicas que acompanhem os sistemas estabelecidos, como tratamentos diferenciados de esgotos e águas servidas (Nascimento e Heller, 2005; Morais *et al.*, 1999). Além disso, o desenvolvimento tecnológico pode propiciar a eficácia da infraestrutura instalada (Galvão Jr., 2009) que muitas vezes não é bem monitorada e mantida ocasionando desperdícios e funcionamento precário, e quando tratadas em áreas pobres, essa deficiência pode ser ainda maior devido às especificidades dos locais e materiais que são feitas as instalações.

Os projetos de saneamento devem estar subsidiados pelo conhecimento do crescimento populacional e as perspectivas de mudança do quadro de usuários dos serviços, pois o crescimento populacional tem sido rápido e o saneamento, se não planejado com vistas nessa característica, pode acarretar obsolescência dos projetos e necessidade de novo planejamento (Nascimento e Heller, 2005). Essas estratégias de planejar, prever, considerar variáveis diversas, pesquisando o sistema de forma complexa é o que pode mostrar o compromisso com a sustentabilidade do sistema.

A demanda de água para o abastecimento e a necessidade de se pensar na sustentabilidade desse bem essencial à vida dos seres humanos requer o estabelecimento da **dimensão dos recursos hídricos**. A responsabilidade pelo uso dos mesmos deve ser extensamente discutida enquanto a sua real necessidade de utilização, importância e escassez. Assim, o controle de perdas, controle e troca de redes envelhecidas, micro e macro medição, inovação de materiais e métodos de recuperação com vantagens econômicas e operacionais significativas são imperativos (Nascimento e Heller, 2005).

Outro aspecto a ser considerado é o desenvolvimento de ações do uso consciente da água que requer a transformação no comportamento e costumes cotidianos das pessoas. O uso consciente dos recursos deve está associado a mecanismos de reuso da água, coleta de água de chuva, modificação de peças sanitárias, proporcionando economias, assim como a preocupação com o uso e conservação da água ser ampliado ao uso da terra, em locais produtores de água (Nascimento e Heller, 2005).

A **dimensão da abrangência** busca entender em quais cenários estão acontecendo as interações para que sejam traçados objetivos vindouros. O objetivo é conhecer qual é a situação do saneamento em termos de: cobertura, formas de tratamentos, caracterização da saúde, renda e educação, qualidade dos serviços e demais influências sobre esse estado (Piza, 2000).

Em seguida, os critérios da gestão de engenharia por dimensão são confrontados com os indicadores existentes no PNQS (Quadro 2).

Quadro 2. Critérios da gestão da engenharia para universalização do saneamento.

CRITÉRIOS DE UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO. A OPERADORA:	INDICADORES EXISTENTES DO PNQS
Utiliza tecnologias sobre redes coletoras, tratamento de efluentes diferenciados	Não possui
Utiliza com eficácia a infraestrutura instalada	Não possui
Projeta e planeja suas ações em vista ao rápido crescimento populacional e urbano	Não possui
Pesquisa, cria e inova suas ações práticas e de infraestrutura	Índice de criatividade do pessoal
Controla perdas, troca redes envelhecidas, faz micro e macro medição, inova em materiais e métodos de recuperação com vantagens econômicas e operacionais	Índice de macromedição Índice de hidromedição Índice de reparos pró-ativos Indicador de perdas Totais de água por ligação
Faz controle da disponibilidade hídrica dos mananciais	Não possui
Possui programas de educação ambiental voltados ao uso consciente da água: programas de reúso da água, coleta de água de chuva e busca de água em lugares próximos a captação	Não possui
Possui incentivos com a preservação da terra em locais produtores de água	Não possui
Incentiva a modificação de peças sanitárias para melhor desempenho das instalações	Não possui
Possui o controle da cobertura, da água distribuída e da saturação do sistema produtor	Índice de atendimento urbano de água Índice de atendimento urbano de esgoto sanitário (indicador 147 do SNIS) Índice de atendimento total de água (indicador 155 do SNIS) Índice de atendimento total de esgoto sanitário (indicador 156 do SNIS)
Utiliza dados socioeconômicos de saúde pública, renda, educação da população	Não possui
Possui o controle da coleta de esgoto e tratamento de esgotos	Índice de tratamento do esgoto gerado Efetividade da redução de carga poluente do esgoto coletado na rede Tempo médio de execução de ligação de água Tempo médio de execução de ligação de esgoto Incidência de reclamações sobre qualidade da água Incidência de reclamações sobre falta de água Tempo médio de execução dos serviços (indicador 183 do SNIS) Continuidade no abastecimento de água Incidência de extravasamentos de esgotos sanitários (182 do SNIS) Incidência das análises de cloreto residual fora do padrão Incidência das análises de turbidez fora do padrão Incidência das análises de coliformes fecais fora do padrão Índice de conformidade da quantidade de amostras para aferição da água tratada Incidência das análises fora do padrão para aferição da qualidade da água tratada
Possui o controle da qualidade dos serviços de esgotamento e fornecimento de água	Não possui

Fonte: Quadro elaborado pelos autores.

Utilizando os critérios, os indicadores do PNQS permitem evidenciar a universalização?

O PNQS possui 79 indicadores, sendo que 39 desses indicadores, segundo análise realizada, são indicadores que permitem enxergar as ações no sentido da universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Isso significa que 49,4% dos indicadores utilizados pelo PNQS são indicadores da universalização.

Dos 33 critérios 10 critérios são atendidos (30,3%). As dimensões melhor atendidas são gestão e abrangência (Tabela 1). O melhor atendimento da dimensão da gestão é devido, evidentemente, ao fato do foco do PNQS ser a qualidade da gestão.

Tabela 1. Distribuição da quantidade de critérios, critérios atendidos e indicadores por dimensão.

Dimensão	Quantidade de Critérios	Quantidade de critérios atendidos	Quantidade de indicadores por dimensão
Institucional	5	0	0
Operacional	4	1	1
Recursos hídricos	5	1	4
Gestão	5	3	10
Social	5	1	2
Financeira	5	1	4
Abrangência	4	3	18
Total	33 (100%)	10 (30,3%)	39 (49,4%*)

*este valor considera que, dos 79 indicadores constantes do PNQS, 39(ou 49,4%) são considerados para avaliação das dimensões de universalização do saneamento

Fonte: Quadro elaborado pelos autores.

A dimensão da abrangência trata-se da caracterização geral do cenário em que se encontra a operadora, é a dimensão que possui maior número de indicadores do PNQS e também é a que atende maior número de critérios proporcionalmente, pois apenas um não é atendido.

A dimensão institucional não possui indicadores de análise da universalização, dizendo respeito especialmente à vontade política em atingir-se a universalização. Pode-se observar que ainda não existem indicadores de análise dos objetivos, interesses, responsabilidades e metas de universalização.

Ainda na dimensão institucional, no critério “Vontade política da universalização dos serviços” foi analisado o Índice de comprometimento de renda familiar existente no PNQS, como uma evidenciada vontade política. No entanto, esse índice mede a porcentagem da renda familiar que está sendo utilizada para pagar os serviços de saneamento, com base na média da renda familiar e não dá visibilidade às áreas vulneráveis. Esse índice poderia ser utilizado se fosse alterado para que mostrasse as especificidades da renda da população por área, de maneira que conseguisse mapear as populações com dificuldade orçamentária, com o objetivo de sanar as debilidades e a ausência de saneamento e a dificuldade de pagamentos das tarifas.

Na dimensão operacional, voltado à universalização, há o Índice de criatividade do pessoal, atendendo ao critério de “Pesquisa, criação e inovação de ações práticas e de infraestrutura”. Esse indicador mede a quantidade de sugestões implantadas pelo número de empregados. No entanto, é necessário o cuidado com o tipo das sugestões, pois não podem ocorrer por qualquer razão, e devem estar relacionadas ao processo e ao produto para serem consideradas como critério de universalização.

Na dimensão dos recursos hídricos, no critério de “Programas de educação ambiental voltado ao uso consciente da água e programas de reuso da água, coleta de água de chuva e busca de água em lugares próximos à captação” poderia ser utilizado o Índice de Desenvolvimento Social, relação entre homens-horas engajados em programas sociais pelo tempo total do período, se os programas sociais fossem especificamente voltados ao uso da água.

Nesse sentido, há que se observar que a ineficiência característica do monopólio natural permite que o processo decisório das organizações trate com naturalidade a institucionalização de exclusões por questões legais quando os objetivos ficam sujeitos ao sigilo, promovendo uma sistematização de dados que desconsidera as populações moradoras de áreas irregulares. Assim, identificou-se que o círculo institucional das práticas empresárias parte da avaliação da conexão sob a lente do direito de propriedade. A racionalidade diante dos impedimentos legais para atuação pela operadora nessas localidades, a despeito da intencionalidade de atender a população no seu direito fundamental fica subordinada a coerção do direito administrativo pelo regulador, quando a norma assim determina.

Conclusões

Considerando os objetivos da regulação *sunshine* sobre as empresas atuantes em monopólios naturais, de simular o ambiente de um setor competitivo em regime de eficiência, e estimular ganhos de produtividade, os indicadores de *benchmarking* do PNQS podem ser considerados como uma maneira de analisar a universalização. Essas são características necessárias para a melhoria dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário e conseqüente universalização dos serviços.

Considera-se a percentagem de indicadores (49,4%) que permitem avaliar as ações de universalização um valor significativo visto que o PNQS não tem como foco a universalização, mas a qualidade da gestão, embora estejam intimamente relacionados. Essa relação é explicada devido ao objetivo da universalização requerer boa qualidade de gestão, que tem como conseqüência a possibilidade de investimentos e programas extensivos à comunidade, capacitação da força de trabalho, bem como disponibilidade de tempo para a criatividade dos funcionários das operadoras.

No entanto, quando os indicadores foram analisados pelas dimensões e critérios da universalização, observa-se que existe um desequilíbrio na distribuição dos mesmos. A diversidade de entendimentos sobre a universalização colabora no comprometimento da eficiência do *benchmarking* do modelo de incentivos. Destaca-se que não há indicadores específicos nos tópicos da população vulnerável, ou seja, existem lacunas impor-

tantes do ponto de vista da avaliação no tocante a evidências da universalização. Demandando estudos complementares para atendimento a todos os critérios necessários à avaliação da universalização.

Ressalta-se que esses indicadores devem estar organizados dentro de metas, programas e sistemas de planejamento visando a universalização para que sejam úteis e efetivos.

O modelo e o sistema de indicadores mostraram-se válidos devido à necessidade emergente no tema, e também à qualidade dos mesmos. Esta qualidade obtida por meio do processo de construção do modelo, que buscou utilizar as lentes da sustentabilidade, enfocando indicadores que se vinculassem a essas dimensões. O sistema permite ser ao mesmo tempo de simples visualização e mostrar a complexidade, identificando as multidimensões, características dos indicadores de sustentabilidade, só assim sendo possível observar a problemática dos serviços.

O modelo de diagnóstico de indicadores de *benchmarking* para universalização mostrou-se inovador, pois consegue apontar o que outros sistemas ainda não consideram. Se bem analisados e preenchidos os dados permitirão o mapeamento da população vulnerável que não possui atendimento aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. As operadoras e prefeituras muitas vezes possuem esses dados, mas ainda não de forma que possam ser observadas as características específicas que eles demonstrem, muito menos compará-las, como a proposta de *benchmarking*.

Referências

- Berg, S. (2007). Conflict Resolution: Benchmarking Water Utility Performance. *Public Admin. Dev.* 27, 1-11.
- Bhutta, K.S.; Huq, F. (1999). Benchmarking – Best practices: an integrated approach. *Benchmarking: An International Journal*, 6(3), 254-268.
- Blokland, M. W. (2009). Benchmarking for Pro-poor Water Services.
- Blokland, M.; Schouten, M.; Schwartz, K. (2010). Rejuvenating a Veteran Benchmarking Scheme: Benchmarking in the Dutch Drinking Water Sector. *Competition and Regulation in Network Industries*, 11(2).
- Galvão Junior, A. C. (2006). Regulação da Qualidade e Controle Social. In: Alceu de Castro Galvão Júnior, Alexandre de Caetano da Silva (Eds.), *Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto* (pp. 161-178). 2 ed. Fortaleza Expressão Gráfica e Editora Ltda., 204 p.
- Heller, L., Nascimento, N. O., Paiva, J. E. M. (2002). Saneamento. In: *Minas Gerais do Século XXI. V. 3 – Infraestrutura: sustentando o desenvolvimento*. Belo Horizonte: Roma.
- Marques, R.; Simões, R.; Pires, J. (2011). The international experiences in use of benchmarking in the regulation of water utilities. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20(1), 125-132, ISSN 1230-1485.
- Moisés, M., Kligerman, D. C.; Cohen, S. C.; Monteiro, S.C.F. (2010). A política federal de saneamento básico e as iniciativas de participação, mobilização, controle social, educação em saúde e ambiental nos programas governamentais de saneamento. *Ciência & Saúde Coletiva*, 15(5): 2581-2591,
- Morais, D. J., Fortes, S. A. M., Ferreira, H. J. de A. (1999). Evolução do Sistema de Esgotamen-

- to Sanitário no DF e Perspectivas para Universalização dos Serviços. *ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, pp. 701-711.
- Nascimento, N. O.; Heller, L. (2005). Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 10(1), 36-48.
- Piza, F. J. de T. (2000). Indicador de Salubridade Ambiental – ISA. Trabalho apresentado no *Seminário sobre Indicadores de Sustentabilidade do Projeto Redistribuição da População e Meio Ambiente: São Pedro e Centro-Oeste*, no período de 10 e 11 de abril de 2000.
- PNQS (2011). Guia do Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento. Belo Horizonte - MG: Comitê Nacional da Qualidade CNQA-ABES, 1997 até hoje. Anual.
- Ramalho, P. I. S. (Org.). Relatório Anual de Atividades da Anvisa – 2006. “*Regulação e Agências Reguladoras: governança e análise de impacto regulatório*”. Brasília: Anvisa, 2007b. v. 1. 424 p. Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 7 fev. 2009.
- Slack, N.; Chambers, S.; Harland, C; Harrison, A.; Johnston, R. (2002). Administração da Produção. *Atlas, São Paulo. Capítulo 18 - Melhoria da produção*, pp. 589-626.

3.

Ciudad y sustentabilidad

INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD BASADOS EN EL METABOLISMO URBANO: UN CASO ESTUDIO USANDO LA MORFOLOGÍA DEL MEDIO URBANO CONSTRUIDO DE LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN

SUSTAINABILITY INDICATORS BASED ON THE URBAN METABOLISM: A CASE STUDY USING
THE MORPHOLOGY OF THE URBAN BUILT ENVIRONMENT OF CONCEPCIÓN CITY

Luis Merino¹; Thibaut Vermeulen²; Rodrigo Medina³;
Raphaël Naon⁴; Leonardo Agurto⁵

¹Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Correo 3, Concepción, Chile;

²Departamento de Ingeniería de los Sistemas Urbanos, Universidad Tecnológica de Compiègne, Francia;

³Secretaría de TransporteSur (SECTRA), Concepción, Chile; ⁴Laboratorio del Territorio, Ciudad, Ambiente y Sociedad (TVES),
Unidad de Investigación (UFR) de Geografía y Planificación Urbana, Universidad de Lille 1, Francia;

⁵Grupo de Energía y Edificación (GEE), Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Zaragoza, España
lumerino@udec.cl; thibaut.vermeulen@etu.utc.fr; rmedina@sectra.gob.cl;
nahon.raphael@gmail.com; leonardoagurto@gmail.com

Resumen: La expansión y densificación de nuestras ciudades, su creciente consumo de energía, la demanda por espacios urbanos de calidad y la búsqueda de mitigación de las externalidades de los proyectos inmobiliarios obligan a planificar la ciudad desde una perspectiva holística, eficiente y sostenible. El marco regulatorio vigente se divide en: Ordenanza Local, Plan Regulador y Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.). En este trabajo se muestra, usando la ciudad de Concepción, la interdependencia entre estos distintos instrumentos regulatorios y cómo se puede disminuir la demanda energética, mejorar la eficiencia energética del sistema urbano y la sostenibilidad de los proyectos de urbanización. Esto se logra armonizando estos instrumentos y permitiendo una mayor penetración de energías limpias en el tejido urbano. Finalmente, se exponen las oportunidades de mejora del marco regulatorio, en conjunto con la Reglamentación Térmica, la Ley del *Net Metering* y las subvenciones para la integración de la Energía Renovable en urbanizaciones. Se sugiere una evolución de la regulación vigente en un instrumento que permita el desarrollo sostenible de las ciudades con un urbanismo bioclimático.

Palabras clave: Densidad urbana, energías renovables, indicadores, reglamentación vigente, urbanización.

Abstract: The urban sprawl and densification of our cities, the increasing consumption of energy, the quality of urban spaces, and reduction of negative externalities of building projects require a holistic, efficient and sustainable urban planning. The regulatory framework in force is comprised of several policies which include urban planning, sustainability and energy efficiency. The most important of these are the Local Plan, Master Plan and the Urbanism and Construction Act (OGUC in Spanish). In the present work, it is shown by using different urban scenarios of Concepción city that these policies are interrelated and that it is possible to reduce energy demand, improve the energy efficiency and the sustainability of building projects in the urban context. This is accomplished by harmonizing the different urban policies and allowing more clean energies into the urban fabric. Finally, we present the improvement opportunities for the regulatory framework in conjunction with the Thermal Regulation, the Net Metering Law, and the subsidy from the government for renewable energy technologies. Besides, we suggest a natural evolution of the current regulations to achieve a sustainable development of our cities.

Keywords: Urban Density, Renewable Energies, Indicators, Regulatory Framework, Urban Planning.

Introducción

La modelización urbana

LA FORMA EN QUE pensamos y diseñamos nuestras ciudades está tendiendo hacia un **urbanismo bioclimático, eficiente y sustentable** (*urbes*). Esta filosofía de diseño reúne a actores provenientes de distintas disciplinas que poseen objetivos particulares y generalmente contradictorios. Para ilustrar esto, el ejemplo de la Figura 1 muestra cuatro cuadras tradicionales (izquierda) y el resultado de dividir cada una de éstas su diagonal. Se ha mantenido la superficie construida y las superficies libres o corredores (Burdet *et al.*, 2013). Se visualiza rápidamente que se disminuyen las distancias a recorrer. Esto favorece la marcha del peatón, así como el contacto entre vecinos. Por otro lado, aumentan las superficies verticales, tanto opacas (muros) como transparentes (ventanas). Lo primero afecta al confort interno de las viviendas, ya que aumentan las superficies por las cuales se pierde energía térmica. El confort de las calles también se ve afectado por el aumento de superficies que irradian calor hacia ellas, lo que incide en el fenómeno de Isla de Calor (Oke, 2009). Las ventanas permiten el ingreso de rayos solares al interior de las viviendas, lo que es bienvenido en invierno pero no deseado en verano. El tipo de material de las construcciones agrega otra variable al problema: la inercia térmica (capacidad de almacenar energía) y el albedo (reflexión de energía). A esto podemos agregar la ventilación misma de este espacio urbano, que es el resultado de la interacción entre la forma urbana, la ventilación de las viviendas y el viento natural de la ciudad. Todo esto evidencia que la elección de la forma de nuestra ciudad afecta fuertemente el funcionamiento energético de ésta. Claramente los fenómenos están acoplados y son dependientes unos de otros. En conclusión, es una tarea delicada saber si ganamos o perdemos con un determinado diseño urbano.

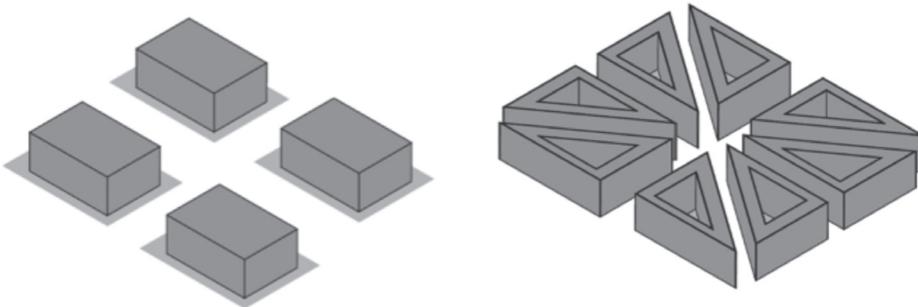


Figura 1. Ejemplo sobre elecciones morfológicas urbanas.

Lo anterior nos lleva a presentar la modelización urbana como un campo transdisciplinario cuyos actores presentan visiones de ciudad no necesariamente convergentes. A esto se suma los métodos de representación de las distintas visiones y la forma de

cuantificar cada objetivo particular. Entonces, necesitamos herramientas que nos permitan comprender la complejidad intrínseca de la ciudad, predecir las trayectorias y escenarios posibles e identificar los puntos de inflexión. Todo esto aunando los distintos objetivos de los actores involucrados en las urbanizaciones, para pensar ahora de una manera holista la ciudad y poder materializar esta visión en el futuro.

En este sentido, se han desarrollado distintas iniciativas para ayudar a la toma de decisiones en el proceso de diseño ciudades en sus distintas escalas. Para una revisión de herramientas informáticas *in extenso*, ver Robinson (2011). En este trabajo se utiliza la herramienta de simulación urbana URBES (Merino, 2013; Merino, 2014a y Merino 2014b) para mostrar una visión consolidada de la filosofía *urbes*, usando como ejemplo la ciudad de Concepción, Chile.

Modelos físico-matemáticos programados en URBES

La estructura del programa URBES se divide principalmente en un módulo donde se incorporan todos los aspectos geométricos de la escena urbana tridimensional del caso a estudiar (Vermeulen, 2014) y un módulo energético (Merino, 2013). Los principales datos de entrada del código URBES que complementan a la geometría son el emplazamiento geográfico de la zona de estudio y el archivo meteorológico. Las principales salidas corresponden a la radiación total de ondas cortas incidente sobre cada superficie de la escena urbana y una serie de indicadores urbanos energéticos y geométricos. La Figura 2 muestra la estructura simplificada del código URBES.

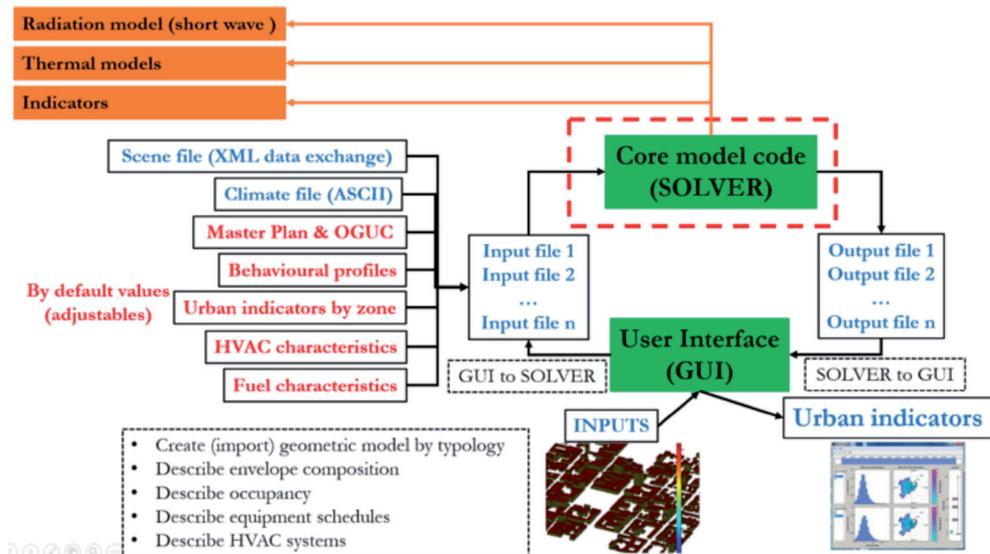


Figura 2. Estructura conceptual de la herramienta URBES.

Dada la importancia de la componente energética en el balance de ondas cortas en todas las escalas espaciales (edificio, calle, barrio, ciudad y territorio), se explicará en forma breve el módulo energético. Éste es capaz de determinar la radiación solar de ondas cortas sobre una superficie en cualquier escena urbana. Este módulo considera tres componentes para la radiación del cielo, es decir la radiación proveniente directamente del sol y la radiación proveniente desde toda la bóveda celeste. Además, el módulo considera la componente reflejada desde el ambiente urbano construido a través del coeficiente de reflexión de cada superficie o albedo. Dada la complejidad del cálculo de esta componente se usa un algoritmo de radiosidad simplificada (Robinson, 2004). La Figura 3 muestra esquemáticamente estas tres componentes de la radiación solar.

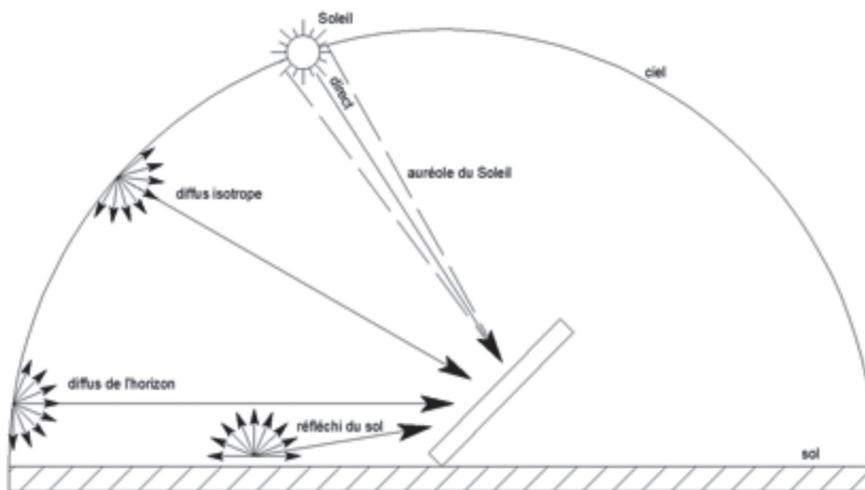


Figura 3. Radiación directa, difusa y reflejada del sol sobre una superficie inclinada. Adaptado de Duffie & Beckman (2006).

La componente directa de la radiación solar no presenta grandes complicaciones de cálculo, pero la componente difusa sigue siendo un desafío. Para esta componente, los modelos pueden ser isotrópicos o anisotrópicos. Dentro de estos últimos, podemos encontrar decenas de modelos que han sido desarrollados para aplicaciones térmicas (Duffie y Beckman, 2006). Merino (2013) demostró que ninguno de estos modelos es adecuado para aplicaciones urbanas, es decir donde el porcentaje de cielo visible es limitado, y valida una adaptación de modelos de iluminación natural (Perez *et al.* 1993) para aplicaciones térmicas.

Validación empírica del modelo de radiación solar

La validación empírica del modelo físico de radiación solar de ondas cortas se reali-

zó cotejando lo medido y simulado sobre cuatro superficies urbanas verticales en la ciudad de Compiègne, Francia (Merino, 2013). La siguiente Figura 4 muestra esta validación empírica usando dos condiciones extremas (cielo despejado y nublado) y una intermedia (parcialmente nublado) para una superficie orientada hacia el Sur-Este. En esta Figura 4, el eje horizontal muestra el tiempo y el vertical la irradiancia solar (energía solar instantánea). El análisis de un cielo completamente despejado permite destacar la buena correlación entre los datos medidos y calculados ($R=1$) para el día calendario 213 del año 2013. Para clasificar el tipo de cobertura de nubes del cielo se usa el índice de claridad del cielo diario (K_T), definido como la razón entre la radiación solar global recibida sobre una superficie horizontal en la superficie terrestre y la radiación solar recibida sobre una superficie horizontal emplazada fuera de la atmósfera.

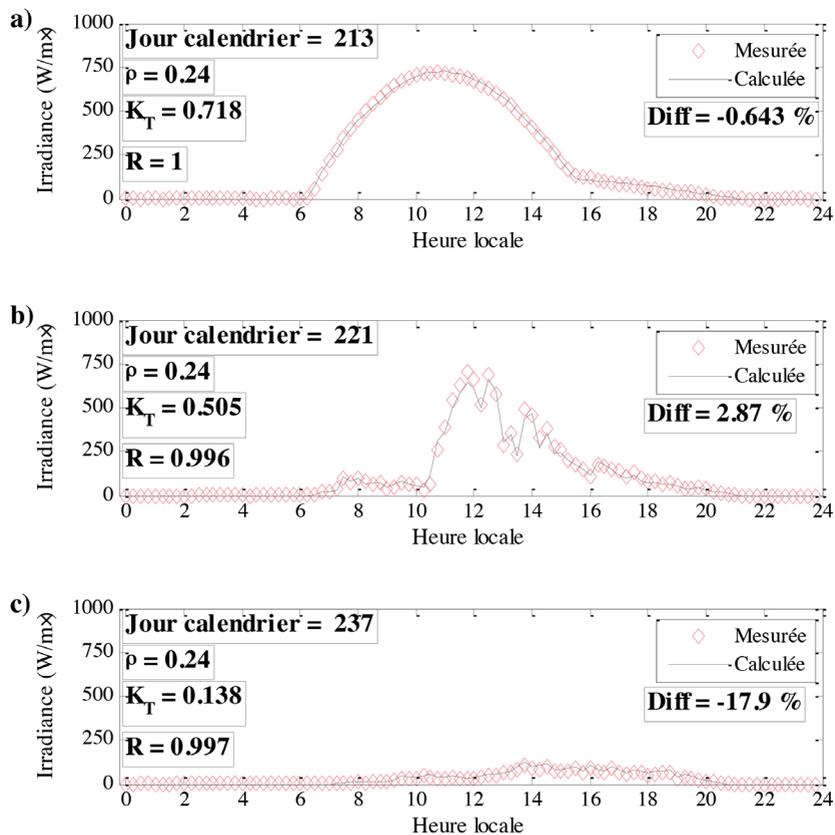


Figura 4. Comparación de la radiación solar medida y calculada sobre una superficie SE para un cielo (a) sin nubes, (b) parcialmente cubierto de nubes y (c) totalmente nublado.

Las diferencias relativas (Diff) entre la energía diaria medida y calculada son igualmente indicadas en la Figura 4. Para un cielo despejado ($K_t=71.8\%$), la radiación medida es 0.64% inferior a la calculada. En el caso de un cielo nublado, esta diferencia es importante (17.9%), pero el orden de magnitud de la radiación solar en días nublados para aplicaciones urbanas es despreciable. Para determinar la componente reflejada sobre la superficie vertical, se usó un coeficiente de reflexión del suelo (ρ) o albedo de 0.24.

Objetivo

El presente trabajo posee como objetivo principal mostrar las ventajas de contar una herramienta computacional que sea capaz de consolidar distintas visiones urbanísticas y energéticas, tanto desde el punto de vista del planificador urbano como del revisor de proyectos, ya sea público o privado. Para esto mostramos distintas aplicaciones usando como base la ciudad de Concepción y el camino a seguir para lograr una visión holística del problema.

Metodología

Información mínima para analizar Concepción

En función del tipo de aplicación que se desee realizar, se pueden usar distintos niveles de información. Lo más básico es el emplazamiento geográfico (latitud 36.5° S; longitud 73° O) que nos permite determinar los niveles de radiación para días sin nubes (Liu y Jordan, 1960). Ahora bien, si queremos determinar este potencial afectado por las nubes, necesitamos mediciones o archivos meteorológicos estándar que incorporen esta variabilidad climática. En su fase más completa, podemos determinar la interacción del clima con la geometría de la escena urbana. A continuación presentamos estos distintos niveles de aplicación para distintas escalas.

Resultados

URBES como una herramienta de pre-diseño climático

En su nivel más básico, podemos usar el código URBES para simplemente visualizar datos meteorológicos, tales como temperatura, humedad, viento, *et caetera*. La Figura 5 muestra el ejemplo de los datos de radiación solar horaria para un año típico de Concepción. El eje horizontal representa los días del año y el vertical las horas del día.

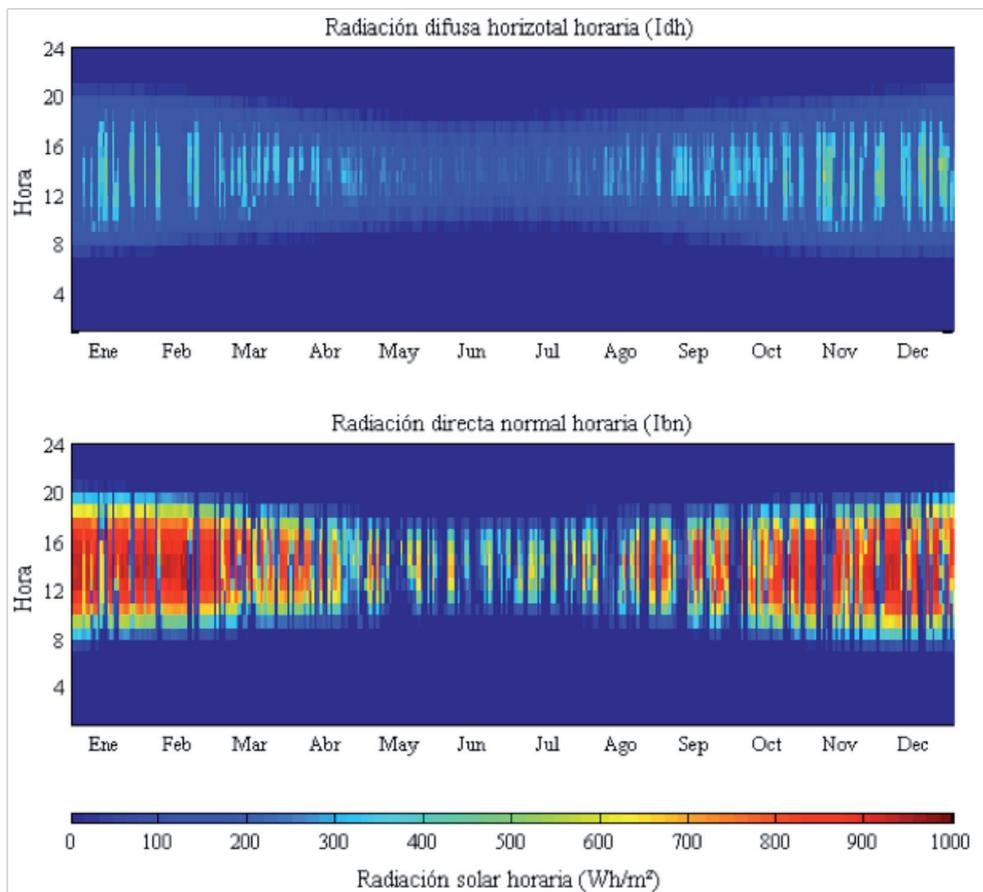


Figura 5. Radiación solar horaria para un año típico de Concepción.

A partir de esta Figura podemos determinar la longitud de cada día del año, así como los órdenes de magnitud de la radiación solar. Adicionalmente, podemos obtener el potencial de captación de energía solar para tecnologías que usen la energía solar como dato de entrada. La Figura 6 muestra la dependencia de este potencial de captación como una función de la inclinación y el azimut del colector solar. Como se esperaba, la orientación óptima para un colector solar es mirando hacia el Ecuador en una inclinación de 25 grados. Esto es concordante con reglas aproximativas que establecen la inclinación óptima como la latitud geográfica menos 10 grados. Para mostrar eso de una forma más detallada se realiza un corte en este gráfico (izquierda).

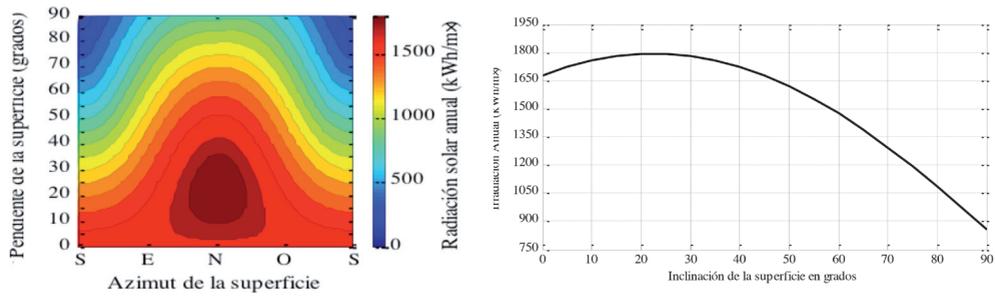


Figura 6. Mapa de irradiación solar (izquierda) y potencial solar para la orientación óptima en función de la inclinación del colector solar (derecha).

Evaluación del acceso solar en Chile

El acceso solar se considera como el derecho que tiene cada habitante de una ciudad a disfrutar de cierta cantidad de sol durante el año. Este derecho es regulado por el Plan Regulador u Ordenanzas nacionales o municipales. Este derecho puede definirse de varias formas. El criterio más simple limita la altura de las edificaciones vecinas usando un plano imaginario inclinado un cierto ángulo: la rasante. El valor de este ángulo puede asegurar una cierta cantidad de horas de sol en el año o unas ciertas cantidades de sol en la condición más desfavorable, es decir el solsticio de invierno (Littlefair, 1998 y Littlefair, 2001). La Figura 7 muestra la aplicación de la rasante en el medio urbano.

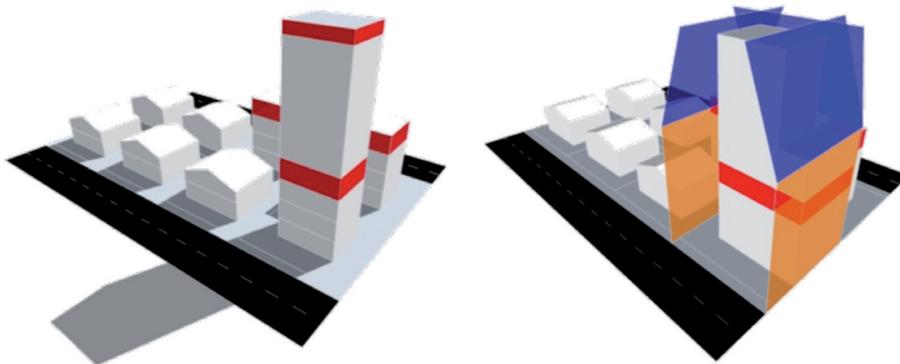


Figura 7. El concepto de rasante.

En la realidad chilena el criterio es ambiguo, ya que la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) no establece si se aseguran horas de sol durante el año o el solsticio ni tampoco cuántas (Merino *et al.*, 2014 y Valdebenito *et al.*, 2014). La Figura 8 muestra la altura del sol sobre el horizonte a lo largo del año obtenido con URBES para tres ciudades de Chile: Santiago, Concepción y Punta Arenas.

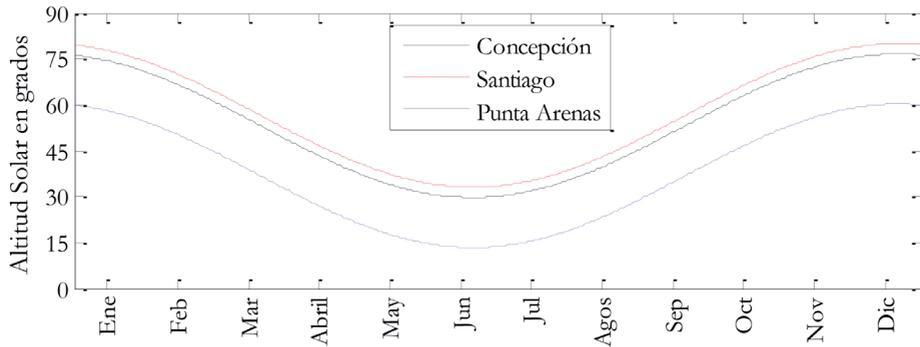


Figura 8. Altura del sol al medio día solar para cada día del año en tres ciudades de Chile.

La OGUC divide a Chile en tres zonas: norte, centro y sur. Para cada una de ellas establece un ángulo único para la rasante: 60, 70 y 80 grados sexagesimales respectivamente. Ahora bien, si nos fijamos en Concepción, podemos ver en la Figura 9 que el sol está por sobre la rasante o, en otras palabras, es visible durante los primeros 40 días del año y durante los últimos 60 días del año, es decir en verano. Si se edifica respetando la Ordenanza vigente, se privilegia el asoleamiento en verano cuando en realidad debería privilegiarse en invierno.

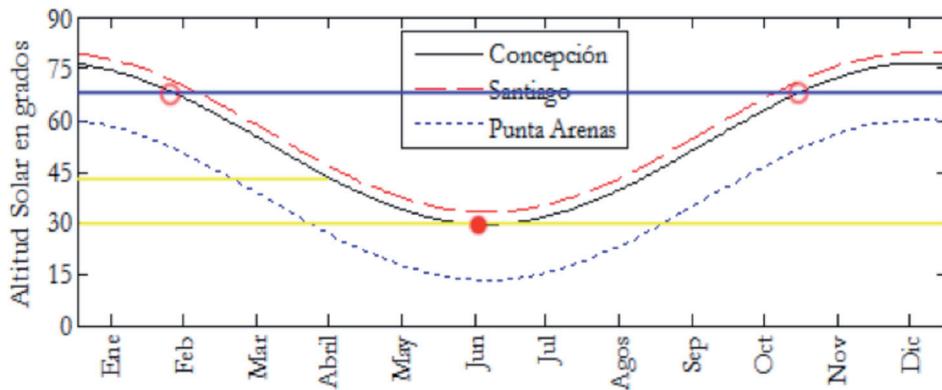


Figura 9. Interacción entre la rasante de Concepción y la altura del sol a lo largo del año.

Nos encontramos ante una gran oportunidad de mejorar nuestros instrumentos normativos en Chile, tanto la Ordenanza como los planos reguladores.

Evaluación del potencial solar en Concepción

En el marco del proyecto CONICYT-AKA ERNC-007 “*Assessment of Solar Energy Potential in Urban Areas*” se desarrolló una plataforma que permite determinar el potencial de ahorro energético, en línea, al incorporar tecnologías de Energía Renovable No Convencionales (ERNC). Usando la herramienta URBES, se ha calculado el potencial solar incidente sobre los techos de las viviendas de la ciudad de Concepción. Para esto se utilizaron tipologías geométricas representativas de cada barrio de Concepción que fueron simuladas detalladamente. Estos resultados fueron extrapolados para cubrir toda la superficie de Concepción (García *et al.*, 2014). La Figura 10 muestra esta plataforma Web.



Figura 10. Mapa solar de Concepción.

Impacto de la densificación en el potencial energético solar

Determinar el potencial de captación de energía solar sobre el tejido urbano de Concepción nos permite evaluar el posible ahorro de consumo energético de viviendas, así como identificar las zonas de Concepción donde es más rentable fomentar el uso de ERNC. Si cambiamos la escala de la ciudad a la del barrio, podemos realizar un análisis más fino para determinar el impacto que ha tenido el cambio del Plan Regulador de Concepción (PRC). Actualmente, existen sectores donde la altura de edificación no tiene límites. En estos casos, sólo la densidad demográfica (densidad bruta en habitantes/hectárea) estipulada en el PRC en conjunto con las restricciones presupuestarias limitan las alturas de las edificaciones. Esto ha generado la aparición de grandes torres (20 pisos o más) en zonas donde hay edificaciones de baja altura, tales como casas. Para ilustrar esta situación, se escogido una cuadra típica de estas zonas donde se emplazan dos grandes torres: una por la Avenida Chacabuco y otra por la calle Castellón. La Figura

11 muestra el modelo real de la situación y la versión simplificada para la simulación. En esta versión, se han omitido los detalles arquitecturales.



a) Geometría real.



b) Geometría simplificada.

Figura 11. Representación geométrica de una cuadra de Concepción.

La simulación de esta situación nos entrega la energía total incidente sobre la envolvente de esta cuadra. La Figura 12 nos permite comparar el escenario actual (imágenes superiores) y una situación ficticia donde se ha limitado la altura de las dos torres a cinco niveles.

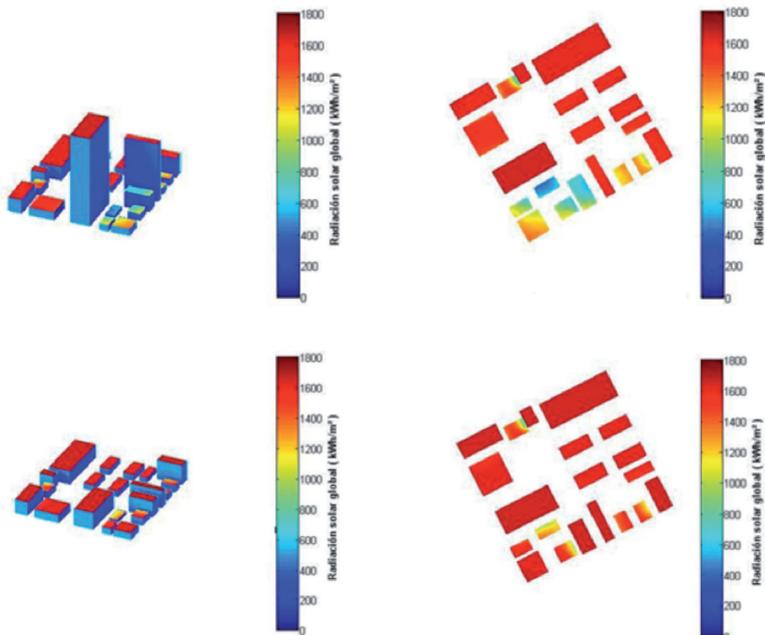


Figura 12. Impacto de la densificación en una cuadra de Concepción. Vista en perspectiva (izquierda) y aérea (derecha) del escenario actual (arriba) y uno ficticio (abajo).

En este caso, la edificación indicada con una flecha negra presenta un aumento de su potencial de captación de energía sobre su techo de un 30%. Esto evidencia el impacto que podría tener una futura torre en otro barrio de Concepción.

Conclusión

Se ha ilustrado a través de distintos ejemplos progresivos en complejidad la ventaja de poseer una herramienta que ayude a la evaluación de escenarios urbanos. No sólo para identificar potenciales e impactos, si no para visualizar cómo podemos mejorar nuestros instrumentos normativos y al mismo tiempo mejorar la calidad de nuestros espacios urbanos. Ahora bien, en este trabajo se ha puesto énfasis en la dimensión energética del problema, pero el análisis es análogo para otras dimensiones, tales como el transporte. El estado actual de esta herramienta permite igualmente determinar cualquier indicador que esté basado en la geometría del problema. Por ejemplo, distancia a equipamiento urbano como hospitales o recintos educacionales. La próxima etapa de desarrollo contempla la determinación de magnitudes adecuadas de diversos indicadores urbanos. A modo ilustrativo podemos mencionar los siguientes indicadores propuestos por Hermida (2015) que complementan a los indicadores energéticos presentados en este trabajo.

- Compacidad.** Densidad urbana de viviendas, densidad de habitantes, compacidad, reparto viario público peatonal, proximidad a redes de transporte, accesibilidad del viario público peatonal, áreas de predios verdes.
- Diversidad de uso.** Complejidad urbana, relación entre actividad y residencia, actividades comerciales cotidianas, continuidad espacial de corredores urbanos.
- Verde urbano.** Permeabilidad del suelo público, superficie verde por habitante, volumen de verde en el espacio público, proximidad al verde más cercano.
- Integración socio-espacial.** Dotación de equipamiento, porcentaje de viviendas con carencias, segregación espacial.

La complejidad en la determinación de estos indicadores urbanos radica por una parte en la disponibilidad de información y la programación, pero lo más complejo es establecer los umbrales adecuados para lograr urbanizaciones sustentables. El proyecto FONDEF ID14i10208 pretende adaptar estos y otros indicadores al contexto nacional.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto CONICYT-AKA ERNC-007 “Assessment of Solar Energy Potential in Urban Areas” (CONFIN) por el financiamiento parcial para el desarrollo de tipologías urbanas de Concepción y al proyecto FONDEF ID14i10208 por el financiamiento para adaptar los indicadores urbanos al contexto nacional.

Referencias bibliográficas

- Burdet, E., Colombert, M., Morand, D. y Diab, Y. (2013). Modélisation des flux énergétiques urbains pour les projets d'aménagements. *Colloque International Futurs Urbains: Enjeux interdisciplinaires émergents pour comprendre, projeter et fabriquer la ville de demain* (pp. 16-18). Paris, enero 2013.
- Duffie, J. y Beckman, W. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Hoboken, New Jersey: Wiley and Sons.
- García, R., Wegertseeder, P., Baeriswyl, S., Trebilcok, M. (2014). Mapa energético solar de Concepción: cartografía urbana del consumo energético y captación solar en edificaciones residenciales de Concepción, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 59, 123-143.
- Hermida, A. (2015). *La ciudad es esto: Medición y representación especial para ciudades compactas y sustentables*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Littlefair, P. (1998). Passive solar urban design: ensuring the penetration of solar energy into the city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2, 303-326.
- Littlefair, P. (2001). Daylight, Sunlight and solar gain in the urban environment. *Solar Energy*, 70(3), 177-185.
- Liu, B. y Jordan, R. (1960). The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar irradiation. *Solar Energy*, 4, 1-19.
- Merino, L. (2013). *Modélisation du rayonnement solaire pour la simulation thermique en milieu urbain*. Tesis doctoral de la Université de Technologie de Compiègne, Francia.
- Merino, L., Vermeulen, T., Nahón, R., Agurto, L., Espinosa, P. (2014). Propuesta de un marco de referencia para la simulación, evaluación y reducción de la demanda energética de proyectos inmobiliarios usando indicadores urbanos. *Jornadas Chilenas de la Construcción*. Santiago, Chile, 3 y 4 de septiembre.
- Oke, T. R. (2009). *Boundary Layer Climates*. London: Routledge.
- Perez, R., Seals, R. y Michalsky, J. (1993). All-Weather model for sky luminance distribution – Preliminary configuration and validation. *Solar Energy* 50(3), 235-245.
- Robinson D. y Stone, A. (2004). Solar radiation modelling in the urban context. *Solar Energy*, 77(3), 295-309.
- Robinson, D. (2011). *Computer Modelling for sustainable urban design*. Reino Unido: Earthscan.
- Valdebenito, P., Merino, L. y Vermeulen, T. (2014). Hacia un marco regulatorio de desarrollo urbano sostenible: Acceso solar y su influencia en el diseño de ciudades. *Jornadas Chilenas de la Construcción*. Santiago, Chile, 3 y 4 de septiembre.
- Vermeulen, T. (2014). *Optimization de formes urbaines soumises au rayonnement solaire*. Tesis doctoral de la Université de Technologie de Compiègne, Francia.

DESARROLLO DE UN CONJUNTO DE INDICADORES Y CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD URBANA COMO HERRAMIENTA DIGITAL PARA ASISTIR EL DISEÑO DE BARRIOS EN EL CONTEXTO CHILENO

DEVELOP OF A SET OF CRITERIA AND SUSTAINABILITY INDICATORS AS A DIGITAL TOOL TO ASSIST THE DESIGN AT NEIGHBOURHOOD SCALE ON THE CHILEAN CONTEXT

Leonardo Agurto¹; Paulina Espinosa²; María Isabel Rivera³; Luis Merino⁴

¹Arquitecto MSc., Doctorando Universidad de Zaragoza; ²Arquitecta MSc., Doctoranda en KU Leuven; ³Arquitecta MSc., Docente FAUG Universidad de Concepción; ⁴PhD Docente Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción
leonardoagurto@gmail.com, lagurto@unizar.es, NellyPaulina.EspinosaRojas@asro.kuleuven.be,
mariaisrivera@udec.cl, lumerino@udec.cl

Resumen: La evaluación y la adaptación a nivel local del concepto de sostenibilidad urbana es hoy un urgente reto. Las tendencias que en los próximos años sigan nuestras ciudades y las tipologías de crecimiento e implantación con las que se desarrollen y transformen nuestros barrios, van a ser determinantes para hacer frente al reto de la sostenibilidad urbana futura. Es por esto que un grupo de investigación interdisciplinario, en el marco de un proyecto FONDEF ID14110208, se ha propuesto desarrollar un conjunto de indicadores de sostenibilidad urbana que sean aplicables mediante una herramienta digital que asista el diseño de barrios bajo estos criterios en el contexto chileno y regional.

La primera parte del trabajo es la configuración de esta batería de indicadores adaptados al contexto regional y nacional, que es uno de los grandes retos de los sistemas de indicadores, especialmente en Chile, donde no existe una base objetiva a nivel de prácticas de diseño urbano, aplicable a escala de barrio más allá de la vivienda. Existen numerosos estándares y experiencias internacionales que han marcado la pauta en Chile en ese sentido, sin embargo muchas veces estos criterios importados pierden vigencia dado que han sido desarrollados en el marco de realidades que históricamente resultan ajenas. Especial atención merece la imperiosa necesidad de anticiparnos y definir una serie de restrictores e indicadores de calidad urbana adaptados al ámbito urbano chileno que sean un añadido de calidad más allá de la O.G.U.C. y de normativas vigentes como planes reguladores y otras normativas, respondiendo a las innegables problemáticas actuales de las ciudades chilenas. El desafío es hacer una lectura objetiva de esta gran cantidad de variables técnicas, sociales y ambientales que permitan la real mejora en el medioambiente urbano nacional, la toma de conciencia y la correcta toma de decisiones en la etapa de diseño respecto al amplio y concreto alcance del término sostenibilidad más allá de intereses comerciales e inmobiliarios.

Palabras clave: Contexto urbano chileno, diseño urbano, evaluación de la sostenibilidad urbana, herramientas digitales para el diseño, indicadores de sostenibilidad.

Abstract: The assessment and local adaptability of urban sustainability concepts are an urgent challenge. Consequently the growing trends that our cities are following and the urban design that is guiding the neighbourhood's development will be crucial to reach the urban sustainability aim. That is why; an interdisciplinary research group in the framework of a FONDEF ID14110208 project has proposed developing a set of indicators. These will be applied by developing a digital tool to assist the design of neighbourhoods under these criteria in the Chilean context.

The first stage is to adapt the indicators to the regional and national context. This is the key

challenge since in Chile there is not an objective basis applicable to neighbourhoods scale beyond housing. There are several international standards and experiences that have been used in Chile however, using imported outdated criteria developed in different contexts and realities normally does not tackle the local problematic. Special attention required the urgent need to anticipate and define a series of restrictors and indicators adding value and quality by design, beyond LOGUC and regulatory plans responding to current and undeniable problems of the Chilean cities. The challenge is to build an objective reading of this large amount of technical, social and environmental variables that allow the designers to perform a real improvement and proper decision-making in the design stage regarding the broad and specific scope in terms of sustainability beyond commercial and real estate interests.

Keywords: Chilean urban context, digital tools, design, urban indicators, urban sustainability assessment.

Introducción

Una herramienta para asistir el diseño de barrios

ESTE ES UN PAPER de trabajo que se enfoca en una primera etapa del desarrollo y avance de la investigación que se está realizando en el marco del proyecto FONDEF Folio ID14I10208, denominado “Desarrollo de una herramienta computacional para el diseño y evaluación de conjuntos urbanos residenciales en base a criterios urbanísticos, de eficiencia energética, ciclo de vida y sostenibilidad”. Este proyecto constituye una oportunidad para establecer desde la región y el contexto local del Bío-Bío una investigación que, por un lado, pueda establecer un marco teórico de referencia adaptado al contexto nacional y que, por otro, pueda ser un avance hacia un proceso de calificación voluntaria sin fines de lucro de un desarrollo urbanístico en Chile. Esta guía pretende ser extendida más allá de un manual de recomendaciones, como una herramienta digital, un software que asista el diseño de urbanizaciones de alta calidad integrando diversos parámetros de diseño. Para esta ambiciosa aspiración se requiere un arduo desarrollo, en el que este primer proyecto de dos años constituye un primer paso hacia la búsqueda de una visión integral aplicada y contextualizada al medio local de lo que visualizamos como una herramienta que configure un ideal proyectual (Naredo, 2001; Guattari, 2008), en el sentido de lo que debe ser el crecimiento en las ciudades del sur, sobre todo en la búsqueda hacia un sentido identitario a la manera en que lo entendería el geógrafo Müller-Mahn (2009), ideal que garantice una serie de parámetros de calidad urbana que no siempre están siendo tomados en cuenta. Para ello es preciso, primero que todo, una sólida noción de lo que queremos establecer como concepción de crecimiento y desarrollo urbano a nivel nacional, más allá de los intereses político-económicos, estableciendo una base teórica consistente, basada en el conocimiento teórico-empírico sobre la ciudad que aporte y catalice la opinión de la academia sobre el futuro urbano del país y su evolución, alejada de tensiones externas y amparada por la libertad crítica que debe caracterizar el conocimiento aplicado desde la academia y buscando concretar su aporte teórico al desarrollo de una sociedad con ideales comunes. Es necesaria la configuración de un ideario teórico basado en concepciones objetivas y a la vez establecer un debate en el ámbito académico nacional sobre qué tipo

de propuesta de ciudad estamos llevando adelante y qué influencia en los resultados de desarrollo urbano o evolución urbana obtenemos. ¿Es el concepto de sostenibilidad urbana la respuesta? Es sabido que la aplicación más común del concepto en el ámbito urbano y la edificación a nivel global se ha hecho mediante indicadores y constituye una forma de concretar su aplicación, pero es preciso un análisis más profundo y una revisión conceptual antes de comenzar.

El presente artículo y sus contenidos muestran estos primeros meses de investigación preliminar en el proyecto y pretenden ser el registro de este proceso de definición conceptual. Se mostrará inicialmente un breve resumen de esta conceptualización, que servirá como guía para expresar la filosofía de lo que se quiere lograr, para luego enmarcar referencias conceptuales que nos serán útiles para esta configuración de familias de indicadores que darán el primer paso en este estudio. Cabe mencionar que este proyecto involucra un equipo multidisciplinario y se basa en la experiencia de la realización de dos tesis doctorales, así como la integración en el equipo de investigadores provenientes de Chile, España y Francia. Es preciso mencionar, además, que la configuración base del software, así como su idea original, estará fundamentada en la experiencia adquirida por el grupo de Investigación de Energía y Edificación de la Universidad de Zaragoza, el que desde el año 1994 viene desarrollando el software URSUS (Urban Sustainability) para la evaluación energética y de indicadores de sostenibilidad urbana; parte de este grupo, hoy GEEZAR, integra este proyecto FONDEF. Por otra parte la experiencia del proyecto francés SERVEAU (Simulation, Evaluation et Réduction de la Vulnérabilité Energétique des Aménagements Urbains) también constituirá un referente en la parte de cálculo e indicadores energéticos, ya que investigadores participantes en él forman parte del equipo.

Problemas y oportunidades abordadas por el proyecto

Es el diseño del conjunto barrio el que le otorgará muchas de las características que definirán la morfología de la ciudad de manera casi definitiva, estimando su duración en por lo menos los próximos 50 años en el caso de la edificación y 100 años en el caso de las infraestructuras como calles (Margolin and Margolin, 2002; Gehl, 2014; Arriaga, 2011; Goikuria et Jauregi, 2012). En nuestro país muchas de estas determinantes aún son ignoradas completamente, respondiendo a los intereses del mercado, dejando de lado muchas veces la calidad ambiental del barrio (Romero T., Romero A. y Toledo, 2009) y su impacto sobre el paisaje como transformador de territorios naturales en áreas urbanas (Schaffrin, 2013), sobre todo a nivel del diseño de conjuntos de vivienda social. Esto deriva en lo que se denomina como la falta de complejidad en el diseño (Jacobs, 1961; Sevaldson, 2010; Wakely and Riley, 2011), en que el diseño de conjuntos residenciales bajo parámetros ambientalmente adaptados es una utopía comparado con las determinantes de rentabilidad en el uso del suelo en que ha sido basada su concepción, las que no necesariamente implican situaciones de desempeño profesional en que concurra una gran cantidad de variables de diseño. Todo esto genera tres problemáticas principales, que están vinculadas entre sí y que resumen el diagnóstico realizado que motivó el abordaje de la problemática:

- El bajo nivel de adaptabilidad medioambiental (McHarg, 1960; Whiston, 1984; Oliver, 2010) de estos conjuntos y sus distribuciones a los disímiles contextos climáticos de nuestro país (Romero *et al.*, 2013). Derivado de lo anterior, el sector residencial supone hoy un alto porcentaje de los consumos energéticos en Chile, esto lo reafirman organismos oficiales tanto del ámbito de la energía como de la construcción (CNE, 2008; CDT, 2010).
- Una deficitaria integración de estas urbanizaciones dentro de un total de ciudad (Lara, 1998; Mateos y Aguilar, 2000), no siendo visto este tema como un punto crítico o relevante en la conformación de nuestras ciudades.
- Una indefinición conceptual intencionada entre quienes hacen la ciudad, configurando con ello la apropiación y el uso de ciertos términos y conceptos en sentidos equívocos, duplicados, polarizados o eufemísticos, vaciando con ello gradualmente su significante original y reemplazándolo por otro de manera utilitaria. Así hoy resulta casi imposible no sorprenderse al analizar en el discurso oficial, el sentido con el que se usan los conceptos como sustentabilidad, barrio, urbanización, aldea, condominios, villa, población, entre otros, estableciendo con ello una realidad apropiada para ciertos intereses.

Objetivos

Las cuestiones anteriormente expuestas configuran el objetivo que, en el ámbito de la disciplina proyectual, este proyecto desea abordar. El objetivo principal del proyecto es desarrollar un software, a nivel de prototipo, que permita evaluar urbanizaciones nuevas y existentes desde el punto de vista de la sostenibilidad en el contexto chileno. Se plantea que, en la medida en que diseñadores y proyectistas tengan conciencia de esta influencia directa del diseño del conjunto en todas las condiciones que determinarán importantes aspectos con importantes efectos posteriores –que van desde la calidad de vida en los espacios públicos de un barrio hasta la eficiencia energética de cada una de las viviendas–, mejores serán los resultados de incorporar al diseño este amplio y vasto número de variables ligadas al todavía difuso concepto de sostenibilidad, punto que merece especial atención, por lo que el concepto y su uso serán analizados y revisados en esta definición conceptual. Esta base viene dada por el análisis y diagnóstico complementario que se realizó como producto de dos tesis doctorales de miembros del equipo (Merino, 2013; Agurto, 2015), previas al proyecto, basadas en el análisis energético en términos urbanos y de la ciudad chilena y sus contextos de diseño urbano a escala intermedia, respectivamente.

Objetivos específicos

- La certificación futura, voluntaria y gratuita de nuevos barrios mediante parámetros de calidad a establecer. Esta evaluación se configurará de una manera flexible, comenzándose por abarcar los puntos de vista medioambientales, socio-espaciales, eficiencia, calidad constructiva y análisis de su ciclo de vida.
- Entregar un servicio a la comunidad con información fehaciente sobre la calidad

medible y comparable de los barrios en desarrollo y existentes, pudiendo con esto concienciar y difundir parámetros informativos a la ciudadanía sobre la calidad establecida en un marco de objetividad.

- Modificar la incidencia de la vivienda en el consumo energético nacional, disminuyendo con ello la dependencia energética del país a nivel general y las emisiones contaminantes.
- Favorecer la coordinación en futuras intervenciones y rehabilitaciones en barrios, las que han sido entendidas como consecuencia de estrategias desconectadas entre sí y sin capacidad para provocar un efecto catalizador de procesos más complejos tanto sociales como ambientales.
- Adaptar criterios de sostenibilidad medioambiental a nuestro contexto, tanto para la construcción, diseño y también para la rehabilitación de barrios vulnerables en base a sus propias potencialidades partiendo desde la microescala de célula urbana y su potencial (Agurto, 2011), ampliando el rango de detalle en el análisis, y rescatando elementos que normalmente no son tomados en cuenta.

Metodología aplicada e hipótesis

El marco de trabajo demanda comprender la complejidad y el conjunto de variables que deben ir implícitas en el diseño del conjunto, no solo de la arquitectura sino que del soporte comunitario que debe proveer el ámbito del barrio que la soporta (Buraglia, 1975; Sanders y Stappers, 2008; Lin and Lee, 2005). Para ello, debe manejar un repertorio de conocimientos y habilidades proyectuales mucho más robusto que el tradicionalmente desarrollado en la formación de los arquitectos. Los niveles mínimos de desempeño profesional esperables en esas nuevas situaciones requieren de capacidades de base científico-tecnológica complejas e interrelacionadas. Abordar la creación de una herramienta de diseño que integre estas variables tiene mucho que ver con el tipo de preguntas que se planteen al inicio como, por ejemplo, establecer objetivos que sean pertinentes si se quiere representar una realidad propia en un software para asistir el diseño de barrios, el riesgo de simplificación extrema que se corre en esta objetivación al trasladar elementos cualitativos a cuantitativos, la implantación y la influencia de ideas de indicadores provenientes de contextos urbanos muy disímiles y ajenos al nuestro, sobre todo las ideas que actualmente provienen del mundo de las certificaciones internacionales y de contextos difíciles de compatibilizar a nuestro escenario urbano, como lo son la ciudad mediterránea europea o la ciudad norteamericana. Así, el presente trabajo pretende desarrollar una herramienta computacional que ayude al diseño y evaluación de conjuntos urbanos usando la simulación numérica. A partir de esto se presentaron las siguientes hipótesis:

- La simulación numérica puede incorporar los parámetros de diseño principales para diseñar y evaluar diferentes escenarios de urbanización.
- El motor de cálculo de la simulación numérica a la escala urbana puede entregar resultados en tiempos razonables.

- Los modelos físicos y matemáticos pueden degradarse o simplificarse sin afectar la precisión de los resultados cuando se trabaja a la escala urbana.
- El contexto urbano modifica el comportamiento del edificio, y esto puede ser cuantificado a través de la simulación.
- El uso de indicadores urbanos sirve para discriminar entre distintas estrategias de agrupamiento o densificación de edificios.

Análisis a escala intermedia

La escala intermedia entre la ciudad y la vivienda, escala de barrio/urbanización, es el ámbito en que mayor poder de decisión sobre la morfología urbana le compete todavía directamente al diseñador, en el sentido del peso de sus decisiones de diseño y de la estructura y distribución espacial que ponga, pudiendo con ellas generar cambios directos en las matrices internas de centralidad de un barrio, distribución de usos de suelo, estructura vial interna, conectividad, orientación de las construcciones, etc. Siendo todas estas características, posteriormente determinantes en la ciudad, gran cantidad de factores que luego incidirán directamente en la configuración espacial y, por ende, en el microclima urbano del barrio, ahorro energético en la vivienda y confort en el espacio público. Con todas las limitantes que puede llegar a tener una herramienta digital de este tipo, es una oportunidad proponer ampliar el espectro de herramientas proyectuales a la escala de barrio, a pesar de que se necesitan algunas reducciones de complejidad de algunas variables para hacerlas aplicables; pero si hablamos de que el diseño de un barrio es el soporte espacial para las relaciones sociales entre sus habitantes y la integración a la ciudad (Rapoport, 1977), es importante determinar este soporte de la mejor forma y con el mayor detalle posible (Van Leuween, 1973).

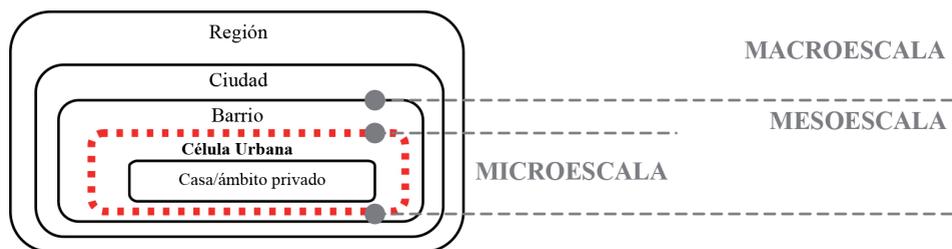


Figura 1. Análisis proponiendo una escala intermedia Célula urbana. (Autor, 2011).

Es preciso integrar como análisis para determinar la calidad del barrio la definición de una escala intermedia aún más detallada que nos permita definir todas las posibilidades de un ámbito entre la calle y la casa, ámbito que se considera de suma importancia y que es finalmente una determinante que incide fuertemente en la calidad de vida de los habitantes, en la vida social y sus patrones de interacción y, por supuesto, en el comportamiento energético de todas las construcciones y elementos edificados.

Secuencia de la investigación

A continuación se enumeran las principales tareas a realizar en el orden secuencial establecido:

- Definición conceptual sobre la filosofía de crecimiento y modelo de ciudad hacia la que queremos tender. Este ideal urbano es el que nos dará un sentido de qué tipo de ciudad es esperable para el siglo XXI en Chile y que en resumen dirá qué es lo que queremos evaluar, posteriormente esto se reflejará en la selección de indicadores adecuados y consecuentes.
- Contexto y diagnosis de la situación actual de las áreas urbanas en el país, tanto a nivel morfológico, tipos de crecimiento, aspectos normativos y análisis de prácticas constructivas y de diseño urbanístico en detalle, análisis normativo. Se comenzará trabajando en el área de Concepción metropolitana como área de estudio. Se realizará también una investigación a modo de encuesta sobre ideas de indicadores y su relevancia entre actores relevantes tanto en el ámbito de la investigación como de la gestión urbana y de consultorías. Esto a nivel local, nacional e internacional.
- Antecedentes y análisis del estado del arte sobre la utilización de herramientas informáticas en la actualidad y sus posibilidades en el proceso de diseño tanto a nivel urbano como de edificio individual.
- Desarrollo de principales familias de indicadores adecuados a la evaluación de una concepción de diseño a escala intermedia, tanto a escala edificio como urbano, involucrando aspectos relacionados en esta escala con la distribución espacial, conectividad e integración, los desplazamientos, la energía y el agua, materiales, la presencia en el distrito de equipamiento y servicios.
- Posibilidades de mejora mediante variaciones en técnicas habituales de diseño.
- Aplicación de los nuevos indicadores y evaluaciones a una herramienta informática de fácil aprendizaje y manejo.
- Pruebas de evaluación en entornos reales. Realimentación del proceso con los resultados de las pruebas.
- Determinación e implementación de los resultados.

Contexto

Contexto normativo

En Chile, en el caso de proyectos de urbanización y construcción, toda la legislación sigue la llamada Política Nacional de Desarrollo Urbano (Gobierno de Chile, 2013) y su principal instrumento normativo es la Ley General de Urbanismo y Construcción (DFL 458). Ahí se encuentran los lineamientos de planificación urbana, urbanización y construcción. Luego la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.) contiene las disposiciones reglamentarias que complementan a la Ley General. Ésta regula procedimientos administrativos, procesos de planificación urbana, urbanización y construcción, así como los estándares técnicos de diseño y construcción exigibles en la

Ley General y la O.G.U.C. Más allá de esto, al respecto, resulta interesante constatar que el Estado chileno posee normativas aparentemente bastante avanzadas a nivel latinoamericano y el año 2013 publicó la llamada “Estrategia Nacional de Construcción Sustentable”, que es consecuente con el compromiso voluntario que Chile suscribió con la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), con el que se busca implementar las llamadas medidas y acciones nacionalmente apropiadas de mitigación del cambio climático. Cabe mencionar que esta estrategia propone diferentes líneas de trabajo, lo que ha dado origen por ejemplo al *Código de Construcción Sustentable para Viviendas* (MINVU, 2014), con sugerencias asesoradas por el BRE, entidad privada inglesa creadora del sistema de certificación llamado BREEAM.

Contexto urbano

Actualmente en desarrollo está el análisis diagnóstico de ciertos datos estadísticos de cómo se configuran las ciudades chilenas actualmente. Al respecto podemos aportar que se realizará una clasificación de los indicadores en éstas desde el punto de vista de su escala, macro tipologías (costeras, interior, andina), para así obtener indicadores diferenciados y que se sitúen en su contexto particular, pudiendo establecer parámetros y valoraciones específicas de acuerdo a diferentes condicionantes tanto geográficas como sociales. Debemos tomar en cuenta nuestro propio contexto para llegar a establecer una taxonomía precisa de las características de lo que constituirá nuestro objeto de estudio.

Tabla 1. Clasificación de las ciudades según su cantidad de habitantes.

Clasificación de ciudad	Intervalo de habitantes	Nº de categoría
Metropolitanas	> 300.000	1
Ciudades Intermedias Mayores	100.000 a 300.000	2
Ciudades Intermedias Menores	20.000 a 99.999	3
Ciudades Pequeñas	5.000 a 19.999	4

Fuente: DDU, Ministerio de Vivienda y Urbanismo

Por otro lado, también se está analizando cómo se viene dando el crecimiento de las ciudades, cuáles son las tendencias en las dos últimas décadas y cuáles son las principales manifestaciones que son necesarias de catalizar mediante diseño. Al respecto existen bastantes estudios que dejan entrever los tipos de crecimiento que se vienen dando. Los aportes dados desde la geografía y la estadística contribuyen con visiones que permiten entender las características de los patrones residenciales y de extensión y la influencia de elementos que predominan sobre otros en el tipo de construcción de la ciudad que se viene configurando desde hace algunos años. En el gráfico se puede observar cómo predomina completamente a nivel nacional la construcción de vías y calles pavimentadas sobre el resto de los ítemes; esto puede tener distintas interpretaciones, pero tiene impactos sobre usos de suelo y llama la atención el desbalance al compararlo con la inversión en parques urbanos, por ejemplo.

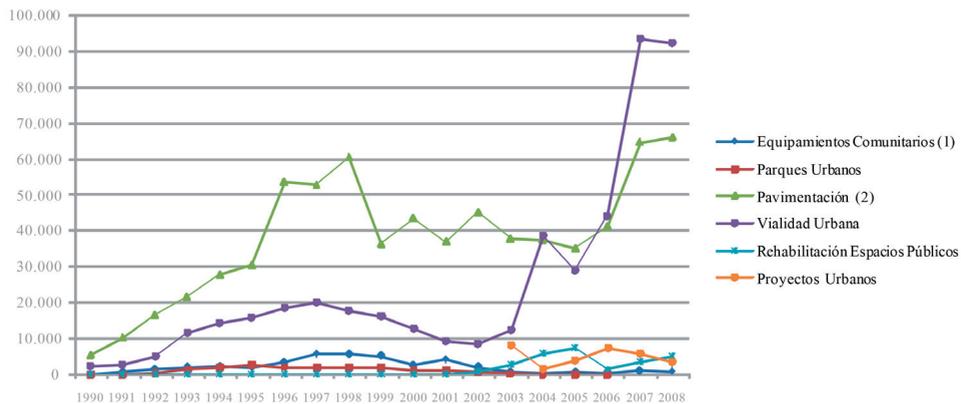


Figura 2. Inversión en obras urbanas. Total País. (En millones de \$ de cada Año). Fuente: Elaboración propia en base a datos MINVU, División Desarrollo Urbano.

Resultados

Definición conceptual

Cabe comenzar con una aclaración sobre cuáles son los procesos que deben ser considerados prioritarios en el diseño de una urbanización en Chile y definir una valoración para estos procesos, para lo que, como primer objetivo, se establece una etapa de definiciones y cuestionamientos conceptuales desde el ámbito teórico, configurando lo que podríamos llamar un ideario para la ciudad (Gaya, 2010), que dialogue con la idea de ciudadanía, inclusividad y derechos de acceso a la ciudad y que finalmente interprete este sentido y hable de lo que debe ser el diseño del crecimiento balanceado de una ciudad en un contexto del sur y de cómo esta idea puede guiar hacia unos objetivos claros y específicos. Eso constituye un desafío no solo desde el punto de vista metodológico. Vale la pena preguntarse ¿quiénes diseñan la ciudad chilena?

Ahora si, en segundo lugar, este planteamiento de indicadores se aplicará mediante una herramienta digital que asista el diseño, el desafío es doble. Este ideario debe partir de una realidad mejorada a través de conceptos que hoy todavía pueden parecer muy lejanos de alcanzar en la planificación urbana local, pero que deben ser vistos en proyección de futuro, pensando en que la evolución en el desarrollo de nuestras ciudades puede llegar a equilibrarse más hacia las posibilidades de desarrollo de lo público en la ciudad (Bollier, 2014; Davis, 2002; Harvey, 2012), en que la planificación otorga más poder al Estado como garante de los derechos de los ciudadanos, equilibrando la balanza mediante diferentes mecanismos que se han probado en varios contextos, mecanismos que aseguren igualdad de condiciones en el acceso al suelo y a la centralidad de la ciudad a los más carenciados, dispositivos normativos como arriendos sociales, viviendas colectivas de carácter mixto, fideicomisos estatales de suelo vacío reservándolos para vivienda social, conocido como Community Land Trust (CLT) y un sinnúmero de alternativas y políticas públicas que marcan la diferencia con lo que hoy pasa en Chile,

donde el mercado del suelo es una suerte de (des)regulador del hacer ciudad, de la tenencia, los costos y el acceso a la ciudad sin cortapisas ni ninguna guía que resguarde los intereses comunes de la ciudadanía. Acciones que en nuestro país deberían ya estar siendo apoyadas por lineamientos normativos más estrictos, pero que, dada la inercia en estas llamadas áreas sensibles de la economía, aún se hace difícil la intervención de criterios objetivos de acceso a la calidad. Sin ir más lejos, la calidad de la vivienda social y de las urbanizaciones que se realizan con fondos estatales posee un estándar todavía bajo comparado con los de otros países miembros de la OCDE –a la que Chile pertenece desde hace 5 años– si se quiere usar un parangón en términos de la llamada competitividad.

Por razones de espacio, el análisis dedicado al estado del arte y a la literatura existente a nivel nacional quedará para un próximo trabajo, pero cabe decir que se realiza actualmente una revisión bibliográfica completa de estudios existentes a la fecha tanto publicados en revistas indexadas, prensa e internet, clasificando la información mediante el uso de palabras clave.

En ese sentido creemos que el trabajo debe comenzar a definirse mediante un enfoque bottom-up, que permita conocer las principales aspiraciones de lo que debe contener un barrio en el sentido local. Para definir y ponderar aquellos elementos se necesita una guía de referencia conceptual y una toma de posición clara, que configuren un ideario de qué ciudades esperamos tener para el futuro, lo que constituye un ejercicio de anticipación interesante para prever la evolución que podríamos pedir a las ciudades. Para ello es importante reconocer de manera crítica en qué punto nos encontramos, para entender cuáles condiciones locales resultan más trascendentes para precisar un ideario teórico de lo que es un barrio, considerando su importancia en el crecimiento urbano local. A continuación se presenta un esquema preliminar que articula la influencia y relación de variables que dan origen al proceso de análisis y evaluación de un barrio:

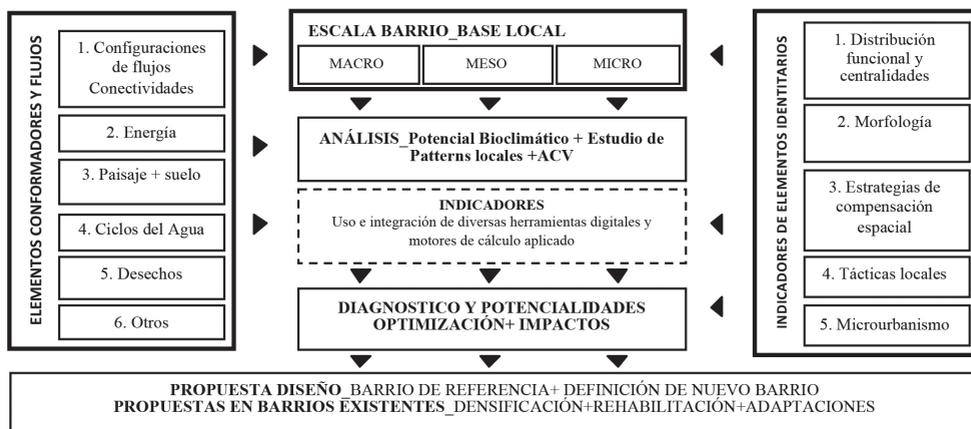


Figura 3. Propuesta de interrelación de variables para el proceso hacia la configuración de indicadores. (Elaboración de los autores, 2015; basada en Agurto, 2011).

Conclusiones

Actualmente, bastante énfasis se ha dado en las políticas públicas al diseño de la vivienda y el edificio como objetos construidos, y las normativas continúan perfeccionándose, pero aún necesitamos avanzar mucho más en cuanto a las consideraciones tomadas para el diseño a escala de barrio, en las etapas del diseño de conjuntos de vivienda. Se constata que aún no existen experiencias conocidas en cuanto a herramientas de diseño que ayuden a los especialistas a mejorar su trabajo incorporando indicadores y factores de sostenibilidad adaptados a la realidad chilena y al contexto normativo actual. Los proyectos de urbanizaciones realizadas tanto para el mercado inmobiliario tradicional como por aportes públicos y subsidios, en ninguna fase del diseño consideran temas de evaluación de la calidad del conjunto.

Sustentabilidad en Chile y su imprecisión conceptual

En el plano conceptual, como uno de los puntos importantes a tratar, está la ambigüedad con que hoy se usa el concepto de sustentabilidad. Urge una precisión en las definiciones y el uso de este y otros muchos términos en Chile, para poder abordarlos en nuestro contexto con toda su complejidad o simplemente reemplazarlos. Podríamos decir, citando a Slavoj Žižek (2008), que el concepto implica una lista de significantes casi infinita, una multidimensionalidad que lo hace indeterminado, ya que, al igual que el término naturaleza, es un concepto que se refiere a algo solo establecido en una condición imaginaria del orden y de lo ambientalmente sano. Esta condición “neutra” del concepto ha permitido distorsiones semánticas, pues lo hace fácilmente apropiable desde cualquier punto de vista desideologizado, permitiendo infinitas narrativas paralelas. Así, cuando fue planteado en el texto *Nuestro futuro común*, la doctora Gro Harlem Brundtland (1983) hablaba originalmente de lo inseparable del concepto de medio ambiente con el de desarrollo. Hoy, luego de más de 30 años de aquello, este mensaje ha sido no solo simplificado, sino que apropiado desde las lógicas de la toma de decisiones empresariales y gubernamentales. Ya podemos hablar que en nuestros contextos existe una casi completa aceptación del discurso mainstream de la sostenibilidad (Rotor, 2014), hoy predominante; que han aprovechado y se han apropiado de un término que ha sido vaciado conceptualmente (Swyngedouw, 2011), haciéndolo generalizador y difuso, lo que no ayuda a concretar maneras de proceder que impliquen un beneficio concertado hacia lo común y lo multidimensional, sino que, por el contrario, hacia lo uniforme y lo privado. Esta simple condición conceptual constituye la principal razón por la que resulta fácil hacerse de este concepto y explotarlo como una alternativa no solo de marketing sino que también como una poderosa herramienta político-económica al servicio de las definiciones de ciudad dadas actualmente.

De ahí que el concepto de “ciudad sostenible”, podríamos decir, hoy en Chile y la mayoría de ciudades latinoamericanas es algo cercano a una entelequia, muchas veces un discurso aprendido e importado desde otros contextos, concepto que hoy en Chile, dada la profunda desigualdad todavía notoria en el acceso a la ciudad, al paisaje y a los recursos, debe ser ajustado para configurar un ideal que se encargue primariamen-

te de esa búsqueda, en un análisis de necesidades (Maslow, 1943; Alexander, 1977). El atractivo reside en que este discurso global es sinónimo de “desarrollo, progreso y crecimiento”. El concepto como tal a nivel urbano hoy constituye un fetiche, aun más para los arquitectos, objetualizándose mediante diseño a distintas escalas. El concepto se industrializa y simplifica en objetos y edificios con nuevas envolventes, estucos térmicos, barrios sustentables y aplicando diversos dispositivos e implementos tecnológicos que hoy se hacen imprescindibles para poder pertenecer a esa aparente vanguardia verde, sin importar las acepciones sociales del término, como equidad medioambiental, bienestar o eficiencia distributiva. Se le limpia de estos contenidos, haciéndolo hoy inaccesible como un derecho o bien común, teniéndolo así que comprar, que consumir. Esta suerte de maniqueísmo dogmático al que ha sido elevado el concepto ha creado poco a poco lo que podemos decir una excesiva recurrencia al mismo en todos los ámbitos, adaptando el concepto como la definición de cualquier bien o elemento que anuncie ser respetuoso con el medio ambiente, certificaciones o no mediante, de una u otra manera sin un análisis mayor del contexto en el que se inserta o un seguimiento a posteriori. Existe ya, por ende, una estética de la sostenibilidad, llevada desde el nivel global al consumidor local, como la idea superficial de lo que es sostenible, muy difundida y que hoy es una idea muy pregnante en los medios de comunicación masivos, que han tergiversado poco a poco el concepto. Hoy la estética de lo sustentable/sostenible, las smart cities, lo tecnológico vinculado a las energías renovables y a las nuevas tecnologías de la información son el discurso aceptado, sin detenerse a pensar en cuáles deben ser las prioridades que se nos quedan atrás, y que esta noción debe ser construida para el procomún, para el bien colectivo y no solo como una herramienta al servicio de la inversión y el capital.

De ahí que es necesario considerar la importancia de una definición clara y de una postura definida en el sentido de no ser aséptico acuñando solo un estándar tecnológico que tendrá el proyecto de barrio frente a esta y muchas otras indefiniciones conceptuales que hoy se dan por supuestas en Chile. Un fuerte indicador de esta indefinición es la gran brecha y desvinculación que existe entre la “ciudad propuesta” desde el mundo académico, por profesores universitarios, docentes arquitectos y críticos, con su paralelo real de ciudad construida, dado su pobre poder de influencia sobre las fuerzas del mercado (otra prueba es que tampoco tenemos todavía en Chile la disciplina de urbanismo como tal). Una ciudad hecha por constructoras, altamente segregada (Hidalgo, 1997; Romero *et al.*, 2009; Mateos and Aguilar, 2000), dado el poquísimo poder de decisión pública en estos ámbitos en los espacios institucionales y administrativos que dan pie a la forma construida actual, una ciudad que crece en base a una expansión de diferentes tipologías conscientemente separadas (Lara, 1998), ambientalmente poco respetuosas con los paisajes naturales (Guerra, Aravena, 2009), producto de políticas públicas, en parte, y por la acción libre del mercado, en su gran mayoría. Éste regula el precio del suelo, y con ese factor preponderante de la centralidad, hoy la ciudad chilena es lo que es.

Hoy desde el mundo académico parece que esta situación deja poco espacio para la ciudad propositiva y solo se actúa sobre hechos consumados, sobre decisiones ya tomadas por otros, negocios ya cerrados, y en ningún caso por académicos que posean cierto prestigio como investigadores en las escuelas de arquitectura y que como tales

puedan dar una opinión objetiva y fuera de toda influencia o contaminación mercantilista. Hoy, sin duda, está siendo el negocio inmobiliario el que moldea las ciudades en Chile, les da forma y estética. La vivienda social, con sus lotes minúsculos casi siempre en las periferias, es producto de políticas públicas empobrecidas y de muy corto plazo, las que están siendo incluso estéticamente definidas por la lógica del costo mínimo. Esta reflexión abre un debate de extenso desarrollo a través de esta primera parte del proyecto y escapa a lo que podemos mostrar en la extensión de un artículo.

Vale la pena, al comenzar, cuestionarse cuál es el usuario para el que se estará diseñando este software. ¿Quiénes tomarán en cuenta estas sugerencias de diseño?, ¿será dirigido al mundo académico?, para lo cual tenemos que respondernos la pregunta de quiénes actualmente son los responsables de diseñar el crecimiento de la ciudad en Chile. Pero para quien puede pensar en rehacer este quehacer desde el diseño primigenio, que da origen a barrios y espacios urbanos, surge ahí la pregunta: ¿Cuál es el poder del diseño? El primer y más profundo desafío de este proyecto es la creación de un tipo de solución digital que facilite la aplicación directa de conocimiento científico por quienes hacen crecer la ciudad y tienen como tarea definir nuevos barrios y asentamientos humanos en Chile. La problemática es pertinente más aún si hablamos de un territorio como el latinoamericano, donde hoy, dado los contextos que se viven, gran cantidad de actores externos de peso en los mercados globales pone su atención en el desarrollo económico del área, viéndola aun con mucho más interés que hace unas décadas atrás. Esto generará presión directa sobre nuestras áreas urbanas y, sin una regulación adecuada, el “diseño” de la ciudad está en manos del capital.

Referencias bibliográficas

- Acselrad, H. (1999). Sustentabilidad y ciudad. *Eure*, 25(74), 36-46.
- Agurto Venegas, L. (2011). Methodology for environmental adaptation by design in spontaneous settlements cells: the case of Agüita de la Perdiz, Concepción, Chile. Presentado en congreso internacional Mérida, España.
- Agurto Venegas, L. (2015). Micro urbanismo bioclimático: el espacio intermedio y sus posibilidades de apropiación y adaptabilidad medioambiental como factor determinante en el habitar colectivo. Tácticas de adaptabilidad ambiental para la definición de una escala intermedia de diseño para la vivienda. Directores: José Antonio Turégano Y Nurhan Abujidi. Tesis doctoral en curso en el instituto CIRCE y Departamento de máquinas y motores térmicos de la Universidad de Zaragoza, España.
- Alexander, Ch.; Ishikawa, S.; Silverstein, M. With Jacobson, M.; Fiksdahl-King, I.; Angel, S. (1977). *A Pattern language*. New York: Oxford University Press.
- Arriaga, S. (2011). Indicadores de fragmentación de hábitats causada por infraestructuras lineales de transporte. Seminario “Fragmentación de hábitats por infraestructuras lineales”. Madrid, junio.
- Camagni, R. (1998). *Economía y planificación de la Ciudad Sostenible*. Bologna: Ediciones Il Mulino.
- Davis, M. (2002). *Dead Cities: And Other Tales*. Nueva York: The New Press.
- Gehl, J. (2014). *Ciudades para la gente*. Buenos Aires: Ediciones Infinito.
- Jacobs, J. (1961). *Muerte y vida de las grandes ciudades*. Nueva York: Random House (2ª ed. 1973).

- Margolin, V. y Margolin, S. (2002). A 'Social Model' of Design: Issues of Practice and Research. Massachusetts Institute of Technology Press. *Design Issues*, 18(4), Otoño.
- McHarg, I. (1992 [1960]). *Designing with Nature*. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Merino, L. (2013). Modélisation du rayonnement solaire pour la simulation thermique en milieu urbain. Thèse de doctorat en Mécanique Avancée, École doctorale 71, Sciences pour l'ingénieur, Université de Technologie de Compiègne.
- Müller-Mahn, D. (2009). Disoluciones de la dicotomía Norte-Sur. Aspectos geográficos del debate sobre el desarrollo. *Mercator - Revista de Geografía de la UFC*, 8(17), 7-23.
- Naredo, J. M. (2001). Economía y sostenibilidad. La economía ecológica en perspectiva. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 1(2).
- Gobierno de Chile, Ministerio de Obras Públicas (2013). *Política nacional de desarrollo urbano. Ciudades sustentables y calidad de vida*. Santiago: MOP.
- Rapoport, A. (1977). *Aspectos humanos de la forma urbana*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Guattari, F. (2008). *La ciudad subjetiva y post-mediática. La polis reinventada*. Selección y traducción de Ernesto Hernández y Carlos Enrique Restrepo. Cali, Colombia: Fundación Comunidad.
- Romero, H.; Molina, M.; Moscoso, C. y Sarricolea, P. (2009). Climate change and urban sustainability of Chilean metropolitan cities. En Da Silva, P., Costa, W., Sant'Anna, J. y Zullo, J. (Editores), *Public policy, mitigation and adaptation to climate change in South America* (pp. 211-227). São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.
- Romero T., H., Romero A., H. y Toledo O., X. (2009). Agua, poder y discursos: Conflictos socio-territoriales por la construcción de centrales hidroeléctricas en la Patagonia Chilena. *Anuario de Estudios Americanos*, 66, 2, julio-diciembre, 81-103, Sevilla (España), ISSN 0210-5810.
- Romero, H., Smith, P., Mendonça, M. y Méndez, M. (2013). Macro y mesoclimas del altiplano andino y desierto de Atacama: desafíos y estrategias de adaptación social ante su variabilidad. *Revista de Geografía Norte Grande*, 55: 19-41.
- Romero, H.; Órdenes, F. y Vásquez, A. (2003). Ordenamiento territorial y desarrollo sustentable a escala regional, ciudad de Santiago y ciudades intermedias en Chile. In: Figueroa, E. y Simonetti, J. (Eds.), *Desafíos de la biodiversidad en Chile* (pp. 167-207). Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Rotor, Design Collective (2013). *Behind the Green Door*. Oslo, Norway.
- Schaffrin, A. (2013). Who Pays for Climate Mitigation? An Empirical Investigation on the Distributional Effects of Climate Policy in the Housing Sector. *Energy and Buildings*, 59, 265-272. Elsevier.
- Sevaldson, B. (2010). Discussions & Movements in Design Research. A systems approach to practice research in design. *Discussions & Movements in Design Research*, 3(1), 8-35.
- Swyngedouw, E. (2011). Depoliticized Environments: The End of Nature, Climate Change and the Post-Political Condition. *Royal Institute of Philosophy Supplement*, October, pp. 253-274.
- Van Leeuwen, C. G. (1973). *Ecology*. Delft: Facultad de Arquitectura, Delft University of Technology.
- Wakely, P. y Riley, E. (2011). The Case for Incremental Housing. *Cities Without Slums*. Washington, USA: Cities Alliance Policy Research and Working Papers Series N° 1.
- Žižek, S. (2008). *Censorship Today: Violence, or Ecology as a New Opium for the Masses*. Digital version. Disponible en: http://nosubject.com/index.php?title=Censorship_Today:_Violence,_or_Ecology_as_a_New_Opium_for_the_Masses

DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y DE LA POBREZA ENERGÉTICA POR CALEFACCIÓN A LEÑA EN LA CIUDAD DE VALDIVIA

AIR QUALITY IMPROVEMENT AND POVERTY ALLEVIATION IN WOOD FUEL RESIDENTIAL HEATING: COST-EFFECTIVENESS ANALYSIS IN THE CITY OF VALDIVIA

Alejandra Schueftan¹, Alejandro González²

¹Escuela de Graduados, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile;

²Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente (INIBIOMA, CONICET y Universidad Nacional del Comahue), Bariloche, Argentina
alejandraschueftan@gmail.com ; gonzalezad@comahue-conicet.gob.ar

Resumen: Se investigó el uso de energía en el sector residencial de la ciudad de Valdivia, situada en el centro-sur de Chile, que por su clima frío utiliza la mayor cantidad de energía en calefacción. La leña es el combustible más económico, con precio por unidad de energía 5 veces menor al gas envasado y 6 veces menor a la electricidad, y el usado por el 95% de los hogares para calefacción. Debido a la falta de aislación térmica en los edificios, y a los diseños y modo de operación de las estufas a leña, la ciudad de Valdivia sufre episodios frecuentes de contaminación del aire por exceso de material particulado (MP) en época invernal. En 2014 la ciudad fue declarada saturada de MP_{10} y $MP_{2.5}$, lo cual es una emergencia ambiental que conduce a la necesidad de un plan de descontaminación. Existen al presente tres líneas de trabajo: reacondicionamiento térmico de la envolvente de las viviendas, recambio de estufas, y control de la humedad de la leña. En este trabajo investigamos el recambio de estufas en relación a la disminución en el gasto en combustible y en la contaminación. Realizamos un análisis de costo de energía por nivel de ingresos del hogar, y encontramos que el 52% de los hogares gasta por encima del 10% de su ingreso, lo cual los sitúa en pobreza energética. Otro 27% gasta casi 10%, y sólo el 21% no tiene riesgo de pobreza energética. Con nuevos artefactos de calefacción provistos por el programa de recambio, encontramos que la pobreza energética no se aliviaría, aunque la contaminación disminuiría notablemente, si existiera disponibilidad de equipos con las características técnicas propuestas en el recambio. Esto muestra que la renovación de artefactos debe ser acompañada por mejoras térmicas en los edificios, que pueden disminuir a la mitad el consumo, y resolver los dos principales problemas al mismo tiempo.

Palabras clave: Calefacción a leña, contaminación del aire, pobreza energética, sector residencial, Valdivia.

Abstract: Energy use was investigated in the residential sector of the city of Valdivia, located in south-central Chile, which has a high demand of heating due to its cold climate. Firewood is the cheapest available fuel, with a price per unit of energy 5 times lower than bottled gas and 6 times lower than electricity, and used by 95% of households for heating. Due to the lack of thermal insulation in buildings, and the design and mode of operation of firewood heating devices, Valdivia has regular episodes of air pollution due to excessive particulate matter (PM) in winter, which lasts at least five months. In 2014 the city was declared saturated zone for PM_{10} and $PM_{2.5}$, which is an environmental emergency that leads to the need for a decontamination plan. There are at present three lines of work: thermal retrofit for the envelope of dwellings, replacement of heating devices, and humidity control of firewood. Here we investigate the replacement of heating equipment in relation to the decrease in fuel costs and pollution. We analyzed the energy cost per household in-

come level, and found that 52% of households spend over 10% of their income, which places them in energy poverty. Another 27% spend nearly 10%, and only 21% had no risk of fuel poverty. By including a new heating appliance according to the requirements of the replacement program, we found that energy poverty cannot be alleviated, but pollution would decrease significantly, if there was availability of equipment with the technical features proposed in the replacement program. This shows that the replacement of heating devices must be accompanied by thermal improvements in buildings, which can greatly reduce consumption and solve two major problems at once.

Keywords: Firewood Heating, Air Pollution, Energy Poverty, Residential Sector, Valdivia.

Introducción

LA LEÑA ES UN RECURSO energético renovable; sin embargo, su uso directo en los hogares presenta desafíos en la implementación de sistemas eficientes que eviten la contaminación del aire, derivada del humo de la combustión. En el caso de una estufa hogareña, el tamaño de la leña es de por sí una desventaja, ya que el aire no puede combinarse eficientemente con la masa de combustible. Los combustibles gaseosos son los que más fácilmente se combinan con el aire y producen menos emisiones. Cuando se usan combustibles líquidos se busca primero gasificarlos o pulverizarlos para que aumente la interacción con el aire en la combustión. En el caso de la madera, al presente, la manera menos contaminante de quemarla en estufas es en forma de pellets compuestos por partículas finas adheridas por presión. En la combustión los pellets se disgregan en partículas que tienen una relación alta de superficie a volumen, aumentando la eficiencia de mezcla con el aire y disminuyendo los contaminantes y humo. Para el mismo principio de funcionamiento de una estufa, y para el mismo contenido de humedad, la combustión de pellets genera entre 3 y 6 veces menos humo y contaminantes que la leña (CNE, 2009). Esta forma de utilizar la madera y sus residuos se ha incrementado en Europa y EE.UU., aunque aun es incipiente en la provisión de dendroenergía en Chile; debido a su costo más alto que la leña no hay suficiente demanda para utilizarlos como fuente de energía. Por el procesamiento para su elaboración, el costo del pellet disminuye mucho cuando aumenta la cantidad demandada; aunque el uso actual de pellets y briquetas en Chile es marginal.

En zonas frías la mala calidad térmica de las viviendas produce alta demanda de energía para calefacción (Schueftan y González, 2013 y 2015). También se ha identificado que el tipo de estufas utilizado, con posibilidad de cierre completo del tiraje de aire, aumenta significativamente las emisiones de MP, aun en estufas modernas de buena calidad (Jordan *et al.*, 2005; CNE, 2009). En una encuesta de 1937 hogares que usan estufas a leña en Valdivia, el 68% informó que usa el tiraje cerrado, el 32% semi-cerrado y no hubo respuestas afirmativas de uso del tiraje abierto (MMA, 2012). Una entrada de aire apropiada oxigenaría la combustión adecuadamente y daría la menor contaminación. Este hecho conduce a la aparente paradoja de que la operación de cocinas a leña como calefactores más antiguos, a pesar de su menor rendimiento térmico produce bajas emisiones. Esto es consecuencia de la mayor disponibilidad de aire en la combustión al ser equipos con menor hermeticidad (CNE, 2009). Por otro lado, estos datos

aportados por los diversos estudios citados muestran la vulnerabilidad de las iniciativas de mejoras tecnológicas que dependen de la operación del usuario.

En la combustión de leña en los hogares, entre los elementos identificados como dañinos para la salud humana se encuentran el material particulado (MP) y los compuestos aromáticos policíclicos (PAH por su sigla en inglés) (Sanhueza *et al.*, 2009). El MP se clasifica por su tamaño, el cual determina la incidencia en enfermedades por la penetración que ocurra a través de los pulmones, siendo el de tamaño menor a $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{MP}_{2.5}$) el más perjudicial para la salud, y este es el motivo de esfuerzos cada vez mayores para monitorearlo y controlarlo. Una red nacional de monitoreo de MP en Chile brinda resultados en tiempo real online (SINCA, 2014). Las estaciones de monitoreo se encuentran en las ciudades y sectores donde con equipos móviles se han detectado previamente los mayores niveles. El MP a su vez contiene sustancias derivadas de la combustión incompleta (PAHs), las cuales son bioquímicamente activas. En la ciudad de Temuco se midió el MP con detalle espectroscópico, encontrándose que cerca del 8% de este se compone de PAHs considerados cancerígenos (Cereceda-Balic *et al.*, 2012). El trabajo de Cereceda-Balic *et al.* (2012) fue también muy importante para determinar que la mayor parte del MP presente en Temuco en episodios de emergencia atmosférica procede de la leña, con un 93% de contribución de este combustible y corresponde a $\text{MP}_{2.5}$, que causa mayor daño a la salud de las personas. La emisión del parque vehicular y la quema de gas y kerosene también aportan MP, aunque en las ciudades del centro-sur puede observarse en el monitoreo que su incidencia es mucho menor en comparación con las emisiones de la quema de leña, con lo cual el problema de calidad del aire en estas regiones es diferente del de ciudades como Santiago de Chile (Cereceda-Balic *et al.*, 2012).

Las principales ciudades del centro-sur de Chile, entre las cuales se encuentran Temuco, Valdivia y Osorno, han sido declaradas en saturación de MP. Esta condición se determina una vez que los valores medidos de MP han sobrepasado las normas de calidad de aire durante tres años consecutivos, y es el paso previo a la implementación de un plan de descontaminación ambiental. Por otro lado, en las regiones del centro-sur hay preferencia cultural por la leña, debido a la abundante disponibilidad histórica del recurso. Además, en la última década el crecimiento económico en Chile ha permitido que los hogares puedan tener mejores condiciones de confort, incrementando continuamente el uso de energía (Mundaca, 2013). Sumado a estos factores, en estas regiones el precio de la leña es mucho más bajo que las otras alternativas de combustibles. Por ejemplo, por unidad de energía, la leña en la ciudad de Valdivia es 4 veces más barata que el gas y 6 veces más barata que la electricidad (Schueftan y González, 2013). La leña es un recurso energético de producción nacional en Chile, ya sea de bosques nativos como de plantaciones, estas últimas mayormente de pino y eucalipto (INFOR, 2012). Sin embargo, aun en el caso de que se logre manejo sustentable de bosques y plantaciones, los efectos en la salud de la contaminación del aire por combustión de leña hacen que el uso del recurso en las condiciones actuales no sea sustentable (Gómez-Lobo *et al.*, 2006).

Las actuales políticas para reducir la contaminación se enfocan, por un lado, en mejorar la vivienda a través de la normativa térmica y el subsidio de reacondicionamiento térmico de la envolvente y, por otro lado, en mejorar el sistema de calefacción a través

del recambio de estufas y el uso de leña seca. El objetivo de este trabajo es investigar el potencial de mejora en uso de energía y en calidad del aire con el reemplazo de artefactos a leña por los equipos nuevos provistos con el subsidio a recambio de estufas en la ciudad de Valdivia. Se incluye en el estudio el costo del combustible y la evaluación del nivel de pobreza energética, así como también el aumento de temperatura de confort en un escenario de efecto rebote de la mejora en rendimiento térmico y las emisiones de MP para los distintos equipos. Los antecedentes respecto a la calidad constructiva de las viviendas y el potencial de reacondicionamiento de la envolvente fueron estudiados en un trabajo previo (Schueftan and González, 2013).

Metodología

Se estudió la encuesta de uso de energía en hogares que realizó el instituto Certificación e Investigación de la Vivienda Austral (CIVA) de la Universidad Austral de Chile en Valdivia (140.000 habitantes) para el Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2012). Se encuestaron 2025 viviendas unifamiliares, de las cuales 1937 utilizan leña para calefacción. Se obtuvo el detalle del tipo de estufa y modo de operación, consumo de leña y la modalidad de compra, valor de la propiedad, conocimiento acerca de programas y subsidios relacionados a energía en viviendas, calidad de la construcción y artefactos, e intención de renovación en el edificio y/o artefactos. Este trabajo forma parte de un estudio mayor que involucra otras ciudades del centro-sur de Chile, con la intención de conocer la contribución del sector residencial a los altos niveles de material particulado.

En trabajos previos estudiamos algunas variables de una encuesta similar anterior (MMA, 2010) en relación a los programas gubernamentales de subsidio para la mejora de la vivienda y su envolvente (Schueftan y González, 2013). En el presente trabajo analizamos los datos de las 1937 viviendas que usan leña y la reducción en cantidad de combustible y emisiones de MP al aplicar el programa de recambio de calefactores. Este subsidio corresponde al cambio de las cocinas a leña y estufas antiguas por modelos de estufa a leña con un mayor nivel de eficiencia y hermeticidad. Los beneficiarios de este subsidio deben asistir a talleres de capacitación y pagar \$100.000 por la instalación de la estufa, lo que corresponde al 74% del salario mínimo neto. El subsidio aplica solo a casas, no departamentos, y puede ser obtenido una sola vez para cada vivienda. Los equipos entregados deben cumplir con la norma para calefactores a leña que regula la eficiencia y permite emisiones de MP entre 2.5 g/h y 4.5 g/h en condiciones de laboratorio (Chile, 2011). Para una potencia máxima de 8000 kcal/h, estas estufas tendrían emisiones de laboratorio por kg de leña quemada cercanas a 2 g/kg.

Estas condiciones no se consiguen en la operación real de las estufas debido a que son utilizadas con distintos tiraje de aire, cargas de leña variable, períodos de encendido y apagado, y con condiciones variables de humedad de la leña. El Ministerio de Medio Ambiente de Nueva Zelanda realizó diversos estudios de emisiones de estufas a leña en condiciones reales de uso. Para las estufas que en condiciones ideales de laboratorio debían emitir un máximo de 3 g/kg de leña, se obtuvo una media de distintas mediciones en condiciones reales de uso de 13 g/kg leña; es decir entre 4 y 5 veces más emisiones (Scott, 2005). En otro trabajo se investigó una estufa de muy bajas emisiones (1.5 g/kg

leña en laboratorio), para la cual se obtuvo una emisión promedio en condiciones reales de 4.6 g/kg leña con humedad entre 10% y 20% (Kelly *et al.*, 2007). Para el presente trabajo asumimos una emisión en condiciones reales de las estufas existentes de 13 g/kg de leña, y para las estufas del programa de recambio una emisión de 6.5 g/kg de leña para 25% de humedad de la leña como es permitido y habitual en la ciudad de Valdivia. El valor de 6.5 g/kg se obtuvo de la interpolación en la Fig. 2 del trabajo de Kelly *et al.* (2007). Es de notar que estas estufas, que por diseño de fabricación no posibilitan el cierre total de la entrada de aire, no se encuentran aun disponibles en el mercado de Chile, con lo cual el resultado en reducción de emisiones que se obtenga dependerá de la provisión efectiva de estos artefactos.

El consumo de leña se obtuvo de la encuesta CIVA (MMA, 2012), en función del valor de la vivienda. Dado que la encuesta no relacionó los datos con niveles de ingreso del hogar, asumimos que el valor de la vivienda es proporcional al ingreso. Esta suposición es válida por la homogeneidad de la muestra estudiada, que incluye viviendas unifamiliares de valor menor a USD50000. Los consumos de gas y electricidad fueron obtenidos de la Cámara Chilena de la Construcción (CDT, 2010). Esta información corresponde a promedios de todo Chile, que consideramos válidos para Valdivia en el caso analizado de hogares con calefacción a leña, dado que éste es el consumo principal en la región. En la muestra analizada el gas (Gas Licuado de Petróleo, en la región no existe provisión de gas natural) se usa para cocción de alimentos y para agua caliente sanitaria, y la electricidad para artefactos domésticos e iluminación. Los niveles de ingreso por hogar fueron tomados del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE, 2013).

Resultados

Consumos y pobreza energética

En la Tabla 1 se resumen los resultados del costo energético anual de hogares en Valdivia, de acuerdo a niveles de ingreso familiar. El uso de leña se cuantificó en m³st por año (m³st=m³ estéreo, medida de volumen de leña en la compra, en promedio 1 m³st equivale a 1540 kWh de poder calorífico superior) (MMA, 2012), con un costo de \$30000 /m³st., el cual incluye \$5000 de mano de obra de corte y almacenamiento en el lugar designado en la vivienda. En todo este trabajo \$ significa Pesos de Chile.

Para el gas envasado se tomó el precio para el balón de 15 kg (\$18000) y un equivalente energético de 13.6 kWh/kg de gas basado en el poder calorífico superior, resultando el costo de gas \$88 /kWh. El costo de electricidad es de \$122 /kWh, incluyendo impuestos y gastos fijos para el servicio residencial.

En la Tabla 1 se observa que para todos los niveles de ingreso el gasto en leña es el más alto de los 3 vectores energéticos analizados, aun cuando el costo del kWh de leña es cercano a los \$20, muy por debajo del gas y la electricidad. Esto es característico de las regiones frías que utilizan la mayor parte de energía en calefacción. Se identificaron 5 grupos según nivel de ingresos, con el ABC1 siendo el más alto y E el más bajo, según la clasificación comúnmente utilizada en Chile.

Tabla 1. Consumo y costo anual de energía en hogares de Valdivia de acuerdo a nivel de ingreso del hogar.

Nivel de ingreso del hogar	ABC1	C2	C3	D	E
Leña consumo (m ³ st./año)	18	13.4	12.3	10.7	10
Leña costo	\$ 540000	\$ 400800	\$ 370200	\$ 319500	\$ 298500
Gas consumo (kWh/año)	2056	2427	2419	1985	1861
Gas costo	\$ 181314	\$ 214065	\$ 213333	\$ 175061	\$ 164106
Electricidad (kWh/año)	2882	2150	1736	1495	1311
Electricidad costo	\$ 351543	\$ 262337	\$ 211804	\$ 182414	\$ 159881
Total costo energía/año	\$ 1072857	\$ 877202	\$ 795337	\$ 676975	\$ 622487
Ingreso del hogar	\$ 38543556	\$ 15136296	\$ 8066988	\$ 4440756	\$ 2024256
% del ingreso en energía	2.8%	5.8%	9.9%	15.2%	30.8%
% of hogares del nivel de ingreso	6%	15%	27%	37%	15%

Las últimas dos filas de la Tabla 1 indican el porcentaje del ingreso total del hogar que se dedica a pagar el costo energético, y el porcentaje de hogares en ese nivel de ingreso, respectivamente. Los niveles más bajos D y E dedican 15.2% y 30.8% del ingreso en energía. En diversos estudios se considera que con un gasto mayor al 10% del ingreso el hogar se encuentra en pobreza energética (Howden-Chapman *et al.*, 2012). Esto no significa que no pueda afrontar el gasto, sino que ese nivel de gasto no permitirá adquirir otros recursos y servicios necesarios para satisfacer las necesidades básicas, y que, por lo tanto, con un costo de energía superior a 10% del ingreso existe riesgo de no disponer de la cantidad de energía necesaria para el mínimo confort. Esta situación fue estudiada por Bustamante *et al.* (2009), quienes informan temperaturas entre 14°C y 15°C en el interior de las viviendas del centro-sur de Chile en niveles socioeconómicos bajos. Del análisis anterior se deduce que 52% de las viviendas se encuentra en pobreza energética, y el nivel C3, con una incidencia muy relevante de 27%, se encuentra con un gasto energético en el límite del 10% del ingreso familiar. Puede observarse que sólo el 21% de las viviendas se encuentran claramente fuera del riesgo de pobreza energética.

Recambio de calefactores

En la muestra estudiada, 1072 hogares disponen de estufas modernas de combustión lenta (en promedio de 7 años de antigüedad), y éstos consumen en promedio 11.5 m³st de leña/año; mientras que 814 hogares disponen de cocinas a leña y 51 hogares de salamandras para calefacción, con un promedio de antigüedad de 12 años. El consumo de leña en el grupo que dispone de salamandras es el menor con 7.5 m³st, y el grupo que utiliza cocinas promedia un consumo de 10.5 m³st/año.

Las estufas existentes son similares a las ensayadas en 2006 por SERPRAM en Chile, para las cuales se encontró un rendimiento térmico de 61.4%, promedio de cinco

modelos. Para las cocinas a leña, tanto en los estudios en Chile como en Nueva Zelanda se encontraron rendimientos térmicos cercanos a 51% (CNE, 2009), y asumimos este mismo rendimiento para salamandras. Los nuevos modelos propuestos para el recambio de calefactores deberían certificarse a 74% de rendimiento térmico. Este es un valor declarado de eficiencia térmica que aun no ha sido confirmado por ensayos de laboratorio. Para utilizar valores reales de eficiencia de calefactores usamos datos del estudio de 35 modelos de calefactores a leña en Nueva Zelanda, que se obtuvieron para verificar las prestaciones declaradas por los fabricantes (NZ, 2008). En esos estudios, para calefactores de más del 70% de eficiencia declarada, el promedio de valores reales obtenidos fue de 66.7%, el cual utilizaremos en este trabajo como rendimiento real de las nuevas estufas a leña (NZ, 2008). Los resultados obtenidos no pierden generalidad debido a que el valor de eficiencia asumido podrá ser modificado en el futuro cuando se cuenten con ensayos de las estufas entregadas en los programas de recambio vigentes en Chile.

Nótese que el consumo actual de leña para hogares con calefactores más modernos es mayor que para aquellos con cocinas o salamandras. Esto puede deberse a que corresponden a los hogares de más bajos ingresos y con menor posibilidad de adquirir el combustible para llegar a un nivel de confort adecuado (Howden-Chapman *et al.*, 2009).

Cuando se mejora la eficiencia de artefactos o envolventes, se observa en general un efecto rebote (“rebound effect”, en las publicaciones en inglés). Este ya fue observado en otros casos en diversos programas de mejora energética (MINVU, 2013). Es de notar que en la muestra analizada los sectores que usan cocinas y salamandras son los que menos leña utilizada reportan, y este hecho sugiere que habría efecto rebote en consumo una vez reemplazadas por una estufa moderna. El efecto rebote es consecuencia de un mayor nivel de confort térmico debido a la mayor eficiencia de los equipos, pero que finalmente origina consumos iguales o mayores a los que se tenían con anterioridad a los reemplazos.

En el caso de Valdivia, para el promedio de consumo de leña de 11 m³st., la temperatura interior de las viviendas sociales actuales resulta de 14.5°C en invierno. Bustamante *et al.* (2009) han observado temperaturas interiores similares en otras localidades del centro-sur de Chile. Entonces, para evaluar las mejoras en el consumo y el efecto rebote al disponer del recambio de estufas, consideramos una temperatura de base de 14.5°C y la configuración de artefactos y consumos de la encuesta CIVA detallada más arriba.

La Figura 1 muestra (círculos llenos) el costo de la leña en función de la temperatura interior al implementar el programa de recambio de calefactores. El triángulo lleno muestra la situación actual de consumo promedio y temperatura de la vivienda en invierno. Se observa el aumento en la temperatura para el mismo consumo de leña (marcado con la línea segmentada que intercepta la línea de círculos), el cual es cercano a 1°C en la temperatura de la casa. Se asume que los hogares tomarán esta mejora en confort manteniendo el consumo (gasto); sin embargo, estimamos que es poco probable que se aumente el consumo de leña luego del recambio del equipo debido a la situación de pobreza energética expuesta anteriormente.

Por otro lado, manteniendo la temperatura interior en 14.5°C el recambio de estufa produciría una disminución en el consumo de leña de 17%, con lo cual los grupos D y E no saldrían de la situación de pobreza (ver Tabla 1).

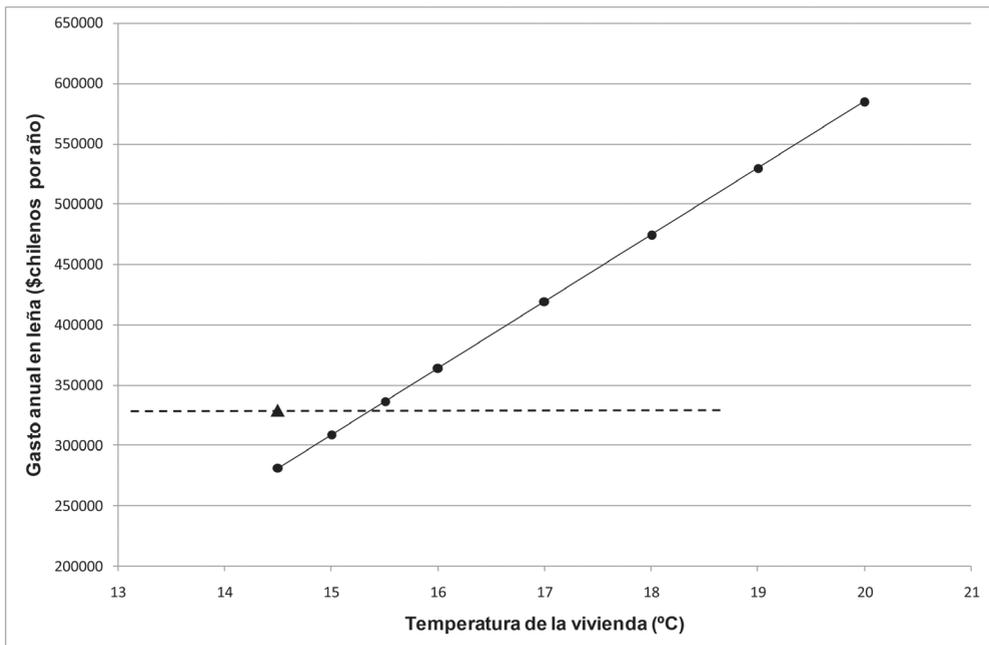


Figura 1. Consumo de leña por año en función de la temperatura interior de la vivienda.

En la Figura 2 se grafica la relación entre emisiones y temperatura interior al aplicar el recambio de calefactores. Para contar con distintos escenarios de reducción, consideramos dos niveles de emisiones para las nuevas estufas: i) el nivel más bajo de emisiones en operación real, de 6.5 g/kg de leña quemada (Kelly *et al.*, 2007), corresponde a las estufas de muy bajas emisiones (laboratorio 1.5 g/kg) y que no permiten el bloqueo de la entrada de aire; ii) un nivel de emisiones en operación real de 9.7 g/kg de leña quemada, que corresponde a un nivel intermedio entre el equipo propuesto por el programa de recambio y los equipos disponibles actualmente. La alternativa i) se indica en la Figura 2 con cruces, y la alternativa ii) con rombos llenos.

La opción de operación con el tiraje de aire totalmente cerrado no está incluida en las opciones consideradas aquí. Aunque es una modalidad frecuente (68% de los hogares declara usar el tiraje cerrado en la encuesta CIVA en Valdivia), las emisiones en estos casos son muy variables de acuerdo a las prácticas del usuario y no se cuenta ni con datos precisos de la cantidad de aire que alimenta la combustión con tiraje cerrado ni con ensayos específicos. A modo de referencia de la magnitud de las variaciones, podemos citar la investigación de Jordan y Seen (2005) en Australia, quienes compararon las emisiones de una estufa moderna de bajas emisiones con una más antigua. Se encontró que las estufas más modernas, con emisiones muy bajas (2.6 g/kg) para tiraje abierto, producen 35 g/kg de MP con el tiraje de aire cerrado. Es importante observar que con los calefactores de mayor antigüedad se obtuvieron cantidades similares de MP con el tiraje cerrado (33 g/kg), aun cuando en las mejores condiciones de combustión con el tiraje abierto emiten 13.5 g/kg (véase tabla 2 en Jordan y Seen, 2005). Este gran aumento

de emisiones con tiraje cerrado fue también medido en estufas chilenas ensayadas en Suiza (ver Tabla 3, pág. 31, en CNE, 2009), y debería ser tenido en cuenta en el diseño de las políticas de reducción de emisiones a través del recambio de estufas. Si no se cambia el diseño de las entradas de aire, la posibilidad de una operación errónea del calefactor puede anular las potenciales reducciones de emisión de las estufas nuevas. Por el contrario, como se mostró en trabajos previos, las mejoras en la eficiencia térmica de la vivienda no dependen de la operación del usuario, y son entonces más confiables como estrategias de reducción de emisiones de MP (Schueftan y González, 2015).

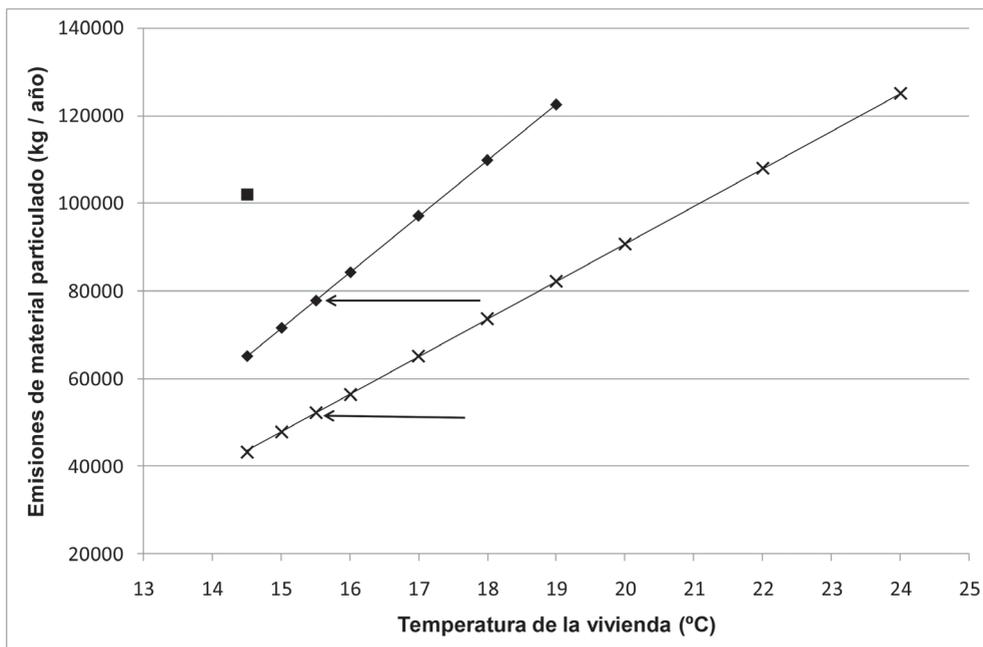


Figura 2. Emisiones de la muestra de 1937 viviendas en Valdivia en función de la temperatura interior de la vivienda: los rombos indican estufas de la opción ii), las cruces la opción i), y el cuadrado lleno la situación actual (ver texto).

En cualquiera de estos escenarios, con los nuevos equipos propuestos las emisiones son considerablemente más bajas que la situación actual graficada con el cuadrado lleno. En la opción i) aumentando la temperatura a 21.5°C se llega a los actuales niveles de emisiones; y con la opción ii) el efecto rebote debería llevar la temperatura de la casa a 17.5°C para igualar las emisiones actuales. En la Figura 2, las flechas muestran, en cada escenario, las emisiones a las que se llega con el mismo consumo de leña actual y una temperatura de 1°C de efecto rebote (obtenida de la Figura 1). En estas condiciones, las emisiones se reducen aproximadamente a un 51% de las emisiones actuales para la opción i), y a un 76% de las emisiones actuales para la opción de estufas ii).

Conclusiones

Se investigó el uso de energía en viviendas de Valdivia, y las consecuencias en uso de leña y emisiones de material particulado (MP) del recambio de estufas y cocinas a leña por modelos mejorados. Se encontró que el 52% de la población utiliza más del 15% de su ingreso en gasto energético hogareño, por lo cual se encuentran en niveles de pobreza energética. Un 27% adicional tiene un gasto cercano al 10% de sus ingresos, y solamente el 21% se encuentra claramente fuera de riesgo de pobreza energética.

El recambio de estufas mejora moderadamente el rendimiento térmico y disminuiría el consumo de leña de la muestra en 17%, por lo cual el recambio no ataca el problema de pobreza energética que afecta a la mayoría de la población en Valdivia, ni tampoco resolvería la baja temperatura interior observada en las viviendas en invierno. Por otro lado, estimamos que existiría un efecto rebote, que como mínimo mantendría el consumo actual aumentando la temperatura interior de las viviendas en cerca de 1°C. Este aumento produciría una mejora moderada en la calidad de vida. A pesar del aumento de la temperatura interior (de 14.5°C a 15.5°C), ésta se mantendría muy por debajo de los niveles recomendados (más de 18°C), lo que afecta la salud de las personas, ya que las enfermedades generadas en invierno no solo son consecuencia de los altos niveles de MP, sino también de las bajas temperaturas al interior de las viviendas. Además, el hecho de que la estufa se ubique solo en una de las habitaciones de la vivienda hace que los ambientes tengan diferencias de hasta 3°C.

En cualquier caso, el recambio de estufas genera una importante reducción entre 36% y 58% de las emisiones de MP para las mismas condiciones de temperatura interior actuales, y entre 24% y 49% de reducción si se considera el mismo consumo actual con un efecto rebote en aumento de la temperatura interior 1°C. Este rango de resultados corresponde a la utilización de un equipo disponible con características similares a las propuestas para el subsidio de recambio de calefactores, y a otro que cumple las exigencias más estrictas pero aun no se encuentra en el mercado. Es importante que estos equipos no permitan el cierre completo de la entrada de aire para la combustión, como ocurre en la actualidad. Reducir el aire en la combustión aumenta la duración de la leña (combustión lenta), pero por debajo de cierto nivel puede producir aumento de emisiones en diez veces. Por otro lado, las emisiones ideales que se consignan en las prescripciones para estos equipos se refieren a condiciones de laboratorio, es necesario realizar ensayos en condiciones reales de uso, las cuales dependen fuertemente de la operación del usuario, incluyendo la elección de la provisión de aire a la combustión y la calidad de la leña utilizada.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con apoyo de CONICYT (Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Chile, proyecto 21120989), LACEEP (Latin American and Caribbean Environmental Economics Program, proyecto IDEA-006), y CONICET (Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina, proyecto 3646/14).

AG agradece el apoyo de la Universidad Austral de Chile en su estadía de año sabático, en la cual se comenzó esta investigación.

Referencias bibliográficas

- Bustamante, W. *et al.* (2009). Eficiencia energética en la vivienda social, un desafío posible. En: *Camino al Bicentenario, propuestas para Chile* (pp. 253-282). Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en:http://politicaspUBLICAS.uc.cl/cpp/static/uploads/adjuntos_publicaciones/adjuntos_publicacion.archivo_adjunto.a4363393f53cc273.436170c3ad74756c6f20395f3039202d204566696369656e63696120656e657267c3a97469636120656e2076697669656e646120736f6369616c2e706466.pdf
- CDT, Corporación de Desarrollo Tecnológico; CChC, Cámara Chilena de la Construcción (2010). *Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial*. Santiago, Chile. 404p.
- Cerededa-Balic, F. *et al.* (2012). Obtaining PAHs Concentration Ratios and Molecular Markers for Residential Wood Combustion: Temuco, a Case Study. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 62(1), 44-51.
- Chile (2011). DS N° 39. Establece Norma de Emisión de Material Particulado, para los Artefactos que Combustionen o puedan Combustionar Leña y Derivados de la Madera. http://www.leychile.cl/Consulta/listado_n_sel?_grupo_aporte=&sub=512&agr=1020&comp=acceso Junio 2014.
- Comisión Nacional de Energía (CNE) (2009). Certificación de artefactos a leña. Lic. 610-7-LE09. Informe final, Ambiente Consultores.
- Gómez-Lobo, A. *et al.* (2006). Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile. Informe Final preparado para la Comisión Nacional de Energía de Chile. Santiago: Centro Micro Datos, Departamento de Economía, Universidad de Chile.
- Howden-Chapman, P. *et al.* (2009). Warm homes: Drivers of the demand for heating in the residential sector in New Zealand. *Energy Policy*, 37(9), 3387-3399.
- Howden-Chapman, P., Viggers, H., Chapman, R., O'Sullivan, K., Barnard, L., & Lloyd, B. (2012). Tackling cold housing and fuel poverty in New Zealand: A review of policies, research, and health impacts. *Energy Policy*, 49, 134-142.
- INE, Instituto Nacional de Estadísticas (2013). VII Encuesta de Presupuestos Familiares. Septiembre.
- INFOR, Instituto Forestal, Valdivia (2012). Estudio de Consumo Domiciliario Urbano de Material Leñoso en Valdivia. <http://www.combustiblesolidosag.cl/index.php/descarga-documentos>
- Jordan, T. B.; Seen A. J. (2005). Effect of Airflow Setting on the Organic Composition of Wood heater Emissions. *Environmental Science and Technology*, 39(10), 3601-3610, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15952364>
- Kelly, C. *et al.* (2007). Warm Homes Technical Report. Real Life Emissions Testing of Wood Burners in Tokoroa. Ministry for the Environment, New Zealand, acceso julio 2014 <http://www.mfe.govt.nz/publications/energy/emissions-testing-wood-burners-tokoroa-jun07/emissions-testing-wood-burners-tokoroa-jun07.pdf>
- MINVU, Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, y Ministerio de Energía (2013). Evaluación Independiente del Programa de Reacondicionamiento Térmico. Informe Final. ARQ Energía / ENER Solutions. <http://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=do>

- cumentos/10221.1/37394/1/24_Evaluaci%C3%B3n%20Independiente%20del%20Prog%20de%20Reacondicionamiento%20T%C3%A9rmico_Soluciones%20Energ%C3%A9ticas_584105-18_LP11.pdf , acceso junio 2014.
- MMA, Ministerio de Medio Ambiente (2012). Evaluación Técnica y Económica de Viviendas más Incidentes en Demanda Térmica en el Radio Urbano de la Ciudad de Valdivia.
- Mundaca, T. L. (2013). Climate change and energy policy in Chile: Up in smoke? *Energy Policy*, 52, 235-248.
- NZ. National Wood Burner Performance Review, Phase 2. Ministry for Environment, New Zealand Government. 2008, <http://202.36.137.86/publications/air/national-wood-burner-performance-review-phase-2>
- Sanhueza P. A. *et al.* (2009). Particulate Air Pollution and Health Effects for Cardiovascular and Respiratory Causes in Temuco, Chile: A Wood-Smoke Polluted Urban Area. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 59, 1481-1488.
- Scott, A. J. (2005). Real-life emissions from residential wood burning appliances in New Zealand. Ministry for the Environment New Zealand, <http://ecan.govt.nz/publications/Reports/air-report-emissions-residential-wood-burning-appliances-nz-000805.pdf>, acceso julio 2014.
- SINCA, Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire. Ministerio del Medio Ambiente de Chile. <http://sinca.mma.gob.cl/>, 2014.
- Schueftan, A.; González A. D. (2013). Reduction of firewood consumption by households in south-central Chile associated with energy efficiency programs. *Energy Policy*, 63, 823-833.
- Schueftan, A.; González, A. D. (2015). Proposals to enhance thermal efficiency programs and air pollution control in south-central Chile. *Energy Policy*, 79, 48-57.

UNA APROXIMACIÓN INTERDISCIPLINARIA AL ESTUDIO DE FLORACIONES DE ALGAS NOCIVAS (FAN) EN LAGOS URBANOS EN CHILE

AN INTERDISCIPLINARY APPROACH TO THE STUDY OF HARMFUL ALGAL BLOOMS IN URBAN LAKES IN CHILE

Oscar Parra¹, Carolina Baeza¹, Viviana Almanza¹, Roberto Urrutia^{1,4}, Ricardo Figueroa^{1,4}, Ximena Fernández², Paula de Orúe², Patricia González¹, Johanna Beltrán¹, José Becerra³, Fabiola Lara¹, Lorena Castillo¹ y Noemí Muñoz¹

¹Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile, ²Facultad de Medicina, ³Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, ⁴Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CHRIAM), Universidad de Concepción, oparra@udec.cl, anabaeza@udec.cl, valmanza@udec.cl, rurrutia@udec.cl, rfiguero@udec.cl, ximenafernandez@udec.cl, pauladeorue@udec.cl, patrigon@udec.cl, jbeltran@udec.cl, jbecerra@udec.cl, acastill@udec.cl, noemimunoz@udec.cl

Resumen: Las cianotoxinas producidas por floraciones algales nocivas (FAN), de algas verde azules (Cyanophyceae) o Cianobacterias, presentes en cuerpos acuáticos urbanos o peri-urbanos, constituyen un alto riesgo para la población, que usa estos ecosistemas como aguas recreacionales o de consumo en condiciones de emergencia. Estas cianotoxinas se clasifican como hepatotóxicas, neurotóxicas y dermatotóxicas, con antecedentes a nivel mundial de enfermedades y muertes de personas. Actualmente se ha reportado un incremento de las FAN debido al aumento de la eutrofización y al cambio climático. En Chile se han detectado cianobacterias capaces de producir toxinas en varias regiones del país, sin embargo no existe información desde las autoridades hacia la comunidad o desde los servicios públicos con responsabilidades en el control y protección de la salud de la población como tampoco se dispone de reglamentación al respecto. Se plantea que no es posible estudiar la ocurrencia y efectos de los FAN sólo desde la perspectiva limnológica, sino se aborde desde la multi- e interdisciplina para enfrentar los desafíos que demanda esta problemática ambiental compleja. El carácter interdisciplinario de esta investigación enfrentada desde la ingeniería sanitaria, química, ecotoxicología, salud pública y educación ambiental, permitió establecer las condiciones ambientales que gatillan estas floraciones, su comportamiento, evaluar el riesgo de sus toxinas sobre la salud de los habitantes del Gran Concepción (Chile), generar material educativo y, por último, formular una propuesta de norma que permita enfrentar esta problemática ambiental.

Palabras clave: Interdisciplina, Cianobacterias, Cyanophyceae, algas verdes azules, cianotoxinas, lagunas urbanas, medidas de mitigación y adaptación, normativas ambientales.

Abstract: Cyanotoxins produced by harmful algal blooms (HABs), blue-green algae (Cyanophyceae) or cyanobacteria, occurring in urban or peri-urban water bodies constitute a high risk to inhabitants that use these ecosystems as recreational waters or as a source for drinking water. These cyanotoxins have been classified as hepatotoxic, neurotoxic and dermatotoxic. There are international precedents of public illness and deaths due to cyanotoxins. Currently, an increase of HABs has been reported related to an increased in eutrophication and climate change. In Chile, cyanobacteria that can produce toxins have been detected in various regions of the country. However, in Chile there is no information to the community from the public authorities and services responsible for controlling and protecting health, safety, and welfare of persons, as neither has a regulation in this regard. In this sense, it is argued that it is not possible to study the occurrence and effects of HABs only from the limnological perspective, but should be approached by a multi- and interdisciplinary view to address the challenges of this complex environmental problem. Therefore, was necessary to associate researchers comprising an interdisciplinary group con-

sidering the nature of this research involving the following areas: sanitary engineering, chemistry, ecotoxicology, public health and environmental education. This approach allowed this study to establish the environmental conditions that trigger these blooms, behavior, assess their toxins risk on the inhabitant's health of "Gran Concepción" (Chile), produce educational materials and conclude with the formulation of a proposed guideline or standard to allow national address of this environmental problem.

Keywords: Interdisciplinarity, Cyanobacteria, Cyanophyceae, blue green algae, cyanotoxins, urban lakes, mitigation and adaptation, environmental regulations.

Introducción

GRAN PARTE DE LOS PROBLEMAS ambientales que implican deterioro de la calidad de vida y riesgos para la salud de la población deben abordarse desde una perspectiva multi- e interdisciplinaria. Ello, debido a que las acciones humanas sobre los ambientes naturales y construidos adquieren una dimensión diversa y compleja que requiere la conformación de equipos de trabajos de diversas disciplinas y la interacción con instituciones públicas (con competencias ambientales y de salud pública) y privadas que poseen competencias en los ámbitos de interés. La interdisciplina se define como la interacción entre dos o más disciplinas, la cual puede ir desde la comunicación y la confrontación de ideas hasta la integración mutua en la organización de los conceptos, metodologías, procedimientos, la epistemología, la terminología, los datos y la organización de la investigación y la educación en un amplio rango de temáticas (Broido, 2007; Klein, 2009). Un grupo de investigación interdisciplinario está formado por personas capacitadas en diferentes áreas del conocimiento o disciplinas con conceptos, métodos, datos y términos, organizados en un esfuerzo común y con la intercomunicación sostenida en el tiempo.

La interdisciplina es un gran reto para la investigación mundial actual y busca responder, con mayor diversidad y riqueza de enfoques que desde uno monodisciplinar, a problemas complejos de la sociedad como, por ejemplo, la pobreza, la salud, el medioambiente, entre otros. El reto no solo se asocia a la naturaleza compleja de los problemas que se buscan solucionar, sino también porque los investigadores involucrados deben analizar de forma dialógica, entendiendo los aportes de cada disciplina, desarrollando un lenguaje académico transversal, compartiendo metodologías de investigación común y comprometiéndose a hacer públicos, de forma conjunta, los resultados de sus investigaciones (Broido, 2007; Gusdorf, 1977; Klein, 2009).

Un problema global, complejo y actual es la falta de agua, siendo uno de los principales gatillantes del incremento progresivo de la eutrofización (incremento de la concentración de nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno en sistemas acuáticos), la cual desencadena cambios importantes en las redes tróficas y una disminución de la biodiversidad acuática (Giannuzzi, 2011), además de cambios en la composición taxonómica y abundancia del fitoplancton, aumentando la frecuencia y densidad de las floraciones (Parra *et al.*, 1986). Cuando estas floraciones se desarrollan en cuerpos de agua destinados a diversos usos humanos (servicios ecosistémicos), como fuente de agua potable, recreación, pesca deportiva, entre otros, ocasionan importantes perjuicios desde el punto de vista sanitario, económico, ambiental y estético.

Por otro lado, diversos estudios señalan que el cambio climático agravará más esta situación al alterar los patrones de precipitación, afectando los caudales de ríos e incrementando la temperatura y periodos de sequía (Hudnell & Dortch, 2008; Unesco, 2009). Específicamente, las microalgas pertenecientes a la clase Cyanophyceae, algas verde-azules, o Cianobacterias, son conocidas por su potencial producción y liberación de compuestos tóxicos de diversa naturaleza química que reciben el nombre general de cianotoxinas, las cuales son sintetizadas como metabolitos secundarios y sus efectos varían según la especie dominante de la floración, su nivel de toxicidad, el tipo de toxina y las características del organismo afectado. Las cianotoxinas son relativamente estables y resistentes a la hidrólisis y oxidación, por lo que pueden perdurar por largos períodos en el cuerpo de agua (Paerl, 1996). Las FAN implican un alto riesgo para los seres humanos por contacto o por consumo de agua, a consecuencia de exposiciones agudas o crónicas a estos ambientes con presencia de estas toxinas (Fig. 1). Los mecanismos de toxicidad de las cianotoxinas varían desde efectos hepatotóxicos, neurotóxicos, dermatotóxicos, promoción de tumores, hasta la inhibición general de la síntesis proteica, muerte por fallo hepático (Unesco, 2009; Giannuzzi *et al.*, 2009) y trastornos respiratorios y digestivos en personas sensibles (Echeñique *et al.*, 2006). Otros impactos incluyen la pérdida de los espacios de recreación, de recursos pesqueros (alimenticios o recreativos) e incrementos en los costos de tratamiento del agua destinada al consumo humano. Probablemente muchos casos de enfermedades causadas por las cianotoxinas no fueron bien documentadas, ya que los pacientes y/o los médicos no asocian los síntomas con estos microorganismos y sustancias. Los primeros registros de alteraciones gastrointestinales resultantes del contacto de la población datan de 1931, con el reporte de gran cantidad de casos de gastroenteritis en varias ciudades a orillas del río Ohio en los EEUU, en donde se había producido un intenso florecimiento de cianobacterias en uno de los afluentes del río (Giannuzzi *et al.*, 2009). En Sudamérica se produjo un caso severo de gastroenteritis en Brasil en el año 1988, luego de la instalación de la represa de Itaparica, donde fueron informados cerca de 2.000 afectados en un período de 42 días, 88 de los cuales resultaron fatales siendo los afectados principalmente niños. Las evidencias relacionaron este problema sanitario con un florecimiento de cianobacterias de los géneros *Dolichospermum* y *Microcystis*. Otros ejemplos de malestares gastrointestinales relacionados con la presencia de FAN de diversos géneros de cianobacterias han sido descritos en Estados Unidos, Europa y Australia. La intoxicación humana más grave reportada por agua contaminada con toxinas de los géneros *Microcystis* se presentó en 1996 en la ciudad de Caruaru, Brasil, en 130 pacientes renales crónicos sometidos a tratamiento de diálisis y la posterior muerte de 70 de ellos (UNESCO, 2009; Azevedo *et al.*, 1994).

En Chile, hasta el presente, no se han generado reportes de intoxicación de seres humanos, sin embargo se ha informado de la presencia de cianobacterias capaces de producir toxinas desde la II a la X región, incluyendo la Metropolitana, en cuerpos de agua utilizados para consumo humano y recreación (Campos *et al.*, 1999, 2005, 2007; Delherbe *et al.*, 2009; Parra *et al.*, 1980; Parra & Dellarossa, 1987; Parra *et al.*, 1986, Parra *et al.*, 1989; Zúñiga & Carvajal, 1990), otros informes se concentran en la región del Biobío (Tabla 1), como una floración tóxica de *Microcystis aeruginosa* que generó la muerte de cientos de peces durante el año 1985 en la laguna Redonda (Parra *et al.*, 1986; Parra & Dellarossa, 1987). Nimptsch (2012) ha citado la presencia de cianotoxinas en algunos

lagos Nord-Patagónicos en la zona valdiviana. Por otro lado, durante los últimos tres años, se ha evidenciado la formación de diferentes floraciones de *M. aeruginosa* en las lagunas de Lo Galindo, Tres Pascualas y Grande de San Pedro, algunas de ellas de naturaleza tóxica (Almanza *et al.*, 2013).

Más del 80% del agua potable en la región del Biobío (en términos de población total atendida) proviene de fuentes de agua superficiales y, en general, los cuerpos de agua dulce se utilizan extensamente para una variedad de actividades recreativas, por lo que estas floraciones de algas verde-azules podrían tener importantes impactos en la salud, y a nivel económico y social. La toxicidad de estas FAN y el posible riesgo que éstas podrían causar a la población de las ciudades de Concepción y San Pedro de la Paz cobran especial relevancia al considerar que la población está en contacto directo con estos cuerpos de agua al estar inmersos en la ciudad y hacer uso de los mismos para recreación, navegación, esparcimiento y/o para fuente de agua potable en condiciones de desabastecimiento del recurso, situación ocurrida en el periodo de emergencia surgido después del terremoto del 27 de febrero del 2010 (Andrés *et al.*, 2012).

El objetivo general del proyecto de investigación “Identificación, monitoreo y evaluación del riesgo de la población del Gran Concepción ante la presencia de cianobacterias y cianotoxinas” fue evaluar el riesgo de la presencia de floraciones de Cyanophyceae o Cianobacterias y sus cianotoxinas en cuerpos de agua utilizados por los habitantes del “Gran Concepción”, mediante un enfoque interdisciplinario, desarrollado a través de los siguientes objetivos específicos: (1) Identificar floraciones algales nocivas de Cyanophyceae (cianobacterias) en los lagos urbanos del Gran Concepción, las toxinas presentes y su concentración, estableciendo un protocolo de monitoreo (ej. analíticos y de muestreo), (2) Evaluar los niveles de riesgo de la población potencialmente expuesta de acuerdo a su perfil sociodemográfico y las principales rutas de exposición, (3) Determinar los efectos de las cianotoxinas sobre diferentes organismos, principalmente sobre los que son utilizados para elaborar normas de calidad de agua, (4) Realizar una propuesta de educación sanitario-ambiental para la población y las instituciones responsables, que permita tener una población informada sobre acciones de prevención y control del fenómeno y (5) Proponer una norma de calidad ambiental para permitir la prevención y manejo de las FAN.

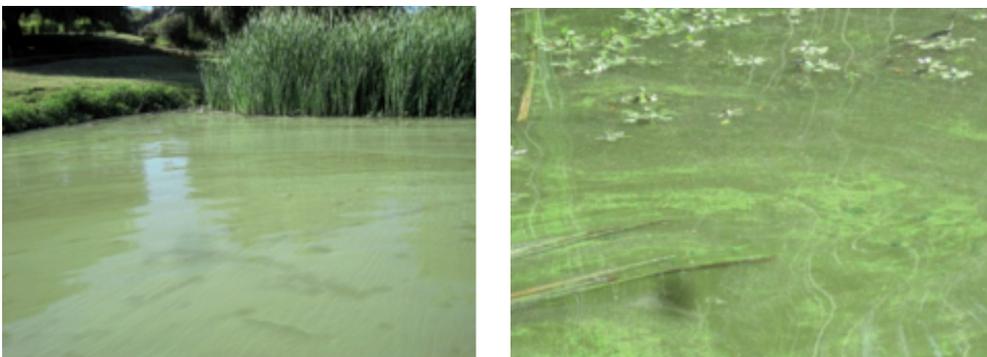


Figura 1. Floración de *Microcystis aeruginosa* en la laguna Lo Galindo de Concepción, en verano del 2013.

Tabla 1. Presencia de floraciones algales de Cyanophyceae o Cianobacterias en lagos y lagunas de Chile.

Laguna	Región	Año	Género/Especie	Cianotoxinas	Concentración (µg/L)	Método de determinación	Usos del lago	Referencia
Lo Méndez	Biobío	1976	<i>Aphanizomenon flosaquae</i>	No determinado	Sin información	Sin información	Recreación	Parra <i>et al.</i> (1980)
Redonda	Biobío	1985	<i>Microcystis aeruginosa</i>	No determinado	Sin información	Ensayos con ratón	Recreación	Parra <i>et al.</i> (1985), Parra & Dellarossa (1987)
Lo Galindo	Biobío	1985	<i>Microcystis aeruginosa</i>	No determinado	Sin información	Sin información	Recreación	Parra & Dellarossa (1987)
Lo Méndez	Biobío	1985	<i>Microcystis aeruginosa</i>	No determinado	Sin información	Sin información	Recreación	Parra & Dellarossa (1987)
Grande de San Pedro	Biobío	1985	<i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>M. wesenbergii</i>	No determinado	Sin información	Sin información	Recreación	Parra (1989)
Laguna Aculeo	Metropolitana	1998	<i>Microcystis sp.</i>	Microcistina-RR	Sin información	Sin información	Recreación	Peñaloza <i>et al.</i> (1990)
Humedal Rocuant	Biobío	1995-1996	<i>Microcystis sp.</i>	Microcistina-RR, LR	Sin información	Sin información	Sin información	Campos <i>et al.</i> (1999)
Tres Pascualas	Biobío	1998	<i>Microcystis sp.</i>	Microcistina-RR, FR, LR, YR	Microcistinas totales 13 µg/g	Espectrofotometría de masas (MALDI-TOF-MS)	Recreación	Neumann <i>et al.</i> (2000)
Lago Peñuelas	Valparaíso	1990	<i>Microcystis sp.</i>	Sin Información	Sin información	Sin información	Potable, recreación	Zúñiga & Carvajal (1990)
Laguna Aculeo	Metropolitana	2005	<i>Microcystis sp.</i>	No determinado	Sin información	Sin información	Sin información	Campos <i>et al.</i> (2005)
Laguna Posada	Biobío	2005	<i>Microcystis sp.</i>	No determinado	Sin información	Sin información	Sin información	Campos <i>et al.</i> (2005)
Lago Peñuelas	Valparaíso	2005	<i>Microcystis sp.</i> y <i>Dolichospermum sp.</i>	Microcistina-RR	Sin información	Sin información	Potable, recreación	Vera (2005)
Lago Peñuelas	Valparaíso	2005-2006	<i>Microcystis sp.</i> y <i>Oscillatoria</i>	Microcistina-RR, LA	Sin información	Espectrofotometría de masas (MALDI-TOF)	Potable, recreación	Campos <i>et al.</i> (2007)
Embalse Los Aromos	Valparaíso	2005-2006	<i>Microcystis sp.</i>	Microcistina-LR, RR, YR, Nodularina	Sin información	Espectrofotometría de masas (MALDI-TOF)	Potable, recreación	Campos <i>et al.</i> (2007)
Tranque Recreo	Valparaíso	2005-2006	<i>Oscillatoria</i> , <i>Dolichospermum sp.</i>	Microcistina-LA	Sin información	Espectrofotometría de masas (MALDI-TOF)	Potable, recreación	Campos <i>et al.</i> (2007)
Lago Rapel	O'Higgins	2010	<i>Microcystis sp.</i>	Microcistina-LR, RR, YR	Sin información	Genética-fragmentos de gen	Recreación	Delherbe <i>et al.</i> (2010)
Lago Villarica	Araucanía	2012	<i>Dolichospermum sp.</i>	Microcistina-LR	3,5	ELISA	Recreación	Nimptsch <i>et al.</i> (2012)
Lago Caburga	Araucanía	2012	Sin información	Microcistina-LR	0,1	ELISA	Recreación	Nimptsch <i>et al.</i> (2012)
Lago Calafquen	Araucanía	2012	Sin información	Microcistina-LR	0,1	ELISA	Recreación	Nimptsch <i>et al.</i> (2012)
Lago Ranco	Los Ríos	2012	Sin información	Microcistina-LR	0,1	ELISA	Recreación	Nimptsch <i>et al.</i> (2012)
Lago Panguipulli	Los Ríos	2012	Sin información	Microcistina-LR	0,3	ELISA	Recreación	Nimptsch <i>et al.</i> (2012)
Lago Puyehue	Los Ríos	2012	Sin información	Microcistina-LR	0,6	ELISA	Recreación	Nimptsch <i>et al.</i> (2012)

Metodología

Modelo conceptual de la investigación

Las consecuencias ecológicas, económicas y sociales de las FAN en las comunas de Concepción y San Pedro de la Paz fue el tema central de la investigación, las cuales tienen un patrimonio lacustre único en Chile en cantidad y magnitud de estos cuerpos acuáticos, siendo la mayoría de ellos prestadores de diversos servicios ecosistémicos de gran relevancia ambiental, social y económica. Desgraciadamente la mayoría de estos cuerpos lacustres han incrementado su nivel trófico, siendo la mayoría de ellos eutróficos y otros hipereutróficos, por lo tanto, con condiciones ecológicas aptas para el desarrollo de FAN. Se constituyeron subgrupos de investigación con objetivos específicos, pero con la visión de compartir y transferir información entre los grupos que permitiera un análisis integrado. La Figura 2 ilustra la concepción interdisciplinaria de la investigación efectuada.

La investigación se estructuró considerando las siguientes etapas: (1) Análisis de la información disponible en el país y en el extranjero, (2) Identificación y monitoreo de FAN en las lagunas urbanas de Concepción a través de inspecciones visuales periódicas, obtención y análisis de muestras en terreno, (3) Caracterización del riesgo en la salud de la población asociado a las FAN, lo cual comprendió identificar la población potencialmente afectada, las principales rutas de exposición y la vulnerabilidad de la población, determinación del tipo de vinculación de actividades antrópicas de la laguna a través de una metodología mixta cualitativa y cuantitativa, así también se trabajó en determinar los efectos tóxicos de las cianotoxinas sobre organismos acuáticos e, (4) Identificación de estrategias de control y prevención de las cianobacterias sobre la salud humana, para lo cual se estableció un protocolo de monitoreo en las lagunas y sistema de alerta a la población (árboles de decisión), elaboración de una propuesta de educación sanitario-ambiental (charlas, talleres seminarios y material educativo) y propuesta de norma de calidad de agua para microcistinas.

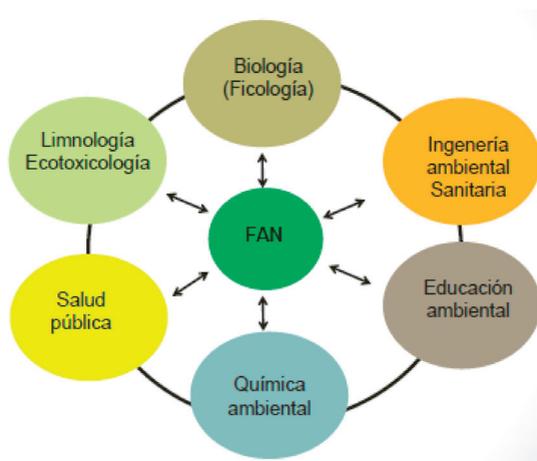


Figura 2. Esquema conceptual de la investigación multi- e interdisciplinaria.

Conformación del equipo de investigación: multi- e interdisciplinario e intersectorial

La formulación y ejecución del presente proyecto fue de carácter multi- e interdisciplinario e incluyó profesionales de la ficología, limnología, químicos, ingenieros (sanitario y químicos con experiencia en salud) y especialistas en Educación Ambiental, del Centro de Ciencias Ambientales y de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, y profesionales de la salud (psicólogo, matrona) del Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina. Lo anterior facilitó el trabajo y la discusión interdisciplinaria del problema investigado, como en el análisis e interpretación de los datos, resultados y la formulación de las conclusiones finales del proyecto. Paralelamente se posibilitó la formación y entrenamiento de recursos humanos, a nivel de las carreras de pregrado (ingenieros ambientales, sociólogos y estadísticos) y postgrado (Doctorado en Ciencias Ambientales), ya sea como participantes en los cursos, seminarios y talleres dictados o como tesis.

Asimismo, el Centro EULA-Chile cuenta con el laboratorio de fitoplancton y fitobentos dotado de equipos e instrumental necesarios, así como una biblioteca especializada. Igualmente dispone de un laboratorio de química del agua, equipamiento de terreno completo y un laboratorio especializado en bioensayos. El Laboratorio de Química de Productos Naturales de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas cuenta con los equipos e instrumental necesarios para la detección y caracterización química de las cianotoxinas.

La participación intersectorial correspondió a las Municipalidades de Concepción y de San Pedro de la Paz y a una empresa privada del sector sanitario, ESSBIO S.A. Los aportes de estas instituciones se destinaron prevalentemente a la elaboración del Programa de Educación Sanitario-Ambiental, que estuvo orientada a la transferencia del conocimiento generado por el proyecto hacia las autoridades de salud, educación y medio ambiente competentes, como hacia la comunidad en general. Además existió un aporte del Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile que cuenta con instalaciones, contactos institucionales y personales que facilitaron el desarrollo de la transferencia del conocimiento generado por el proyecto, así como de la Facultad de Química de la Universidad de Concepción.

Actividades de transferencia de conocimiento, actividades de educación ambiental y difusión

A lo largo del proyecto se realizó una intensa interacción con los respectivos departamentos de Medio Ambiente de las Municipalidades de Concepción y San Pedro de la Paz y también con los responsables de las áreas de Educación y Salud Pública. En el hecho, los profesionales municipales del área ambiental y de la Empresa sanitaria participaron en los monitoreos de las FAN en las lagunas localizadas en sus territorios, para lo cual se formuló un protocolo y se entrenó al personal designado para su aplicación.

La difusión del proyecto se inició mediante la elaboración de página web (www.eula.cl/fonis), a través de la cual se ha informado de todas las actividades y resultados obtenidos. Además se realizó en conjunto con autoridades regionales, municipales y de salud pública, un curso de FAN de agua dulce, dirigido a profesionales del sector salud,

ambiente y educación. Al curso fueron invitados investigadores de alto prestigio internacional de Brasil y Uruguay, quienes relataron sus experiencias en el tema.

Resultados

Se ha actualizado la condición ecológica y el nivel de eutrofización en que se encuentran los sistemas lacustres de ambas comunas al año 2014. En la Tabla 2 se hace una síntesis de las condiciones limnológicas actuales de las nueve lagunas estudiadas.

Los resultados obtenidos hasta el momento (Tabla 3) muestran la presencia de algas verde-azules formadoras de FAN en todas las lagunas urbanas, con siete eventos en los lagos de Lo Méndez, Lo Galindo, Tres Pascualas y Grande de San Pedro, las que se forman principalmente en verano cuando la temperatura del agua asciende sobre 20°C. En Lo Galindo han sido observadas consecutivamente durante los últimos tres años siendo principalmente *Microcystis* el género responsable. Asimismo, a partir del año 2013 se comenzó a realizar la detección de microcistina mediante el kit comercial ELISA, empleando la muestra directamente y constatando los resultados por HPLC.

Evaluación de efectos sobre los organismos que habitan los cuerpos de aguas

Los resultados de bioensayos de toxicidad aguda y crónica realizados con aguas provenientes del lago Lo Galindo durante un periodo de floración, con dos especies de organismos bioindicadores, muestran que para *Daphnia magna* no existe efecto agudo ni crónico de las cianotoxinas, mientras que para *D. obtusa* solo se observaron efectos crónicos en la reproducción del organismo, expresado en el tiempo de la primera puesta y el número de camadas.

Evaluación del riesgo para la salud

La evaluación de riesgo –entendido riesgo como “Probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiente), resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad”– constó de dos elementos: caracterización de la amenaza y la vulnerabilidad de la población, entendida desde el punto de vista físico, social, económico y ambiental (EIRD, 2004). La probabilidad de ocurrencia e intensidad de las FAN se obtuvo a partir de la información entregada por los especialistas (limnólogos, ecotoxicólogos) y la vulnerabilidad mediante la caracterización de las poblaciones que habitan en el área de influencia de los lagos urbanos de las comunas de San Pedro de la Paz, cuyos usos son principalmente recreacionales y Concepción cuyos usos están asociados al entorno a las lagunas, sin contacto directo con el agua. Además, como elemento clave a considerar en la evaluación del riesgo se consideró la percepción del riesgo de dicha población, la cual permite no sólo adecuar los programas enfocados a la educación ambiental, sino también a la generación de acciones de gestión y mitigación de los riesgos a la salud generados por la presencia de FAN (Slovic, 1980).

Tabla 2. Síntesis de las condiciones limnológicas de los sistemas lacustres (valores promedios 2011-2014).

Laguna	Temperatura (°C)	Sechi (m)	Conductividad (µS/cm)	pH	Oxígeno (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Amonio (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Ortofosfato (mg/L)
Chica de SP	17.5	3.8	87.5	7.73	8.6	0.17	Sin dato	0.02	Sin dato	0.02	<0.04
Grande de SP	17.5	6.1	92.7	7.38	8.3	0.33	0.16	0.02	0.10	0.05	<0.04
Posada	17.3	2.0	53.7	7.64	6.5	0.16	Sin dato	0.02	Sin dato	0.25	<0.04
Quiñenco	16.7	2.4	47.0	7.98	7.0	0.18	Sin dato	0.02	Sin dato	0.04	<0.04
Lo Galindo	18.5	0.3	276.2	8.26	7.7	1.90	1.12	0.07	0.10	0.23	0.18
Lo Méndez	18.5	1.1	269.6	7.77	8.1	1.40	0.73	0.02	0.21	0.08	0.31
Redonda	18.1	2.5	258.0	7.96	6.8	0.71	0.19	0.03	0.21	0.03	0.33
Tres Pascualas	17.3	1.5	316.0	8.11	7.9	1.89	1.60	0.03	0.35	0.14	0.06
Lo Custodio	17.0	0.6	166.3	7.88	6.6	1.40	0.04	0.02	0.40	0.11	<0.04

Tabla 3. Presencia de FAN y cianotoxinas en los cuerpos lacustres (O: oligotrófico, m: Mesotrófico, E: Eutrófico, H: Hipereutrófico, MP: Número de muestras positivas para microcistinas, kit ELISA).

Lago	Presencia de cianobacterias										Estado Trófico	Total muestras	MP
	<i>Aphanethece</i>	<i>Aphanocapsa</i>	<i>Snowella</i>	<i>Microcystis</i>	<i>Chroococcus</i>	<i>Pseudanabaena</i>	<i>Phormidium</i>	<i>Nodularia</i>	<i>Dolichospermum</i>	<i>Anabaena</i>			
Redonda		+		+								18	4
Lo Méndez	+	+		+		+				+		18	8
Tres Pascualas			+	+		+						18	7
Lo Custodio	+			+		+	+			+		18	9
Lo Galindo		+		+		+						18	15
Grande de San Pedro	+	+	+	+	+	+			+			18	8
Chica de San Pedro		+	+	+	+							18	3
La Posada		+		+								4	2
Quiñenco						+						3	1

La relevancia de incorporar aspectos culturales como creencias, tradiciones y capacidad de enfrentar las adversidades, aporta al equipo multi- e interdisciplinario una mirada amplia de la problemática y lineamientos para intervenir desde los propios territorios y los actores sociales parte de ellos. En este sentido, la toxicología intuitiva plantea que no siempre la percepción entre legos e inexpertos es coincidente, lo que para el caso de la mayoría de las lagunas en estudio no fue confirmada. Un ejemplo de ello es el siguiente esquema (Figura 3) trabajado participativamente con la comunidad de la laguna Lo Galindo, la cual presenta altas concentraciones de *Microcystis*. Éste presenta “un mapa mental”, donde la parte superior expresa las causas de la contaminación de la laguna y en la parte inferior, los efectos de dicha contaminación, donde podemos observar que existe una clara percepción de riesgo para la salud, asociado también a riesgos de tipo social y ambiental.



Figura 3. Diagrama conceptual causas y efectos del estado trófico de Lo Galindo.

Discusión y conclusiones

Un enfoque multidisciplinario se basa en aportes paralelos de distintas disciplinas, sin que existan necesariamente instancias de consulta o integración entre ellos. El enfoque interdisciplinario implica una interacción de diferentes disciplinas en relación con el problema que se investiga a través de todo el proceso y necesariamente, a partir de la definición del problema, en este caso el riesgo a la salud de la población por la presencia de FAN en sistemas acuáticos lacustres localizados en los territorios urbanos de las Comunas de San Pedro de la Paz y Concepción, está última la capital de la región del Biobío. Según Van Dusseldorp (1992) los principales componentes y etapas de la investigación y el análisis interdisciplinario serían: (1) estudio del mismo objeto, (2) al mismo tiempo o contemporáneamente, (3) por investigadores de distintas disciplinas, (4) que trabajen en estrecha cooperación, (5) con un continuo intercambio de información, y (6) obteniendo un análisis integrado del objeto de estudio. A lo anterior se agrega que el hecho de traspasar las fronteras disciplinarias en las investigaciones en desarrollo no

implica *per se* la integración de las disciplinas en cuestión. El objetivo es aunar o integrar puntos de vistas e información provenientes de diferentes ámbitos disciplinarios, facilitando la cooperación entre individuos de campos diferentes sin afectar el valor de sus aportes específicos. La pregunta entonces es ¿se ha cumplido en esta investigación con los criterios indicados?

(1) **Estudio del mismo objeto:** todos los investigadores intentaron responder interrogantes asociadas a las FAN, ¿cómo se puede identificar las floraciones y las condiciones ambientales que permiten su desarrollo?, ¿cuándo las lagunas constituirían una amenaza y un riesgo a la población?, ¿de qué manera educar a la población e informar a las autoridades competentes y alertar a la población?; (2) **al mismo tiempo:** en el hecho todos los investigadores participantes lo hicieron desde el inicio hasta el final del proyecto; (3) **por investigadores de distintas disciplinas:** el estudio se realizó no solo a nivel de investigadores de distintas disciplinas, sino de facultades de la Universidad e instituciones públicas y privadas; (4) **en estrecha cooperación:** los investigadores fueron organizados en grupos para resolver temáticas específicas del problema; el trabajo de integración se hizo en reuniones de trabajo coordinados por el investigador principal y/o el investigador alterno del proyecto FONIS; (5) **con un continuo intercambio de información:** el proyecto se planificó en etapas y en todas ellas se coordinaron reuniones de trabajo para el intercambio de la información generada, la que posteriormente se compartía en reuniones grupales a través de presentaciones formales, entrega de documentos y a través del sitio web del proyecto y (6) **obteniendo un análisis integrado del objeto de estudio:** desde el principio el grupo de investigación sabía que el reflejo del trabajo interdisciplinario debía manifestarse en los productos del proyecto, es decir, en las publicaciones científicas con participación del grupo y en actividades y publicaciones de transferencia hacia la comunidad. Además, se trabajó con las instituciones asociadas, utilizando el aporte logístico y realizando actividades de transferencia de conocimiento, a través de seminarios y talleres dirigidos a las autoridades, servicios públicos y a la comunidad en general.

Al formular el proyecto de investigación se tuvo presente los nuevos escenarios que se proyectan por los efectos del cambio climático, de manera particular sobre los recursos hídricos, que en el caso chileno serán dramáticos, con una menor disponibilidad de agua por disminución de las precipitaciones y, por ende, con efectos sobre la salud ecológica de estos sistemas (mayor eutrofización) e incremento de la temperatura, lo cual redundaría en un incremento de las FAN. Fue necesario para el grupo de investigación entender si las FAN en las lagunas urbanas podrían constituir una amenaza y un riesgo para la salud humana, ya sea como recurso agua por su consumo ante una situación de emergencia o como ecosistema para recreación, evaluando la toxicidad de las mismas y las condiciones bajo las cuales se desarrollan. Lo anterior fue fundamental para identificar acciones que eviten o reduzcan los efectos de la contaminación y eutrofización de las lagunas con énfasis sobre la salud poblacional en el Gran Concepción. De esta forma, se contribuye al desarrollo de políticas públicas, tanto en el contexto preventivo como en la identificación y desarrollo de acciones que impidan el desarrollo de estas floraciones. Esto es relevante cuando en Chile no existen normas que controlen

la presencia de toxinas o microorganismos que las generen. La OMS señala que cuando la abundancia de las cianobacterias alcanza a las 100.000 cél./ml, se debe iniciar un análisis de toxicidad y monitoreo del cuerpo de agua con mayor frecuencia para evitar afectaciones sanitarias de mayor riesgo y estableciendo como límite máximo de Microcistina-LR en el agua potable de 1 µg/L (Unesco, 2009). En Brasil se ha desarrollado una de las normativas más completas para lagos y reservorios de agua potable, con valores estándar para Microcistinas (1 µg/L), Saxitoxinas (3 µg/L) y Cylindrospermopsinas (15 µg/L) (Brasil 2004). En Canadá el valor guía para la Microcistina-LR es de 1,5 µg/L. El Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT) estableció el valor de 1 µg/L MC-LR en la norma de calidad de agua potable N° 833:2008 (Unesco 2009).

En este contexto, los resultados del proyecto se enmarcaron dentro de los objetivos sanitarios establecidos por el Ministerio de Salud Chileno, para el periodo 2010-2020 referente a riesgos ambientales y enfocados a agua potable (prevención y control de las enfermedades transmitidas por el agua) y a aguas de recreación con contacto directo, así como en los lineamientos generales de la convocatoria del Programa FONIS, es decir, proyectos que permitan sustentar con evidencia científica las intervenciones de promoción de la salud y de control de los factores de riesgo de la población en Chile, específicamente lo referido a evaluaciones de impacto de políticas públicas dirigidas al control de factores de riesgo para la salud.

Agradecimientos

Se agradece el aporte financiero de los Proyectos VRID N° 212310062-10 y Proyecto FONIS/CONICYT SA 13120, a las instituciones asociadas al Proyecto FONIS, la Ilustre Municipalidad de Concepción, la Ilustre Municipalidad de San Pedro de la Paz, la Empresa Sanitaria ESSBIO S.A.

Referencias bibliográficas

- Almanza, V., Parra, O., Beltán, J., Becerra, J. & Urrutia, R. (2013). Ocurrencia y monitoreo de floraciones de algas verde azules (Cyanobacteria) en ecosistemas de aguas continentales de Chile. Reunión Latinoamericana sobre Algas Nocivas. Florianópolis, Brasil. 23 pp.,
- Andrés, E., Almanza, V., Baeza, C., Parra, O., Vidal, G., Urrutia, R., Caamaño, D. & Rossner, A. (2012) Lagunas urbanas en Concepción: ¿Una fuente de agua para enfrentar emergencias? Revista *AIDIS* (Capítulo Chileno Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental), 42, 17-20.
- Azevedo, S., Evans, W.R., Carmichael, W.W. & Namikoshi, M. (1995). First report of microcystins from a Brazilian isolate of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Journal of Applied Phycology*, 6(3), 261-265.
- Brasil. Regulación M.S.N° 518/2004/Ministerio da Saude. Brasilia, Secretaria de Vigilancia emSaude. Coordenacao-Geral de Vigilancia emSaude Ambiental. General de Vigilancia em Saude Ambiental. 28 pp., 2004.
- Broido, J. Interdisciplinarity: reflections on methodology. In Kockelmans, J.J., ed. (2007). *In-*

- terdisciplinarity and Higher Education*. Pennsylvania State University, University Park, PA, EEUU.
- Campos, V., Cantarero, S., Urrutia, H., Heinze, R., Wirsing, B. & Neumann, U. (1999). Microcystin in Cyanobacterial Blooms in a Chilean Lake. *Systematic and Applied Microbiology*, 22: 169-173.
- Campos, V., Lisperguer, S., Weckesser, J., Vera, A. & Muñoz, D. (2005). Cyanobacteria and potential risks of toxicity in continental waters of Chile. *Boletín Micológico*, 20, 73-81.
- Campos, V., Muñoz, D., Straube, M., Lisperguer, S., & Weckesser, J. (2007). Péptidos tóxicos y no tóxicos de cianobacterias en cuerpos de agua dulce de la V Región, Chile. *Boletín Micológico*, 22, 95-100.
- Cybis, L.F., Bendati, M.M., Maizonave, C.R., Werner, V.R. & Domínguez, C.D. (2006). *Manual para estudio de cianobacterias planctónicas en aguas de abastecimiento público: Caso da represa Lomba do Sabao e lago Guaiba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: PRO-SAB. 144 pp.
- Chorus, I., & Bartram, J. (1999). *Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management*. London: Chapman and Hall.
- Delherbe, N., Soto, K., Echenique, I. & Vásquez, M. (2009). Presence of microcystins-producing cyanobacteria in the recently harmful algal blooms in the reservoir Rapel, Chile: toxicological and phylogenetic analysis. XXXI Congreso Chileno de Microbiología. Santa Cruz, Chile. 119 pp.
- Díaz-Barriga, F. (1999). Metodología de Identificación y Evaluación de Riesgos para la Salud en Sitios Contaminados. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS/CEPIS/PUB/99.34. WHO. Perú. 96 pp.
- Echenique, R., Giannuzzi L. & Ferrari, L. (2006). Drinking water: problems related to water supply in Bahía Blanca, Argentina. *Acta Toxicológica Argentina*, 14(2), 2-9.
- Giannuzzi, L., Colombi, A., Pruyas, T., Aun, A., Rujana, M., Falcione, M., & Zubieta, J. (2009). *Cianobacterias y cianotoxinas: identificación, toxicología monitoreo y evaluación de riesgo*. Corrientes: Moglia Impresiones. 238 pp.
- Giannuzzi, L. (2011). *Cianobacterias como determinantes ambientales de la salud*. Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación, Presidencia de la Nación. 158 pp.
- Gusdorf, G. (1977). Past, present and future in interdisciplinary and research. *International Social Science Journal*, 29(4), 580-99.
- Hudnell, H. K. & Dortch, Q. (2008). A synopsis of research needs identified at the interagency, international symposium on cyanobacterial harmful algal blooms (isoc-hab). En: Kenneth, H., Hudnell, H. (Eds.). *Cyanobacterial harmful algal blooms: state of the science and research needs* (pp. 17-44). New York: Springer Science - Business Media.
- Instituto de Salud Pública (ISP) (2008). Programa de inocuidad de los alimentos reporte de estudios 2006-2007. Santiago: Subdepartamento de Alimentos y Nutrición Departamento de Salud Ambiental Instituto de Salud Pública de Chile. 87 pp.
- Kapila S. & Moher, R. (1995). *Disciplinas interactivas: Principios para la Investigación Interdisciplinaria*. Ontario: Policy and Planning Group, 16 pp.
- Klein, J. (2009). *Interdisciplinarity: history, theory and practice*. Detroit, MI. EEUU: Wayne State University Press.
- Neuman, U., Campos, V., Cantarero, S., Urrutia, H., Henzie, R., Weckesser, J., & Erhard, M. (2000). Co-ocurrence of Non-toxic (Cyanopeptolin) and Toxic (Microcystin) Peptides in a Bloom of *Microcystis* sp. From a Chilean Lake. *Systematic and Applied Microbiology*, 23, 191-197.

- Nimptsch, J., Osorio, S. & Masotti, I. (2012). Análisis cuantitativo de cianotoxinas en lagos nor-patagónicos. IX Congreso de la Sociedad Chilena de Limnología: Sistemas acuáticos en el límite: amenazas, oportunidades y conocimiento. 23 al 26 de octubre del 2012, Antofagasta, Región Antofagasta, Chile. 82 pp.
- Paerl, H. W. (1996). A Comparison of Cyanobacterial Bloom dynamics in freshwater, estuarine and marine environment. *Phycologia*, 35, 25-35.
- Parra, O. & Dellarossa, V. (1985). Perfil biológico de un bloom o floración tóxica de una microalga en Lago Redonda, Concepción, Chile, 1985. Concepción, Chile: Departamento de Botánica, Universidad de Concepción. 14 pp.
- Parra, O. (1989). La eutroficación de la Lago Grande de San Pedro, Concepción, Chile: un caso de estudio. *Ambiente y Desarrollo*, 1, 117-136.
- Parra, O., Ugarte E., Mora, S., Liberman, M., Aron, A. & Balabanoff, L. (1980). Remarks on a Bloom of *Microcystis aeruginosa* Kützing. Nova Hedwigia, band XXXIII, Braunschweig 1908. J Cramer. 34 pp.,.
- Parra, O., Avilés, D., Becerra, J., Dellarossa, V. & Montoya, R. (1986). Primer registro de floración de algas verde-azules en Chile: Informe preliminar. *Gayana Botánica*, 43(1-4), 15-17.
- Parra, O. & Dellarossa, V. (1987). Perfil biológico de un bloom de una microalga en Laguna Redonda, Concepción, Chile. *Bol. Inf. Limnológico*, 9, 4-19.
- Parra, O., Jara, C. & Guzmán, L. (1989). Las lagunas intra-urbanas de Concepción: Estado actual y perspectivas de recuperación y uso. CIPMA. Tercer encuentro científico sobre el medio ambiente, Concepción, Chile. 14 pp.
- Peñaloza, R., Rojas, M., Vila, I., & F. Zambrano (1990). Toxicity of a soluble peptide from *Microcystis* sp. To zooplankton and fish. *Freshwater Biology*, 24, 233-240.
- Slovic, P. Fischhoff, B. & Lichtenstein, S. (1980). Facts and Fears: understanding perceived risk. In: Schwing *et al.* (eds.), *Societal Risk Assessment. How Safe is Safe Enough?* (pp. 181-216). New York: Springer Science + Business Media New York.
- Unesco (2009). Cianobacterias Planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Documento Técnico PHI-LAC, N° 16. Bonilla, S. (Ed.). 105 pp.
- Van Dusseldorp, D. (1992). Integrated rural development and inter-disciplinary research: a link often missing. In Baker, J. I. (Ed.), *Integrated Rural Development Review*. ON, Canada: Universidad de Guelph, Guelph.
- Vera, A. (2005). Determinación de Cianobacterias y Cianotoxinas en Cuerpos de Agua Dulce de la V Región, Chile. Tesis para optar al Título de Biólogo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 144 pp.
- Zúñiga, L. R. & Carvajal, M. A. (1990). Cyanobacterial blooms in lake Peñuelas, a drinking water reservoir. Proceedings, II. Biennial Water Quality Symposium. Aug. 1990, Viña del Mar/Chile. 297-301 pp.

**ECOSSOCIOECONOMIA URBANA: INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE
SOCIAL DOS ACIDENTES DE BIKE MESSENGER E MOTOFRETE,
EM CURITIBA, BRASIL**

URBAN ECOSOCIOECONOMICS: SOCIAL SUSTENTABILITY INDICATORS
FOR MOTORCYCLE AND BIKE MESSENGER ACCIDENTS IN CURITIBA, BRAZIL

Manon Garcia¹, Carlos Alberto Cioce Sampaio², Alejandro Daniel Gonzalez³

^{1,2}Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Brasil; ³Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente, CONICET y Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Argentina
¹manongarcia@yahoo.com.br; ²carlos.cioce@gmail.com; ³gonzalezad@comahue-conicet.gov.ar

Resumo: A cidade é o cenário onde acontece o fluxo da movimentação de mercadorias, no sentido do seu ponto de destino, o que se denomina a última milha (*last miles*) da logística de distribuição de cargas. Um espaço de *trade-off* para a gestão urbana que precisa planejar para atender a esta demanda de movimentação, de maneira a assegurar o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável da cidade, sem impactar no espaço público e na mobilidade urbana. O padrão de consumo se alterou, decorrente das negociações de compra de varejo utilizando-se do comércio eletrônico, grandes níveis de negociações acontecem e geram acréscimo na quantidade e frequência de fluxo de mercadorias, na rotina diária dos centros urbanos. Na logística da “última milha” (*last Miles logistics*) o volume da carga é pequeno e a quantidade de entregas é grande. Este trabalho propõe um estudo de caso “*cross-case*” de análise dos indicadores sociais de acidentes de trânsito, envolvendo os veículos bicicleta e motocicleta. Foi utilizado como cenário, o contexto da logística urbana de cargas fracionadas, realizada por serviços de *bike messenger* e motofrete, na cidade de Curitiba, Paraná. Os resultados demonstraram que a atividade de logística urbana de carga fracionada realizada por motofrete apresenta indicadores de alto risco social devido ao número de acidentes. O transporte alternativo por bicicleta, apesar dos dados não fornecerem estatísticas suficiente, possui potencial de melhorar estes indicadores, assim como também indicadores ambientais urbanos.

Palavras-chave: Acidentes trânsito, ecossocioeconomia, indicadores sociais, logística urbana, motofrete e bike messenger.

Abstract: The flux of commercial goods is a major activity in every city. Regarding the final destination, freight logistics of the last miles have encountered new challenges in the last decades, mainly due to changes in delivery demands. Consumption preferences have shifted to increasing e-commerce, which is usually associated with large number of orders and small parcel deliveries. This kind of service is better accomplished by light weight freight, and as a consequence a steep rise in the use of motorcycles has been observed in the last decades. Urban planning should then consider this particular delivery to find strategies to promote simultaneously economic development and the sustainability of public space and urban mobility. The present work investigates the use of motorcycles and bicycles dedicated to urban freight in the city of Curitiba, State of Paraná, Brazil. Social indicators of traffic accidents for motorcycles (motofrete) and bike messengers were compared. Large incidence of accidents occurring during motorcycle delivery was found, being the indicator of accidents much larger than when motorcycles are used in other activities. Even though data on the use of bicycles were not statistically significant, this alternative light

freight showed potential to improve the social indicator, as well as to improve other indicators related to the environment.

Keywords: Bike and motorcycle messengers, Ecosocioeconomics, Social indicators, Traffic accidents, Urban logistics.

Introdução

A SAÚDE PÚBLICA SOFRE impactos de diversos fatores, em casos associados à mobilidade Urbana, não somente doenças, a exemplo as doenças respiratórias (poluição ambiental), mas também por acidentes e lesões (ECF, 2014). Os acidentes de trânsito estão entre as oito causas de mortes do mundo, são estimados que 1 milhão e duzentos e quarenta mil pessoas morrem por acidentes e outros 20 e 50 milhões são vítimas respectivamente de lesões e invalidez. Os impactos destes indicadores são visíveis em países chamados em desenvolvimento, onde, segundo a OMS, os gastos com os acidentes de trânsito para a saúde pública são de 1 a 2% do PIB (WHO, 2013). A segurança rodoviária com ênfase nos acidentes de trânsito, esta entre as deliberações das políticas ambientais globais sobre Desenvolvimento Sustentável da ONU, presente na Conferência Rio +20. Dentre as prescrições para as políticas de transportes sustentáveis, esta inclusa a indicação de incentivo a formas não motorizadas de transporte acessível e seguro (IEMA, 2009).

A cidade é o cenário onde acontece o fluxo da movimentação de mercadorias, no sentido do seu ponto de destino, o que se denomina a última milha (*last miles*) da logística de distribuição de cargas. Um espaço de *trade-off* para a gestão urbana, que há necessidade de se planejar para atender a esta demanda de movimentação, de maneira a assegurar a dimensão econômica do desenvolvimento que se deseja sustentável da cidade, sem impactar no espaço público e na mobilidade urbana

O padrão de consumo se alterou, decorrente das negociações de compra de varejo utilizando-se do comércio eletrônico (*e-commerce*), grandes níveis de negociações acontecem e geram acréscimo na quantidade e frequência de fluxo de mercadorias, na rotina diária dos centros urbanos (Antún, 2013)

Igualmente mudanças podem ser percebidas nas negociações remotas de bens e serviços, com entrega em domicílio (*delivery*) que cresce rapidamente em volume e popularidade (Browne *et al.*, 2009).

É considerada a parte mais cara, ineficiente e poluente da cadeia de suprimentos logísticos, na logística urbana, pois carrega poucos volumes, em pequenas cargas, várias vezes, aumentando o número de viagens realizadas por veículos no espaço urbano (Gevaers *et al.*, 2014)

Lima (2003), como vantagem, eficiência e agilidade, sugere a redução do tamanho dos veículos de carga, recomendando a utilização da bicicleta e motocicleta. Cargas com tamanhos reduzidos, pulverização de pontos de entregas, associados ao trânsito urbano demandam estes veículos de transporte de carga, apresentando resultados mais efetivos ao cenário urbano que se apresentam.

O uso de motocicleta, como veículo de distribuição urbana de carga, é uma realidade. A agilidade da motocicleta em meio ao trânsito da cidade facilita o transporte de

carga que além de precisar de menores veículos de transporte de circulação de mercadoria, necessita de redução no tempo de deslocamento e capacidade para pequenos volumes, sem incrementar aumento nos custos de transporte (Silva *et al.*, 2008). O serviço de motofrete é uma atividade em expansão, o que não deixa de ser uma atividade de risco existente e eminente, mas a movimentação de carga urbana precisa de um veículo com rapidez e agilidade que venha responder a demanda da sociedade, indústria e economia.

Porém, a necessidade de agilidade e rapidez exige entregas rápidas em um menor espaço de tempo. Além disso, para atender aos prazos determinados pelas empresas que prestam serviços ou pelos clientes, o motofretista excede a velocidade, segurança e executa manobras arriscadas ou práticas de condução inadequadas para atender o cliente e a pressão por produtividade, que lhe são atribuídas (Silva *et al.*, 2008).

O uso de motocicleta apresenta um alto número de acidentes registrados todos os dias nas grandes cidades, onde estes veículos transitam e compartilham as vias com os automóveis, pedestres e demais veículos. Todavia, a violência dos acidentes envolvendo motocicleta é assunto que deve ser tratado pela saúde pública por se tratar de acidentes com altos índices de morbidade e mortalidade da população (DPVAT, 2014).

No sentido da logística urbana, na 8^a. Conferência Internacional sobre Logística Urbana - *8th International Conference on City Logistics* realizada na Indonésia entre os dias 17 e 19 de junho de 2013, pesquisadores do tema de diversos países abordaram sobre os assuntos relacionados e, o destaque foi à indicação “enfática” do uso da bicicleta como veículo de transporte para carga urbana para a “*last miles*”.

A bicicleta apresenta vantagens ambientais, é um veículo de transporte que não polui (ambientalmente correto), não produz ruído, não utiliza combustível e possui um baixo custo com serviços de manutenção do veículo (economicamente adequado), segundo afirmação da ABRACICLO (2014).

Economicamente a bicicleta apresenta vantagens comparativas em relação com outros veículos motorizados, baixos custos de aquisição e gastos subsequentes com manutenção e rotina usual de um veículo, com valores nulos de impostos anuais e taxas de licenciamento de uso de veículo nas cidades (Bacchieri *et al.*, 2005).

Os benefícios sociais, pelo uso da bicicleta estão associados ao seu tamanho e agilidade, reduzem o congestionamento, ocupam menor espaço nas vias, contribuindo para a melhor mobilidade nas cidades (Bacchieri *et al.*, 2005). Além disso, a melhoria da qualidade de vida do usuário da bicicleta é inegável. Para Kienteka *et al.* (2014), são associados à saúde como, melhora cardiorrespiratória, minimização dos riscos de doenças cardiovasculares, sobrepeso e diabetes tipo 2.

Em alguns países a bicicleta é utilizada para fazer o transporte de carga urbana de pequeno volumes, as chamadas cargas fracionadas na última milha da cadeia logística, em diversos países chamados de “*bike messenger*”.

Bike messengers são os mensageiros urbanos que executam o serviço de entrega de carga urbana utilizando a bicicleta como veículo. Neste caso, pode ser um profissional autônomo que realiza a entrega ou um funcionário de uma empresa privada de serviços de entrega (*courrier*), utilizando a bicicleta comum ou caracterizada como de carga para o transporte da carga (Browne, 2003).

A pesquisa teve seu foco na cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná/Brasil,

que se tornou exemplo de cidade moderna (1970) com soluções urbanas criativas e inovadoras. A mídia retrata Curitiba como capital ecológica, cidade modelo com qualidade de vida alta, como consequência de um planejamento urbano bem sucedido (Silva e Bollmann, 2005).

Metodologia

Este trabalho realiza um estudo de caso múltiplo utilizando-se técnica do cruzamento comparativo dos resultados ("cross-case"), com a finalidade de extrair um conjunto único de conclusões, por meio de indicadores de sustentabilidade qualitativos e quantitativos. A pesquisa foi realizada a partir de dois casos específicos e individuais, os *bike messenger* (bicicleta) e o motofrete (motocicleta), que estão interligados pelo exercício da mesma atividade (logística de carga fracionada), no mesmo espaço na cidade de Curitiba (urbano) (Yin, 2010).

Foi utilizado como base, o conhecimento atual de soluções alternativas que respeitam ao mesmo tempo uma série de questões ecológicas, sociais e econômicas desejáveis, em uma abordagem que considera a complexidade dos subsistemas vinculados, bem como a eficácia além da organização, mas sobre as demandas sociais no território urbano.

Os dados utilizados na pesquisa foram coletados em fontes públicas e privadas, por meio de entrevista com as duas empresas de entregas durante o ano de 2014. Em relação aos dados sobre a incidência de acidentes de trânsito na cidade, foi utilizado o relatório estatístico obtido do Corpo de Bombeiro do Estado do Paraná, que é responsável pelo serviço de atendimento a emergências e traumas nas vias públicas, a todos os tipos de acidentes envolvendo ou não veículos. O Corpo de Bombeiros do Paraná tem registrado todos os eventos com data, local, veículos e as pessoas envolvidas. Os dados podem ser acessados *on-line*.

Resultados e discussão

A Autoridade Nacional de Trânsito do Brasil (DETRAN, 2014), informou que em 2014, Curitiba havia uma frota de 1.468.087 veículos dos quais 130.842 se referem a motocicletas. Até agora, os dados sobre o número de bicicletas na cidade não é conhecida por nenhum dado estatístico. Segundo a ANTP (2012), as viagens realizadas por bicicleta representam 4% do total de viagens realizadas no Brasil. Igualmente a motocicleta, também tem a mesma representatividade de 4% das viagens realizadas.

Os dados sobre motocicletas em uso para serviços de motofrete não é exato, devido à parcela de informalidade da atividade. Segundo o sindicato dos motoristas de trabalhadores de motocicletas, SINTRAMOTOS (2014), um número significativo de veículos é de propriedade de motoristas / trabalhadores que não possui registro junto a este órgão. O sindicato informou que, em 2013 existiam 12.000 profissionais de motofrete na cidade, porém, estimavam que junto à parcela de profissionais informais, somavam um total de 14.000 motocicletas por dia trabalhando na atividade de entrega de carga.

Para o sindicato, as entregas realizadas por bicicletas são efetuadas na maioria das vezes por empresas ou autônomos não formalizados, do que as entregas por motocicleta. Afirmou que muitas empresas realizam entregas por bicicleta e até mesmo, possuem esta atividade como finalidade empresarial, porém não procedem a regularização ou sua formalidade junto aos órgãos e sindicato. As pesquisas exploratórias demonstraram que existem em Curitiba quatro empresas de *bike messenger*, sendo que a soma de todos os seus funcionários totalizam 41 profissionais na cidade. Na entrevista com o sindicato, este indicou a empresa Ecobike como a única que presta serviços de entrega de cargas utilizando somente a bicicleta como veículo, contendo 18 funcionários registrados para nesta atividade devidamente regularizada junto a este sindicato.

Em entrevista com o Ecobike (2014), caracterizada como uma experiência de Ecosocioeconomia, ou seja, uma organização que pratica o desenvolvimento sustentável, com efetividade extraorganizacional em seu território, por meio da sua extrarracionalidade na tomada de decisão da gestão empresarial (Sampaio, 2013), a empresa deu detalhes sobre suas atividades e os problemas de trânsito relacionados ao uso de bicicleta. A Ecobike informou que eles geralmente não usam ciclovias para as entregas, preferem ir por vias normais, de uso dos demais veículos, compartilhando o espaço e este procedimento não prejudica ou impacta negativamente em acidentes ou tempo de entrega. Esta escolha foi justificada pelo seguinte: (i) não há ciclovias por toda a cidade; (ii) as ciclovias não são interligadas; (iii) as ciclovias existentes em sua maioria não estão localizados em áreas centrais ou em áreas de grandes demandas; (iv) as condições da estrada de ciclovias nem sempre são tão boas quando comparada as vias de uso para automóveis.

Informou ainda que seus *bikes messengers* percorrem aproximadamente 75 km por dia, com no máximo 7 kg de carga. Em 2,5 anos de atividade registraram somente um acidente leve (pequenas lesões), não necessitando nem internamento.

Em relação às entregas realizadas com a motocicleta, foi realizada uma entrevista com a Empresa de Motofrete que informou possuir 150 funcionários efetivos, possui 10 anos de atividade no mercado de Curitiba, tendo em média 8% de registros de acidentes (18,75) no ano. Os motofretistas percorrem em média 100 km por dia e carregam consigo aproximadamente 20 kg de carga.

Em relação à frota de veículos, segundo dados coletados junto ao DETRAN (2014) e DPVAT (2014), que referem ao início do ano de 2014, a representatividade da motocicleta se apresenta pequena.

Tabela 1. Frota de veículos X motocicleta Curitiba, 2014.

Frota Curitiba (municipal)		
Veículos	1.458.254	100%
Motocicleta	130.445	9%

Fonte: Adaptado de DPVAT, 2014; DETRAN, 2014.

Em contrapartida, sobre os acidentes de trânsito, segundo dados do DPVAT (2014), as motocicletas representam o 1º. lugar nos indicadores de indenizações pagas por acidentes no Brasil (75%), em relação aos outros modos de mobilidade.

Tabela 2. Indenizações pagas no Brasil, 2014.

Veículo	Quantidade	Representatividade
Motocicleta	256.387	75%
Automóvel	67.906	20%
Caminhões e pick-ups	9.789	3%
Ônibus/micro-ônibus	6.457	2%

Fonte: Adaptado de DPVAT, 2014.

Dos 75% de acidentes envolvendo motocicleta, a distribuição das indenizações pagas, apontam altos índices de casos de invalidez em relação à DAMS(despesas de assistência médica e suplementares) e morte.

Tabela 3. Distribuição das indenizações pagas por acidentes com motocicletas, Brasil, 2014.

Indenizações pagas por acidentes com motocicletas jan. a jun/2014		
Invalidez	206.008	80%
DAMS	39.380	16%
Morte	10.999	4%

Fonte: Adaptado de DPVAT, 2014.

A faixa etária dos indenizados por morte esta distribuída conforme gráfico abaixo, havendo uma proximidade nos percentuais das faixas etárias de 18 a 24 anos (28%) e 24 a 34 anos (27%).

Tabela 4. Faixa etária das indenizações pagas por morte com motocicleta, 2014.

Faixa etária das indenizações pagas por morte com motocicleta jan. a jun/2014		
Faixa etária	Quantidade	Percentual
18 a 24 anos	3.085	28%
25 a 34 anos	3.009	27%
35 a 44 anos	1.885	17%
45 a 64 anos	1.990	18%
Outros	1.180	10%

Fonte: Adaptado DPVAT, 2014.

Em relação às indenizações pagas por invalidez os percentuais das faixas etárias se alteram apresentando um maior índice na faixa etária de 25 a 34 anos (31%).

Tabela 5. Faixa etária das indenizações pagas por invalidez com motocicleta, 2014.

Faixa etária das indenizações pagas por morte com motocicleta jan. a jun/2014		
Faixa etária	Quantidade	Percentual
18 a 24 anos	55.794	27%
25 a 34 anos	63.516	31%
35 a 44 anos	40.178	19%
45 a 64 anos	32.994	16%
Outros	13.526	7%

Fonte: DPVAT, 2014, p. 8.

Vale destacar que os dados de acidentes envolvendo ciclistas não são mensurados por estes órgãos (DETRAN/DPVAT). Isso acontece porque a bicicleta não recolhe valores de impostos, assim, não são mensurados neste Boletim Estatístico DPVAT.

Desta forma, os dados obtidos sobre acidentes com bicicleta foram fornecidos pelo Corpo de Bombeiros do Paraná (2014), através do controle estatístico dos registros de atendimentos realizados em suas unidades, distribuídas por todo o estado, disponível *on-line*.

Do relatório emitido, foram selecionados somente os dados para esta pesquisa, ou seja, acidentes envolvendo motocicleta e bicicleta, entre o período de tempo de 01/01/2014 a 30/06/2014, no espaço urbano, referente à cidade de Curitiba.

Tabela 6. Representatividade dos veículos em ocorrências do SIATE, Curitiba 2014.

Veículo da ocorrência	Curitiba	Representatividade
Total de ocorrências	3317	100,00%
Automóvel	1850	55,77%
Motocicleta	1556	46,91%
Bicicleta	280	8,44%
Ônibus	127	3,83%
Caminhão	97	2,92%

Fonte: Adaptado de Corpo de Bombeiros Cascavel, 2014.

Quanto à quantidade de acidentes, envolvendo bicicleta e motocicleta com os demais veículos, segue.

Tabela 7. Acidentes atendidos envolvendo Bicicleta e Motocicleta em Curitiba, 2014.

Tipo de Ocorrência em Curitiba/PR.	Bicicleta	Motocicleta
Acidente em meio de transporte - Colisão Auto	128	1107
Acidente em meio de transporte - Colisão Bicicleta	2	17
Acidente em meio de transporte - Colisão Caminhão	5	44
Acidente em meio de transporte - Colisão Moto	17	49
Acidente em meio de transporte - Colisão Ônibus	16	32
Acidente em meio de transporte - Queda	112	307
Total de Acidentes em meio de transporte	280	1556

Fonte: Adaptado de Corpo de Bombeiros Paraná, 2014.

Análise de dados

No período compreendido nesta pesquisa no intervalo de 01/06/2014 e 30/06/2014 (um semestre), desprezado qualquer inconsistência nos dados obtidos, têm-se as análises dos dados a seguir.

Os acidentes envolvendo motocicleta totalizaram 1.556 ocorrências. Se fizer uma relação proporcional com a frota de motocicleta (130.445) existentes em Curitiba, tem-se um indicador do número de veículos por acidentes. Ou seja, para cada 83,34 motocicletas ocorreram 1 (um) acidente, uma proporção de 0,0119% de acidentes por veículo.

Tabela 8. Indicador de acidentes de motocicleta Curitiba, 2014.

Veículo	Frota	Acidentes	Representatividade	Proporção
Motocicleta	130.445	1.556	83,834	0,0119

Fonte: Autores, 2014.

A mesma relação não é possível ser feita para bicicleta por falta de dados de acidentes, de frota ou número de viagens especificamente para Curitiba, ou até mesmo para o Paraná.

Em relação à frota de motofrete e de *bike messenger*, tem-se que a proporção dos motofretistas é 99,66% maior.

Tabela 9. Quantidade de profissionais ativos formalizados em Curitiba, 2014.

Prestador de serviço	Quantidade	Representatividade
Motofretista	12.000	99,66%
<i>Bike messenger</i>	41	0,34%

Fonte: Autores, 2014.

A seguir, fez-se para fim de apresentação e dados, elaborou-se uma tabela comparativa, relacionado ao número de acidentes o contingente da frota a que este se refere.

Tabela 10. Tabulação dos dados de acidentes X frota.

Região	Acidentes Motocicleta	Frota Motocicleta	Acidentes Bicicleta	Frota Bicicleta
Brasil	256.387	22.211.479	-	-
Paraná	13.587	1.289.804	2.711	-
Curitiba	1.556	130.445	280	-
Motofrete	6,00	150	-	-
Ecobike	-	-	0,20	18

Fonte: Autores, 2014.

A partir desta tabela para cálculo do indicador de sustentabilidade, especificamente da Ecobike, em relação à motofrete, foi utilizado como cálculo o número de acidentes (dividido) pelo volume da frota.

Tabela 11. Indicador de sustentabilidade social por acidentes.

Relação acidente por frota	Região	Indicador
Número de acidentes por motocicleta	Brasil	0,012
Número de acidentes por motocicleta	Paraná	0,011
Número de acidentes por motocicleta	Curitiba	0,012
Número de acidentes por motocicleta	Motofrete/Curitiba	0,040
Número de acidentes por bicicleta	Ecobike/Curitiba	0,011

Fonte: Autores, 2014.

Quanto maior o indicador, maior o número de acidentes e, conseqüentemente, menor a sustentabilidade social. Ou seja, proporcionalmente se existe uma frota com baixo número de acidentes existirá um indicador baixo. Se existe uma frota e com um grande número de acidentes existirá um indicador alto. Desta forma, comparando o indicador da Ecobike e o motofrete, tem-se a tabela 11.

Desta forma, a Ecobike apresenta resultado positivo no seu indicador social de acidentes de trânsito comparativamente com o motofrete, por possuir poucos acidentes em relação a sua frota. Mesmo a Ecobike apresentando um melhor desempenho em seu indicador de acidentes, não é possível realizar qualquer afirmação, considerando que não existem dados sobre a frota de bicicleta ou quaisquer outros que possam subsidiar qualquer cálculo estatístico com precisão ou estimativa.

Conclusões

A motocicleta é a maior causadora dos acidentes de trânsito que geram indenizações pagas, representando 75% entre as modalidades de veículos, sendo que 80% dessas indenizações são por invalidez. A faixa etária dos indenizados encontra-se em idade produtiva, impactando em suas famílias e consequentemente na sociedade. Em Curitiba, os indicadores de atendimento a acidentes de trânsito apontam a motocicleta como a 2ª modalidade de veículo maior causador de acidentes, seguido da bicicleta, ocorrendo um acidente para cada aproximadamente 84 motocicletas existentes.

Os motofretistas estão em maior número que os *bike messenger* e apresentam maior número de acidentes semestralmente, comparado com os *bike messengers*. No caso de Curitiba, o indicador de número de acidentes por motocicleta é de 0,04. Como não há dados absolutos estimados para o número de bicicletas, utilizou-se para efeito de informação o da Ekobike, que é de 0,01, portanto sendo menor. O que confirma as conclusões também alcançadas por Silva *et al.* (2008) sobre os riscos associados a prestação de serviços por motocicleta quanto a velocidade, segurança, condução inadequada e pressão por produtividade, quando comparado com o uso da motocicleta para fins de lazer e deslocamento. O que pode deduzir que a motocicleta não é por si só causadora de acidentes, mas sobretudo a modalidade de trabalho dos profissionais que a utilizam para prestar serviços de *delivery*.

O mesmo não se pode afirmar para o uso da bicicleta (*bike messenger*), visto que os números ainda são insignificantes para fins estatísticos. Porém, salienta-se que, visto os resultados da motocicleta, é preciso incentivar projetos de pesquisa sobre políticas públicas destinadas ao uso da bicicleta como transporte de carga.

Como apresentado acima, a bicicleta tem capacidade de transportar 7 Kg de carga por viagem, enquanto a motocicleta pode transportar 20 Kg por viagem. Neste sentido, presume-se mercadologicamente, a motocicleta apresenta maior vantagem em razão da sua capacidade de carga, em comparação a bicicleta. Em contrapartida, mesmo que transportando maior carga, conforme este estudo, apresentou maiores índices de acidentes.

Assim, como consideração, sugere-se que os órgãos associados ao trânsito elaborem estudos mais aprofundados sobre o uso da bicicleta como um modal para transporte de cargas, utilizando inclusive modelos já estabelecidos em países como Estados Unidos, que não se utiliza a motocicleta para transporte de cargas, decorrente de implicações do seguro social.

Agradecimentos

Este trabalho foi resultado das boas condições de trabalho oferecido pelas instituições de vínculo dos autores, PUCPR, FURB, CONICET, Universidade Nacional do Comahue de Argentina e Centro de Estudos Ambientais (CEAM) da Universidade Austral do Chile, e pelo financiamento do projeto de pesquisa Cidade e Soluções: Eossocioeconomia Urbana pelo editais Universal/CNPq e Programa de Pesquisa Básica e Aplicada/Fundação Araucária (PR).

Referências bibliográficas

- ABRACICLO – Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares (2014). *Anuário da Indústria Brasileira de Duas Rodas 2014*. Disponível em: < <http://abraciclo.com.br/anuario-2014>>. Acesso em 8 de out. 2014.
- ANTP – Associação Brasileira de Transporte Público (2014). *Sistema de informações da mobilidade urbana: Relatório Geral 2012*. Disponível em: < http://antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/08/01/CB06D67E-03DD-400E-8B86-D64D78AFC553.pdf>. Acesso em 12 de out. 2014.
- Antún, J. P. (2013). *Distribución urbana de mercancías: estrategias con centros logísticos*. BID - Banco Interamericano de Desarrollo - Departamento de Infraestructura y Medio Ambiente. IDB Technical Note.
- Bacchieri, G.; Gigante, D. P.; Assunção, M. C. (2005). Determinantes e padrões de utilização da bicicleta e acidentes de trânsito sofridos por ciclistas trabalhadores da cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 21, ano 5, 1499-1508.
- Browne, M. (2003). Analyzing the potential impacts of sustainable distribution measures in UK Urban Areas. In: 3th International Conference on City Logistics. *Logistics Systems for Sustainable Cities*. Madeira: Elsevier, 251-262.
- Browne, M.; Allen, J.; Nemoto, T.; Visser, J. (2009). Light goods vehicles in urban áreas. In: 6th International Conference on City Logistics *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 2, n. 3, 5911-5919. Disponível em < www.sciencedirect.com>. Acesso em 31 de maio. 2014..
- Corpo de Bombeiros do Paraná – Comando do Corpo de Bombeiros do Paraná (2014). Disponível em: < <http://www.bombeiros.pr.gov.br/>>. Acesso em 13 de maio de 2014.
- DENATRAN - Departamento Nacional de Transito. Ministério das Cidades. Governo Federal Brasil. *Estatística frota 2012* (2014). Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/frota2012.htm>>. Acesso em 19 de mar. 2014.
- DETRAN PR – Departamento de transito do Paraná. *Anuário estatístico 2012* (2014). Curitiba. Disponível em < www.detrans.pr.gov.br/>. Acesso em 12 de dez. 2014.
- DETRAN PR – Departamento de transito do Paraná. 2014. Disponível em < www.detrans.pr.gov.br/>. Acesso em 08 de out. 2014.
- DPVAT – Seguradora Líder. Boletim Estatístico do Seguro DPVAT. Ano 4, v. 02. *Seguradora Líder DPVAT*. Janeiro a Junho de 2014. Disponível em: <<http://www.seguradoralider.com.br/SitePages/boletim-estatistico.aspx>>. Acesso em 19 de set. 2014.
- ECF - European Cyclists´ Federation. Disponível em http://www.ecf.com/wp-content/uploads/ECF_BROCHURE_EN_planche.pdf>. Acesso em 28 de ago. 2014.ECOBIKE. 2014. Disponível em:<www.ecobikecourier.com.br/>. Acesso em 12 de out. 2014.
- Gevaers, R.; Voordea, E. V.; Vanelslander, T. (2014). Cost modelling and simulation of last-mile: characteristics in an innovative B2C supply chain environment with implications on urban areas and cities. In: 8th International Conference on City Logistics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, 398-411. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em 9 de jun. 2014.
- IEMA - Instituto de Energia e Meio Ambiente (2009). *A bicicleta e as cidades: como inserir a bicicleta na política de mobilidade urbana*. 1^a. ed. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente.
- Kienteka, M; Reis, R. S.; Rech, C. R. (2014). Fatores individuais e comportamentais associados ao uso de bicicleta em adultos de Curitiba, Paraná, Brasil. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 30, ano 1, 79-87.

- Lima Jr., O. F. A carga na cidade: hoje e amanhã (2003). *Revista dos Transportes Públicos*, ano 25, 219-230 Disponível em < <http://www.antp.org.br>>. Acesso em: 10 de dez. 2014.
- Sampaio, C.A.C. (2013). *Cidades e soluções: ecossocioeconomia urbana mitigação e adaptação às mudanças climáticas*. Curitiba. Programa Institucional de Iniciação Científica. Curitiba: PUCPR. 17 p. relatório
- Silva, C. L. da; Bollmann, H. A. (2011). Avaliação das relações sociais em redes de políticas públicas para consolidação de programas de gestão de resíduos sólidos urbanos: um estudo aplicado sobre o programa “Lixo que Não é Lixo” de Curitiba. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 21. Disponível em:< http://www.rbciamb.com.br/images/online/Materia_4_final_artigos297.pdf>. Acesso em 01 de out. 2014.
- Silva, D. W.; Andrade, S.M.; Soares, D.A.; Nunes, E.F.P.A.; Melchior, R. (2014). Condições de trabalho e riscos no trânsito urbano na ótica de trabalhadores motociclistas. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, 18(2). Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 23 de mar. 2014.
- SINTRAMOTOS, Sindicato dos trabalhadores condutores de veículos motonetas, motocicletas e similares de Curitiba e Região Metropolitana Disponível em <<http://www.sintramotos.org.br>>.
- WHO - World Health Organization (2013). *Global status report on road safety 2013: supporting a decade of action*. Geneva: World Health Organization.
- Yin, R. K. (2010). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman.

UNIVERSALIZAÇÃO E GOVERNANÇA INCLUSIVA: NOVOS CONCEITOS E INDICADORES DE SANEAMENTO PARA ÁREAS DE VULNERABILIDADE SOCIAL

UNIVERSAL AND INCLUSIVE GOVERNANCE: NEW CONCEPTS AND WATER AND SANITATION INDICATORS FOR SOCIAL VULNERABILITY AREAS

Ester Feche Guimarães^{*1}, Tadeu Fabrício Malheiros^{**2}, Rui Cunha Marques^{**}

*Universidade de São Paulo, **Universidade de Lisboa
feche.guimaraes@gmail.com, tmalheiros@usp, rui.marques@tecnico.ulisboa.pt

Resumo: O desenvolvimento econômico do final do século passado até o presente promoveu um crescimento desordenado nas áreas urbanas, no Brasil. O atendimento com saneamento às populações em situação de vulnerabilidade social, assentadas muitas vezes em áreas irregulares, é o objeto do presente artigo. Em que medida esses cidadãos são considerados e como a gestão dos serviços de saneamento está preparada para atendê-los? Os desafios da urbanização requerem inovação de mecanismos capazes de suprir demandas por serviços essenciais às populações em contextos vulneráveis. Para a medição e visualização desse cenário é necessária inovação de conceitos, indicadores e ferramentas de governança capazes de capturar as condições de exclusão do ser humano. A inovação foi feita atuando-se na interface teórica e prática para a construção participativa de requisitos de governança que foram testados em nove municípios da Região Metropolitana da Baixada Santista: Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente, localizados no Estado de São Paulo, Brasil. Foram identificadas as dimensões essenciais para a construção da governança que considere singularidades dos mecanismos de exclusão, e de indicadores voltados a atender o direito fundamental de acesso à água e aos serviços de esgotamento sanitário pelas populações vulneráveis. Por meio de 11 oficinas com atores do setor de diferentes atribuições, bem como usuários e sociedade civil organizada, após o mapeamento de controvérsias, construiu-se dois conceitos com respectivos indicadores: Universalização Inclusiva e Governança Inclusiva, e para testá-los desenvolveu-se um Modelo de Plano de Negócio Inclusivo para áreas de vulnerabilidade social.

Palavras chave: Universalização Inclusiva, Governança Inclusiva, Plano de Negócio Inclusivo, Indicadores.

Abstract: Since the economic development that took place in Brazil at the end of the last century, the country has suffered a disorderly growth in urban areas. The need for water and sanitation of socially vulnerable people, often located in irregularly occupied areas, is the topic of this article. To what extent are these citizens considered? Is the management of water services prepared to serve them? The challenges of urbanization require innovative mechanisms capable of meeting demands for essential services to populations in vulnerable contexts. For the measurement and

¹ Os autores agradecem às Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo S/A- SABESP, Agência Reguladora do Estado de São Paulo – ARSESP, a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A - EMPLASA pela participação e disponibilização de dados.

² Os autores agradecem o apoio do Instituto UNESCO-IHE (Delft), do UNESCO-IHE Partnership Research Fund (UFaRF), do Directorate-General for International Cooperation DGIS - UNESCO-IHE Programmatic Cooperation (DUPC), no âmbito do projeto “Benchmarking for Pro-Poor Water Services Provision (PROBE)”.

visualization of this scenario it is necessary to find innovative concepts, indicators and governance tools able to capture the exclusion of conditions of human beings. This proposition was made acting on the theoretical and practical interface for the preparation of regulatory requirements tested in eight metropolitan municipalities of Brazil. The essential dimensions for the construction of governance that considers singularities of exclusion mechanisms were identified alongside indicators geared to meet the fundamental right of access to water and sanitation services by vulnerable populations. Through 11 workshops with actors of different sectors as well as with users and members of the civil society, and after the mapping of disputes, two concepts were built along with the indicators Universal Comprehensive and Inclusive Governance which were tested in a Living Business Plan Template for an Informal City.

Keywords: Inclusive Universal Access, Inclusive Governance, Indicators, Inclusive Business Plan.

Introdução

DIANTE DA REALIDADE do uso e ocupação do solo existente no Brasil, marcada pela heterogeneidade de renda, de condições sociais entre bairros e distritos, pelo aumento do favelamento nas grandes metrópoles, evidencia-se uma sociedade cada vez mais segregada (Torres, 2004). Somado a esta segregação habitacional, está todo o crescimento populacional ocorrido de maneira concentrada em áreas urbanas. Este e outros fatores geram transformações nas estruturas das cidades, acentuando conflitos referentes ao uso e ocupação do solo. Tais conflitos requerem agilidade para suprir demandas por serviços de infraestrutura, incluindo-se, o fornecimento dos serviços de abastecimento de água e a prestação do serviço de esgotamento sanitário (SAA&ES).

Neste sentido, a universalização dos serviços consiste em estender a toda população, independentemente de contribuição financeira de cada indivíduo, o usufruto dos serviços apropriados às suas necessidades e à sua integralidade (Malheiros *et al.*, 2006). E, conforme colocado por Heller (2009), a população menos atendida com os serviços, previsivelmente, é a de baixa renda, que vive em situação de maior vulnerabilidade social, ambiental e econômica (Ribas, 2007).

Estes aspectos têm impacto importante na universalização dos serviços de saneamento, nos usuários e no entorno político e institucional de uma região. Deve-se destacar que o conceito de universalização do saneamento nas práticas do setor, é restrito ao acesso aos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário em áreas regulares através de redes fixas de tubulação. Além disso, universalização é um conceito dinâmico que é alterado ao longo do tempo, devido à melhoria contínua, que exige saltos de acordo com os objetivos alcançados. No Brasil, considera-se no primeiro momento, a disponibilidade de redes de distribuição de água, em um segundo momento, conexão às mesmas, em terceiro, qualidade da água, em quarto, fornecimento sem interrupções; em todos os momentos, espera-se atendimento comercial acessível e tarifas módicas.

Os serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário já possuem indicadores desenvolvidos e empregados historicamente para medição dos serviços. Identifica-se sistemas de indicadores que apoiam contratos de concessão e reguladores, como o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2010), e Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), com base de informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Muito embora seja feita a utilização rotineira de indicadores pelas agências reguladoras, prestadores e Poder Público para mensurar o desempenho dos serviços, esta mensuração tem sido utilizada na eficiência técnica e eficácia social para áreas juridicamente regularizadas. Deste modo, nota-se que há lacunas, quando estes indicadores destinam-se a medir e monitorar a universalização dos serviços nas áreas de vulnerabilidade, áreas de invasão e moradores em situação de rua. Percebe-se que indicadores para os serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, voltados às populações vulneráveis, não estão formalmente definidos, nem amplamente testados. Um sistema adequado de indicadores carece de um modelo de análise estruturado e apoiado em visão sistêmica e com aderência ao contexto real da universalização em áreas precárias.

O objetivo deste artigo é abordar as novas preocupações trazidas pelos direitos fundamentais preconizados pela Constituição Cidadã, aos serviços essenciais, auxiliando no esclarecimento e identificação das complexidades de interesses e relações e propor equacionamentos (Brasil, 1988).

Nesse sentido, buscou-se construir, conforme Juliano *et al.* (2012), conceitos do saneamento quanto ao modo de operar, vinculados aos mecanismos, não apenas de implantação das políticas públicas, e saberes técnicos, mas também dos que provém das relações sanitária-usuário, para a população em vulnerabilidade social. Cada uma delas expressa processos produtivos, cujo modelo singular de construção será dos saberes que surgirão dessa relação, evidenciando a relevância da participação e controle social. Onde o usuário tem condições de, ao serem empoderados, promover soluções, que seria a construção de modelos de operar de forma participativa com o usuário.

Segundo o levantamento censitário de 2010, o Brasil tem 3.224.529 domicílios ocupados por 11.425.644 pessoas em situação de favelização. Desses, 77% estão em Regiões Metropolitanas, que abrigam 73,1% da população das áreas informais identificadas. Os locais mais procurados para o estabelecimento dos aglomerados subnormais são as margens de córregos, rios ou lagos/ lagoas, sendo 12% dos domicílios do País. Segundo o IPEA, a quantidade de pessoas morando em favelas aumentou 6% nos últimos dois anos (IBGE 2008, 2011; IPEA, 2013).

É nesta perspectiva que surge a necessidade de um mecanismo que forneça informações sobre atingimento de metas, entendendo o potencial de uma adequada governança. Urge aos reguladores, municipalidades, operadores e sociedade, apropriarem-se de ferramentas que promovam maior credibilidade, transparência e aceitabilidade da gestão dos serviços essenciais às populações em situação de vulnerabilidade social. Ao mesmo tempo, novos conceitos e indicadores possibilitam avaliar e pressionar políticas públicas e ações mais efetivas no planejamento, regulação, controle e participação social.

Cidadania socioecológica e governança democrática constroem a nossa capacidade de aplicar os princípios de sustentabilidade através de um pacote de práticas de tomadas de decisão, melhor esclarecidas e melhor integradas no âmbito administrativo, de mercado e individual (nível pessoal/habitual) (Gibson, 2001).

A questão dos procedimentos e práticas governamentais na execução de suas metas adquire relevância, incluindo aspectos como o formato institucional do processo decisório, a articulação público-privada na formulação de políticas ou a abertura maior

ou menor para a participação dos setores interessados ou de distintas esferas de poder (World Bank, 1992).

Ferramentas devem promover o mecanismo de controle e participação social e beneficiar tanto operadoras na escala do seu desempenho interno voltados ao atendimento às populações vulneráveis, como a instrumentalização de políticas públicas, por meio do regulador, incentivando e disseminando as boas práticas dos serviços voltados às populações vulneráveis.

Para vencer este desafio, entre as diversas ações a serem implementadas, é fundamental a estruturação de um plano de negócio, apoiado em conceitos, indicadores, custos reais e receitas provenientes de tarifas sociais, que permita explicitar e abranger as singularidades dessa situação e auxilie no processo de planejamento dos serviços.

Deste modo, o presente artigo coloca a seguinte pergunta: Quais são os mecanismos que conseguem avaliar a prestação de serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário às populações vulneráveis?

A governança, conforme Fluxo 1, considera atos de gestão que os legitima no alcance de seus objetivos. A governança, na qual o Estado pode utilizar as ferramentas que são aplicáveis no setor privado, inclui as práticas de governança corporativa, e chega na capacidade dos governos de planejar, formular e implementar políticas e cumprir funções. Os princípios que servem como base para as boas práticas da governança são transparência, equidade, *accountability* (prestação de contas) e responsabilidade corporativa. Assim, uma adequada governança permite criar mecanismos de controle e monitoramento dos negócios, não somente pelos gestores, mas também pelos acionistas, possibilitando identificar e solucionar conflitos de agência (OCDE, 2005; BIRD, 1992; IBGC, 2004; Malacrida & Yamamoto, 2006).



Fonte: Elaboração dos autores, baseada na Economic and Social Commission of United Nations (2013).

Figura 1. Objetivos e Resultados de governança.

Metodologia

Tendo em vista a complexidade do contexto, adotou-se metodologia qualitativa de pesquisa e recursos metodológicos multivariados de coleta de dados: pesquisa bibliográfica; pesquisa documental; pesquisa de dados sistêmicos; discussão de grupo; pesquisa-ação (Bauer e Gaskell, 2002; Denzin, 1970a; Denzin, 1970b; Denzin, 2000; Kvale, 1996; Quivy e Van Campenhoudt, 2003; Triviños, 1995). A interpretação dos dados coletados foi realizada mediante emprego da triangulação múltipla (Adorno e Castro, 1994; Denzin, 2000; Minayo et al, 2005; Patton, 2002). A incorporação também de análise temática como procedimento interpretativo para aprofundamento de resultados obtidos foi realizada por meio da estratégia da triangulação (Bardin, 1995; Minayo, 2004). O horizonte de tempo considerado nas projeções do Plano de Negócios para a Cidade Informal foi de 2014 a 2020. Para as projeções foi considerado como ano base o ano de 2013. As referências e projeções adotadas foram com nível de desagregação de dados de municipalidade.

Resultados

As oficinas de conceitos, de indicadores, de visitas a campo e de planejamento permitiram a confrontação dos conceitos da política pública, contratos de concessão e convênios entre entes federados, normas regulatórias e procedimentos empresariais para universalização. O entendimento de como ocorrem os recortes para exclusão de áreas favelizadas foram identificados nas oficinas de pesquisa-ação. Conforme Guimarães *et al.* 2014, no Brasil considera-se superior o direito de propriedade e ambiental ao direito humano fundamental de acesso à serviços públicos. A racionalidade que apoia a decisão de apenas domicílios regulares serem conectados às redes públicas está nas ações judiciais que foram movidas contra os gestores que promoveram a ligação de água em domicílios de assentamento irregular em áreas urbanas por todo o Brasil.

Nesse sentido é mandatório garantir a pró-atividade de agentes públicos, poder concedente, legislativo para gestão da concessionária em atos de gestão menos alienados e mais inclusivos. Durante as oficinas as controvérsias sociotécnicas (Latour, 2012) foram mapeadas pelos atores envolvidos na temática. As oficinas realizadas obtiveram uma frequência representativa por atividade, além da diversidade de instituições, contando com dois representantes do regulador, nove representantes da concessionária, três representantes do poder público e um representante da sociedade civil e um representante da academia. Os representantes foram distribuídos em dois grupos: poder público e reguladores mapearam as lacunas da política pública que geravam impeditivos da atuação nas áreas de vulnerabilidade; concessionária, sociedade civil e academia mapearam as práticas de gestão que promoveram a universalização de áreas vulneráveis e as práticas judiciais, por ações do Ministério Público, que impediram a concessionária atender essas áreas. O grupo de Políticas Públicas e o de Práticas discutiram Quem faz, O que, Como, Por que, Para que, com objetivo de identificar eficiência do processo

e eficácia do resultado da universalização dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário por redes fixas em áreas de vulnerabilidade social. A discussão da Política Pública e das práticas de gestão do saneamento levou a concluir que a universalização deve ser inclusiva para alcançar a eficácia social do setor, e que a governança como promotora da transparência, participação e eficiência é falha, na medida em que não considera a cidadania como princípio e fundamento superior à legalidade de uma propriedade.

Os resultados das oficinas participativas de saberes e a sistematização das informações obtidas num simulador possibilitaram a estruturação de um Plano de Negócios para as áreas de exclusão partindo-se da construção de conceitos e indicadores que capturaram a condição da prestação dos serviços às populações excluídas. As tabelas resultantes apresentam o cálculo dos indicadores incluídos no Plano (Tabelas 1 e 2). Definiu-se que o Plano de Negócio Inclusivo do Saneamento é a declaração escrita, que apresenta o atual e futuro status da prestadora para a universalização inclusiva, explicitando metas do negócio inclusivo e etapas a serem atendidas para que os objetivos organizacionais sejam alcançados, dirimindo incertezas, minimizando riscos, ampliando a probabilidade de vida do negócio no longo prazo e equilíbrio da concessão. Deve conter: projeções, metas, indicadores de universalização inclusiva, custos de investimento e operação, receitas previstas e desempenho da governança inclusiva ao longo do tempo. Três etapas de oficinas foram organizadas:

1. Oficina de Construção dos Conceitos

Inicialmente, o diagnóstico e mapa de controvérsias (construído em três oficinas) permitiram diagnosticar-se dois principais problemas que impedem a efetividade do processo e resultado da ação:

- o índice de atendimento dos domicílios urbanos com água apresenta alguma incerteza em virtude das situações de ilegalidade no que tange o uso e ocupação do solo;
- os processos e procedimentos de governança não capturam as áreas de assentamento precários, clandestinos e irregulares por estarem na ilegalidade e exclusão pelo fundamento jurídico de direito de propriedade.

Em resposta às questões colocadas, diversos conceitos foram criados, mas por meio de triangulação com Banco de Dados da Concessionária e entrevistas a especialistas do setor em diferentes posições, identificou-se que somente dois respondiam às controvérsias do atendimento às populações em áreas de exclusão. As respostas frente às perguntas apresentadas aos grupos de Políticas Públicas e Práticas empresariais foram tabuladas no Quadro 1.

Quadro 1. Consolidação da Construção dos Conceitos.

Construção do Conceito	Quem faz?	O que é?	Como?	Por quê?	Para que?	Métrica	Indicador
a. Conceito construído para a efetividade do resultado	Concessionária em parceria com os demais segmentos da sociedade e poder concedente	Atender 100 % da população (regular e irregular)	Por meio de ações integradas e arranjos sócio-técnicos	Porque a população residente em áreas irregulares tem direito ao acesso ao saneamento	Para universalização inclusiva	Domicílios atendidos nas Áreas irregulares / Todos os Domicílios contados	% de atendimento inclusivo
b. Conceito construído para a eficiência do processo	Todos: Prestador Poder Concedente Regulador sociedade civil	Garantir o cumprimento de atribuições dos envolvidos na provisão do serviço essencial	Elaboração de: contratos, leis, normas e procedimentos detalhados com responsabilidades dos atores envolvidos	Os contratos atuais não incluem essas áreas e a atuação do regulador fica limitada	Para garantir a universalização dos serviços essenciais de água e esgoto em áreas excluídas	Estabelecimento de índices representativos (número absoluto)	Para o atendimento das etapas de real governança

Elaboração: os autores

A redação proposta para os conceitos construídos é apresentada a seguir.

a. Conceito construído para a efetividade do resultado: chamou-se de Universalização Inclusiva, o resultado do processo realizado pela concessionária, em parceria com os demais segmentos da sociedade e com a poder concedente, para atender toda a população de áreas de exclusão social, por meio de ações integradas, junto a população residente em áreas irregulares para que tenha acesso ao saneamento básico. Construiu-se nas oficinas o Indicador de Universalização Inclusiva – IUI, que será o número de ligações realizadas nessas áreas dividido pelo número total de habitações nelas existentes, objeto de Estudo em regime regulado.

b. Conceito construído para a eficiência do processo: chamou-se de Governança Inclusiva, que o processo adequado para garantir o cumprimento das funções do poder concedente, concessionária, regulador e entidades governamentais, por meio de instrumentos institucionais, com atribuições e competências claras e detalhadas de todos os atores para a universalização inclusiva dos serviços de saneamento, que promovam a participação social e permitam o controle social.

2. Oficina de Indicadores

Indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações de desempenho sobre uma dada realidade. Deve ser simples de entender, possuir quantificação coerente e comunicar o estado do fenômeno observado. Um índice revela o estado de um sistema ou fenômeno, podendo ser construído para analisar dados através da junção de um jogo de elementos com relacionamentos estabelecidos (Khanna, 2000; Mitchell, 1996; Prabhu *et al.*, 1999; Shields *et al.*, 2002). Segundo o Tribunal de Contas da União, no Brasil, para se alcançar os objetivos de um financiamento, deve-se estabelecer um Indicador de Estrutura, que atua no plano das condições legais para verificação da existência de mecanismos institucionais necessários para facilitar a realização do objetivo em questão, e Indicadores de Resultados mensuráveis - estão diretamente relacionados aos objetivos do Agente financiador. É desejável um Indicador de Externalidades – *Outcomes*. A partir dos conceitos, adotou-se como princípios para definição dos indicadores o universo de comparação como relevo, *status* da urbanização, conceito, métrica, frequência, fórmula e sentido para resultados esperados. Identificou-se que dois indicadores são necessários e suficientes para a eficiência do processo e a efetividade do resultado, cuja construção é explicada a seguir.

a. Para a efetividade do Resultado, o Indicador de Universalização Inclusiva medirá a população em condição de exclusão, que foi conectada às redes para acessar com autorização legal ou judicial, para atendimento aos serviços públicos essenciais de saneamento de uma concessionária. Nesse indicador, são considerados exclusivamente os domicílios em áreas irregulares ou clandestinas invadidas, com metas cujo sentido é crescente até atingimento de 100% da área de atendimento (Quadro 2).

Quadro 2. Universalização Inclusiva.

Descrição dos indicadores/ índices	métrica	frequência	fórmula	sentido
<p>Indicador de Universalização Inclusiva Objetiva medir os domicílios em aglomerados subnormais conectados à rede pela concessionária, em parceria com Poder Concedente e demais segmentos da sociedade para gradativamente atender toda a população da cidade informal, por meio de ações integradas, para que a população residente em áreas de exclusão venha ter acesso ao saneamento básico.</p>	%	anual	população da comunidade atendida / população total da Cidade Informal	↑

Elaboração: os autores

b. Para a eficiência do processo, o Índice de Governança Inclusiva deverá garantir a medição de todas as etapas para o cumprimento das atividades do poder concedente, concessionária, regulador e entidades governamentais, por meio de instrumentos institucionais com atribuições e competências claras e detalhadas, para a universalização inclusiva dos serviços de saneamento, que promovam a participação social e permitam o controle social (Quadro 3). As etapas identificadas nas oficinas de práticas e políticas públicas, para garantia da universalização inclusiva, são: 1.) Levantamento periódico e permanente das populações em situação de exclusão; 2.) Planejamento Participativo Periódico para atendê-los; 3.) Programa e projeto de Universalização amplo para as áreas com continuidade; 4.) Recursos orçamentários empenhados continuamente; 5.) Análise anual de resultados positivos e negativos e 6.) Realimentação anual do processo. Essas etapas são os estágios para uma governança inclusiva. Desta forma, a governança inclusiva deverá garantir a integração da gestão aos atuais modelos socioeconômicos, mensurar o compromisso da gestão com a comunidade, contemplar a interdisciplinaridade sociotécnica do assunto, fortalecer a resiliência das comunidades nas suas áreas de assentamento, estabelecer estratégias inclusivas de rede, gerar valor socioambiental, e transformar a condição de vida do usuário, equacionando as deficiências das Políticas Públicas. Inicialmente, ele sairá de níveis mínimos, considerando que a mobilização social terá um período para sua articulação e engajamento até atingimento de sua plenitude, como o índice igual a 1, partindo de uma situação muito desfavorável em todos os estágios até chegar à muito favorável em todos eles. O índice deverá ter um sentido crescente até atingimento de 100%.

Quadro 3. Índice de Governança Inclusiva e seus estágios.

Descrição de indicadores/índices do processo	métrica	frequência	fórmula	sentido
Índice de Governança Inclusiva mede o processo de governança, que deve garantir o cumprimento das funções do poder concedente, concessionária, regulador e entidades governamentais por meio de instrumentos institucionais com atribuições e competências claras e detalhadas de todos os atores para a universalização inclusiva dos serviços de saneamento, que promovam a participação social e permitam o controle social.	Percentual (0-100)	Anual	$\sum_1^6 \binom{6}{1} EP$	↑
Peso das atividades da Governança Inclusiva (P)			Peso (%)	
O estabelecimento do peso do estágio de governança na comunidade de 5 a30 em percentual				
1.	Levantamento periódico e permanente das populações		20	
2.	Planejamento Participativo Periódico		20	
3.	Programa de Universalização dessas áreas amplo e com continuidade		20	
4.	Recursos Orçamentários		30	
5.	Análise de resultados positivos e negativos		5	
6.	Realimentação do processo		5	
Total			100	
ESTÁGIOS DA GOVERNANÇA INCLUSIVA (E)			Favorabilidade	
O estabelecimento do grau de governança na comunidade ocorrerá com a definição de quatro intervalos de valores, para o respectivo índice, que varia de 0 à 1. Foram definidos quatro quartis, com variações, de acordo com intervalos de resultados dos índices obtidos e definem quatro condições em relação à governança inclusiva muito desfavorável, desfavorável, favorável e muito favorável				
Muito desfavorável - Atividade não iniciada			0 à 0,25	
Desfavorável - Atividade iniciada com execução de até 50%			0,26 à 0,50	
Favorável - Atividade não concluída, mas tem mais de 51% e menos de 75% do previsto X realizado			0,51 à 0,75	
Muito Favorável - Atividade concluída ou com mais de 76% do previsto X realizado			0,76 à 1,00	

Elaboração: os autores.

Em cada estágio da governança inclusiva avalia-se o desempenho do estágio pela favorabilidade, e aplica-se o peso estabelecido pela importância do mesmo. Como exemplo:

1.) Levantamento periódico e permanente das populações: 20 (Peso) X 0,51 (Atividade não concluída) = 10,2; 2.) Planejamento Participativo Periódico: 20 (Peso) X 0,5 (Atividade com execução até 50%) = 10; 3.) Programa de Universalização dessas áreas amplo e com continuidade: 20 (Peso) X 0,25 (Programa em construção) = 5; 4.) Recursos Orçamentários: 30 (Peso) X 0 (Não há recursos) = 0; 5.) Análise de resultados positivos e negativos: 5 (Peso) X 1 (Análise realizada) = 5; 6.) Realimentação do processo: 5(Peso) X 1 (Muito favorável) = 5; Totalizando no exemplo um Índice de Governança Inclusiva de 35,2%, que deverá ter um esforço para chegar a 100% nos anos seguintes do Plano de Negócio.

Os resultados obtidos a partir da inovação conceitual e de indicador e índice contribuíram para a construção de um Plano de Negócio Inclusivo, cujas informações sub-

sidiaram o planejamento participativo, o engajamento sociotécnico e a definição de metas para as áreas de vulnerabilidade social.

Conforme Tabela 1, foram definidas metas anuais de Universalização Inclusiva para Região Metropolitana da Baixada Santista, partindo de 5% da Cidade Informal em 2014, meta alcançada pela operadora, até 93,5% em 2020.

Tabela 1. Resultado das Projeções dos Índices de Universalização Inclusiva (UI) de Água Residencial (%).

Metas de Universalização Inclusiva(UI)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
RMBS (%)	5,0	18,8	36,4	55,8	74,3	89,3	93,5

Elaboração: os autores (2014).

Como meta para o ano de 2020 foi adotado 93,5%, pois os gestores consideraram, que as metas iniciais de planejamento da universalização inclusiva deveriam ser cautelosas e anualmente revistas, considerando os eventuais impeditivos judiciais de atendimento a essas áreas.

Como resultado dos indicadores de Governança Inclusiva mediu-se o esforço inicial da concessionária no ano de 2014, junto à sociedade organizada para a Universalização Inclusiva, conforme Tabela 2. Os índices demonstram os diferentes estágios dos trabalhos sócio-técnicos, cujo piloto iniciou-se em Guarujá e gradativamente foi ampliado para os demais municípios da Região.

Tabela 2. Cálculo de governança inclusiva (igi).

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	IGI
Guarujá	1	1	1	-	-	-	60%
Cubatão	1	1	-	-	-	-	40%
Santos	1	1	-	-	-	-	40%
São Vicente	-	1	1	-	-	-	30%
Bertioga	-	1	1	-	-	-	30%
Praia Grande	-	1	1				30%
Peso (%)	20	20	20	30	5	5	

Elaboração: os autores (2014).

Discussão

O fato de concessionárias e reguladores não obterem dados relevantes para o atendimento das populações vulneráveis mostra que a regulação deve dar foco em sanar essa lacuna, no propósito de atender os objetivos da regulação no sentido da eficácia e da sustentabilidade social. E, deste modo, emerge a inovação do regulador de serviços essenciais a dirimir as falhas do mercado.

O diagnóstico promovido pelas oficinas de saberes, para conceitos e indicadores contribuiu à construção que contemplasse visões sociotécnicas conforme os autores Guimarães *et al.* (2014), Latour (2012), Bossel (1999), Santos (2004), Irar (2005), Malheiros *et al.* (2006) e Reed (2008). Para avaliar uma situação tentando aproximá-la da realidade dos serviços, no tocante à qualidade e fornecimento às populações vulneráveis, é necessário observar as diversas relações existentes entre cidadãos e concessionária, e para lidar com tantas informações e reconhecer quais realmente são mais relevantes, foi preciso o auxílio de um plano de negócios com indicadores e conceitos e metas, para visualizar a evolução do atendimento às populações vulneráveis, e de forma que a gestão tenha mecanismos mais simples de avaliação.

O plano, indicadores e conceitos de inclusão propostos e validados têm as características necessárias para: ter uma visão integrada do funcionamento dos serviços de saneamento nas áreas de exclusão; e expor as fragilidades da gestão e avaliar os fatores que orientam as ações para a Universalização Inclusiva; elaborar um plano de ação com participação social; e criar um plano de investimentos. A pressão exercida por diversas partes envolvidas, o impacto das ações de mudança e as respostas a partir de determinadas ações são objetos de uma governança inclusiva. O plano foi organizado utilizando-se de novos paradigmas de diversas práticas de gestão, autores, listando diferentes problemas para considerar o direito fundamental aos serviços essenciais, a sobrevivência humana por cidadãos que estão em condição de exclusão.

Nesse sentido, a construção de um modelo de dimensões fundamentais, permite identificar os quesitos para um diagnóstico de gestão menos alienada e mais inclusiva para universalização dos serviços essenciais de saneamento em áreas de exclusão.

Conclusões

A universalização inclusiva somente é alcançada por um esforço conjunto de entes públicos, privados, sociedade civil e comunidade científica. Faz-se mandatório revisitar conceitos, considerar saberes das diversas comunidades, rever metas e indicadores que encobrem as exclusões. Os técnicos sanitaristas vivem em áreas de conflitos sociais – algumas, com risco de morte. O saneamento deve estar apoiado em procedimentos e atos para promover o acesso aos serviços a todo ser humano, independentemente de sua condição social ou legal. Isto significa inclusive buscar integração maior das legislações sociais, ambientais, e as outras necessárias para o alavancamento de esforços em áreas de assentamento precário. Fundamental neste aspecto, portanto, foi a proposição do IGI, como suporte no processo de diálogo junto aos atores e partes interessadas no contexto da reversão da situação insustentável em que estes assentamento precários se encontram.

Nesse sentido, pontos relevantes foram equacionados. A assimetria de informações, mediante as ferramentas da Governança Inclusiva, favorece a eliminação do mecanismo de exclusões das redes apoiada pelo Indicador de Universalização Inclusiva, pela inovação na forma de planejar e atender áreas vulneráveis, reforçando a participação e controle social, independentemente de programas de urbanização, apoiados por mecanismos judiciais de regularização. Deve-se, porém, considerar que essa metodologia

favorece a qualificação à participação de agentes públicos e cidadãos contribuindo com seus saberes, e favorecendo o empoderamento de todos os atores.

Referências

- Adorno, R. C. F.; Castro, A. L. (1994). O exercício da sensibilidade: pesquisa qualitativa e a saúde como qualidade. *Saúde e Sociedade*, 3(2), 172-85.
- Bauer, M. W.; Gaskell, G. (Eds.) (2002). *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático*. 3. ed. Petrópolis Vozes.
- Bardin, L. (1995). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- BIRD (1992). *Governance and Development*.
- Bossel, H. (1999). *Indicators for sustainable development: theory, methods, applications: a report to Balaton Group*. International Institute for Sustainable Development. Winnipeg, Manitoba, Canada: IISD. 124p.
- Brasil (2010). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 Atualizada*.
- Denzin, N. K. (1970a). *Sociological methods: a sourcebook*. Chicago: Aldine.
- Denzin, N. K. (1970b). *The research act: a theoretical introduction to sociological methods*. Chicago: Aldine.
- Denzin, N. K. (2000). The practice and politics of interpretation. In: Denzin, N. K.; Lincoln, Y. S. (eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 897-922). 2. ed. Thousand Oaks, California: Sage.
- Gibson, R. B. (2001). *Specification of sustainability-based environmental assessment decision criteria and implications for determining "significance" in environmental assessment*. Canadian Environmental Assessment Agency Research and Development Programme. Canada.
- Guimaraes, E.F.; Malheiros, T. F.; Philippi Jr, A.; Coutinho, S. M. V. (2014). Os indicadores do saneamento medem a universalização em áreas de vulnerabilidade social? *RESA* n. 536.
- Heller, L. (2009). Water and Sanitation Policies in Brazil: Historical Inequalities and Institutional Change. In: Castro, J. E.; Heller, L. (Org.), *Water and Sanitation Services: public policy and management* (pp. 321-337). UK and USA: Earthscan.
- IBGC - Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (2004). Código das Melhores Práticas de Governança Corporativa.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (2008). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Coordenação de População e Indicadores Sociais*. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf
- _____. Censo 2010 aprimorou a identificação dos aglomerados subnormais. *Comunicação Social*, 15 de dezembro de 2011. Acesso disponível em 30 de janeiro de 2012. <http://www.ibge.gov.br/>
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2013). *Cidades em Movimento: Desafios e Políticas Públicas*. <http://noticias.terra.com.br/brasil/cidades/ipea-n-de-moradores-de-favelas-cresce-mais-de-50-em-brasil,55b3e12eba4a2410VgnCLD2000000ec6eb0aRCRD.html>
- IRAR - Instituto Regulador de Águas e Resíduos (2005). *Guia de Avaliação de Desempenho das entidades Gestoras de Serviços de Águas e Resíduos*.
- Juliano, E. F. G. A.; Feuerwerker, L. C. M.; Coutinho, S. M. V.; Malheiros, T. F. (2012). Racionali-

- dade e saberes para a universalização do saneamento em áreas de vulnerabilidade social. *Ciência & Saúde Coletiva* (Rio de Janeiro), 17(11), 3037-3046.
- Khanna, N. (2000). Measuring environmental quality: an index of pollution. *Ecological Economics*, 35(2), 191-202, nov..
- Kvale, S. The plurality of interpretations (1996). In: _____. *InterViews: an introduction to qualitative research interviewing* (pp. 221-8). Thousand Oaks, California: Sage.
- Latour, B. (2012). *Reagregando o Social – Uma Introdução à Teoria Ator-Rede*. Salvador: Edufba; Bauru, São Paulo: Edusc.
- Malacrida M.J.C., Yamamoto M.M. (2006). *Corporate Governance: Information Disclosure Level and its Relation with the Stock Price Volatility on IBVESPA*, R. Cont. Fin. Edição Comemorativa, p. 65-79, setembro de 2006. In: <www.scielo.br/pdf/rcf/v17nspe/v17nspe06.
- Malheiros, T. F.; Philippi Jr, A.; Coutinho, S. M. V. (2006). Interfaces dos serviços de água e esgoto. In: Alceu de Castro Galvão Júnior, Alexandre de Caetano da Silva, Editores, *Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto* (pp. 91-122). 2ª ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda. 204 p.
- Minayo, M. C. S. (2004). *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. 8. ed. São Paulo: Hucitec; Rio de Janeiro: Abrasco.
- Minayo, M. C. S.; Assis, S. G.; Souza, E. R. (orgs.) (2005). *Avaliação por triangulação de métodos: abordagem de programas sociais*. Rio de Janeiro: Fiocruz.
- Mitchell, G. (1996). Problems and fundamentals of sustainable development indicators. *Sustainable Development*, 4(1), 1-11.
- OCDE, Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (2008). Peer Review – *Relatório Final sobre Governança Regulatória no Brasil: Uma Visão Geral*.
- _____, *Guidelines on Corporate Governance of State-Owned Enterprises* (2013).
- Patton, M. Q. (2002). Triangulation. In: _____. *Qualitative evaluation methods* (pp. 555-63). 3. ed. Thousand Oaks, California: Sage.
- Prabhu, R., Colfer, C. J. P., Dudley, R. G. (1999). *Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management*. Toolbox Series, n. 1. Indonesia: CIFOR.
- Quivy, R.; Van Campenhoudt, L. (2003). *Manual de investigação em ciências sociais*. 3ª ed. Lisboa: Gradiva, pp. 226-32.
- Reed, M. S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation*, 141, 2417-2431.
- Ribas, R.P. (2007). Vulnerabilidade à pobreza no Brasil: medindo risco e condicionalidade a partir da função de consumo das famílias. *Pesquisa e planejamento econômico*, 37(2). Ago.
- Santos, R. F. (2004). *Planejamento ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de textos.
- Shields, D.; Solar, S.; Martin, W. (2002). The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. *Ecological Indicator*, 2(1-2), 149-160, nov.
- SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2010). *Sistema Nacional de Informações sobre saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2008*. Brasília: MCIDADES. SNSA, 408 p.
- Triviños, A. N. S. (1995). Pesquisa qualitativa. In: _____. *Introdução à pesquisa em ciências sociais* (pp. 116-73). São Paulo: Atlas.
- Torres, H. G. (2004). Segregação Residencial e Políticas Públicas: São Paulo na década de 1990. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 19(54), 41-56.
- World Bank (1992). *Governance and Development*. Washington, D.C.

4.

Universidad y sustentabilidad

**DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL HACIA LA EDUCACIÓN PARA
EL DESARROLLO SOSTENIBLE: UN DESAFÍO INTERDISCIPLINARIO
PARA EL DESARROLLO DE CHILE**

ENVIRONMENTAL EDUCATION TOWARDS EDUCATION FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT: AN INTERDISCIPLINARY CHALLENGE
FOR THE DEVELOPMENT OF CHILE

Gunhild Hansen-Rojas

Dra. en Educación, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción. Concepción, Chile,
hansen-rojas@udec.cl

Resumen: La Educación Ambiental (EA), concepto clásico monodisciplinar de los años 50, se convirtió –en el marco de la política internacional–, en el concepto multi o interdisciplinar de la Educación para el Desarrollo Sostenible o Sustentable (EDS). En torno a este concepto, dos proyectos claves marcan la época actual: la *Agenda 21* y la *Década UNESCO para el Desarrollo Sustentable*, válidos también para Chile. La EDS parte del concepto de un mundo global como sistema complejo, articulado entre ciencia, sociedad y política. Con la creación del Ministerio de Medio Ambiente en Chile, se aprobó una nueva institucionalidad ambiental que inició la implementación de la *Política Nacional para la Educación para el Desarrollo Sustentable* con un *Plan de Acción Nacional*. Impulsando formas de cooperación interministerial e intersectorial, se trató de desarrollar nuevos enfoques curriculares ambientales en diferentes niveles educativos, apoyados con la creación de recursos didácticos y el establecimiento de un Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos. Sin embargo y, en comparación con los avances de los países europeos, la *EDS*, como concepto pedagógico integral se encuentra en Chile aún en su fase inicial.

La cultura y autopercepción de los profesores sobre la educación ambiental resulta clave para su exitosa implementación en el aula. Por otra parte, su gestión institucional debe ser integral, interdisciplinaria, intersectorial y pedagógica específica. Pero, tanto la percepción del profesorado como la gestión institucional en Chile son en la actualidad deficitarios.

Este trabajo se hará cargo del análisis crítico de esta realidad, considerando los aspectos teóricos, metodológicos y pedagógicos de la educación ambiental en un contexto nacional e internacional.

Palabras clave: Educación ambiental, interdisciplina, desarrollo sustentable, percepción docente.

Abstract: Environmental Education (EE), classical monodisciplinary concept 50s, became – in the context of international politics – in the multi or interdisciplinary concept of Education for Sustainable Development or Sustainable (EDS). Around this concept, two key projects mark the present era: the Agenda 21 and the UNESCO Decade for Sustainable Development, also valid for Chile. ESD part of the concept of a global world as a complex system, articulated between science, society and politics. With the creation of the Ministry of Environment in Chile, a new environmental institutions that initiated the implementation of the National Policy on Education for Sustainable Development with a National Plan of Action it was adopted. It fostering forms of

inter-ministerial and inter-sectoral cooperation, sought to develop new environmental curriculum approaches at different educational levels, supported the creation of educational resources and the establishment of a National System for Environmental Certification of Educational Establishments. However, and in comparison with the progress of European countries, ESD, as comprehensive educational concept is in Chile still in its initial phase.

Culture and perception of teachers on environmental education is key to its successful implementation in the classroom. Moreover, institutional management must be comprehensive, interdisciplinary, intersectoral and specific teaching. But both the perception of teachers as institutional management in Chile are currently in deficit.

This work will take over the critical analysis of this reality, considering the theoretical, methodological and pedagogical aspects of environmental education on a national and international context.

Keywords: Environmental education, interdisciplinary, sustainable development, teacher perception.

EN LOS ÚLTIMOS 50 años, la educación ambiental ha experimentado un cambio considerable. Mientras su objetivo principal consistía todavía en, los años 50, proteger la naturaleza de sustancias nocivas mediante el uso de tecnologías limpias y de la ciencia, la educación ambiental en los años 70 formaba fuertemente parte de la nueva conciencia ambiental de la ciudadanía en Europa.

La Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente, celebrada en Estocolmo en 1972, planteó la necesidad de desarrollar un nuevo enfoque de educación ambiental. El Programa Internacional de Educación Ambiental UNESCO/ PNUMA estableció en el año 1975 y elaboró principios y orientaciones de la educación ambiental, aprobados en la Conferencia de Tbilisi en el año 1977. Los dos principios básicos consisten en (Leff, 1998, p. 202):

- Una nueva ética que orienta los valores y comportamientos sociales hacia los objetivos de sustentabilidad ecológica y equidad social.
- Una nueva concepción del mundo como un sistema complejo, llevando a una reformulación del saber y una reconstitución del conocimiento. En este sentido, la interdisciplinariedad se convirtió en un principio metodológico privilegiado de la educación ambiental.

En esta época en Europa se desarrollaba un movimiento social contra el uso de la energía nuclear, surgían organizaciones vecinales en los barrios y se fundaron nuevos partidos políticos como, por ejemplo, el partido de Los Verdes en Alemania. Se fomentó una sensibilización fuerte frente a problemas y temas ambientales. El estudio sobre los Límites del Crecimiento (Meadows *et al.*, 1972, p. 170), publicado en 1972 por el Club of Rome, expresaba la esperanza de que “en el futuro sea posible desarrollar nuevas formas de pensar para contribuir a una modificación general del comportamiento humano y, en este contexto, también producir un cambio profundo de las estructuras sociales”. El debate de los años 80 trataba de vincular problemas ecológicos con problemas sociales y culturales. Diez años más tarde, surge el concepto del Desarrollo

Sustentable en la Conferencia de Río de 1992, continuando en esta línea e intentando articular los tres enfoques vigentes y pertinentes (Gäertner, 1998, p. 38; Dourojeanni, 2000, p. 11):

- El concepto clásico del medio ambiente destruido, amenazado y puesto en peligro de colapso.
- El concepto de la justicia que debe existir entre países ricos y pobres en el contexto del declive de la relación Norte-Sur.
- El concepto de desarrollo y de prosperidad (desarrollo económico) más allá de la destrucción de la naturaleza.

Las aproximaciones tradicionales de la investigación ambiental parten en esa época todavía de enfoques científicos monodisciplinarios. Problemas como la protección de las especies, la contaminación del medioambiente y de los alimentos, la contaminación del aire, carga de sustancias tóxicas en las aguas, la contaminación de suelo y las radiaciones radioactivas, se analizan y trabajan todavía en forma monodisciplinaria.

“En la escuela hemos aprendido a pensar en forma separada. Aprendimos a separar las materias: la historia, la geografía, la física, etc.” (Morin, 1993). Faltaba aún una mirada compleja, sistémica e interdisciplinaria del medio ambiente y entorno social. Los profesores y científicos de la época han sido socializados para pensar e investigar de manera tradicional. Como consecuencia de esta forma de aprender y enseñar los problemas ambientales complejos se descomponían en segmentos científicos, según especialización y se trataban en forma aislada, individualizada y no articulada.

El desarrollo de la educación ambiental a partir de los años 70 está estrechamente vinculado con estas cuestiones científicas tradicionalmente estructuradas, sobre todo desde las perspectivas biológicas, químicas o bioquímicas que se convertían, entonces, en nuevos temas emergentes de las disciplinas tradicionales. En consecuencia, en países más avanzados en temas ambientales, como por ejemplo Alemania, estos problemas eran tratados en la escuela en las asignaturas tradicionales adecuadas, por regla general en la clase de biología. Con el desarrollo de un nuevo enfoque integral, multi e interdisciplinario y social, la educación ambiental se implementó a partir de los años 90 transversalmente en todas las asignaturas de la malla curricular, en el sistema de la educación regular.

En su estudio “Preguntas de profesores y profesoras en el contexto de la Educación Ambiental”, los investigadores suizos Kyburz-Graber y otros comprueban que

los especialistas en formación ambiental de los años 80 se movían meramente en un contexto científico marcado por las ciencias naturales, especialmente en el marco de los micro y meso sistemas. En el macrosistema percibían los diferentes modelos, publicados por los científicos en forma monodisciplinaria y de manera científica popular. La creciente complejidad de los nuevos temas y problemas ambientales exigió finalmente el desarrollo de nuevas propuestas y soluciones, aún más complejas en nuevas áreas interdisciplinarias, integrando por ejemplo las ciencias sociales. El ejemplo de la destrucción del bosque por la lluvia ácida muestra la complejidad del

tema. Un solo enfoque monodisciplinario no logra comprender la problemática en su totalidad, ni tampoco es apto para proponer soluciones adecuadas (Kyburz-Grabber *et al.*, 2001, pp. 230-231).

Con la percepción y aceptación creciente del carácter complejo del medio ambiente y de los problemas ambientales, se logró romper progresivamente con el esquema de tradición monodisciplinaria, implementando nuevas miradas sistémicas. Desde una mirada social e integrada y sobre la base de un enfoque de políticas de desarrollo, se crearon en consecuencia nuevos conceptos, dinámicos y estrategias de integración y participación a nivel científico, social y global.

Las Naciones Unidas y la Agenda 21 en el contexto de una Educación para el Desarrollo Sostenible

La Conferencia sobre Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas celebrada en Río, en 1992, se ha referido específicamente a la complejidad social integral y global de la problemática ambiental y a la responsabilidad política que le corresponde a cada Estado particular en la solución universal de los problemas ambientales. De esta manera, contribuyó en forma significativa al desarrollo de una comprensión más compleja sobre el medio ambiente.

Los problemas ambientales se perciben en su consecuencia siempre más fuertemente en su contexto social. Hoy se focalizan los problemas ambientales en su complejidad y se investiga interdisciplinariamente; porque se requiere de soluciones complejas e interdisciplinarias. Los problemas ambientales ya no son problemas superiores o abstractos, son problemas cotidianos que requieren soluciones inmediatas y urgentes. Conciernen al mundo de la vida de cada individuo en el planeta, en todos los países de manera directa e influyen allí en la calidad de vida de las personas y, en general, de la sociedad.

En consecuencia y relacionado a la responsabilidad pedagógica del sistema educativo, la educación ambiental considera al alumno(a) como persona y ciudadano: el hombre, la persona, el individuo, el ciudadano forman parte de la problemática ambiental misma, de su contexto y su debate permanente en los planos científico, social y global.

La tierra no es la suma de un planeta físico más la biosfera más la humanidad. La tierra es una totalidad compleja física/biológica/antropológica, donde la vida es un emergente de la historia de la Tierra y el hombre un emergente de la historia de la vida terrestre. La relación del hombre con la naturaleza no puede concebirse de modo reductor ni separadamente. La humanidad es una entidad planetaria y biosfera. El ser humano, a la vez natural y sobrenatural, debe ser ubicado en la naturaleza viviente y física, pero emerge y distingue de ella por la cultura, el pensamiento y la conciencia (Morin y Kern, 1999, pp. 188-189).

La educación ambiental se desarrolla e inspira hoy en la intersección entre la ciencia, la sociedad y la política. En consecuencia, las exigencias formuladas hacia una educación ambiental moderna son complejas. Deberían vincular a conocimientos científicos y competencias complejas e integrar en el desarrollo de las clases problemas actuales y concretos de manera ejemplar.

Por lo tanto, los temas tratados en clase deberían estar siempre referidos a problemas específicos y conflictos reales. Los temas ambientales se convierten, de esta manera, en temas transversales de la sociedad y requieren una perspectiva interdisciplinaria de análisis.

La Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro 1992, se refiere a la Educación para el Desarrollo Sostenible. Este tema es abordado nuevamente con profundidad en la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible (Río + 10), realizada en el año 2002 en Johannesburgo. La Agenda 21, surgida de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río, representa un programa de las Naciones Unidas proyectado para el siglo XXI.

La humanidad se encuentra en un momento decisivo de la historia. Nos enfrentamos con la perpetuación de las disparidades entre las naciones y dentro de las naciones, con el agravamiento de la pobreza, el hambre, las enfermedades y el analfabetismo y con el continuo empeoramiento de los ecosistemas de los que depende nuestro bienestar. No obstante, si se entregan las preocupaciones relativas al medio ambiente y al desarrollo y si se les presta más atención, se podrán satisfacer las necesidades básicas, elevar el nivel de vida de todos, conseguir una mejor protección y gestión de los ecosistemas y lograr un futuro más seguro y más próspero. Ninguna nación puede alcanzar estos objetivos por sí sola, pero todos juntos podemos hacerlo en una asociación mundial para un desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 1992, cap. 1, pream. 1.1).

La preocupación por un desarrollo sustentable y armonizado debería ser asunto de todas las naciones. En este contexto, no solamente las instituciones y organizaciones sino también los actores sociales juegan un papel muy importante como sujetos proactivos del proceso. El Principio 10 de la Agenda 21 subraya precisamente el factor humano.

El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional, toda persona deberá tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación de la población poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre éstos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes (Naciones Unidas, 1992, Agenda 21, Principio 10).

La Agenda 21, en su capítulo 36, aborda también la necesidad de incentivar la educación, reorientándola hacia el desarrollo sostenible, la capacitación y la toma de conciencia ciudadana:

Debe reconocerse que la educación –incluida la enseñanza académica–, la toma de conciencia del público y la capacitación, configuran un proceso que permite que los seres humanos y las sociedades desarrollen plenamente su capital latente. La educación es de importancia crítica para promover el desarrollo sostenible y aumentar la capacidad de las poblaciones para abordar cuestiones ambientales y de desarrollo.... Tanto la educación académica y formal como la no formal son indispensables para modificar las actitudes de las personas de manera que éstas tengan la capacidad de evaluar los problemas del desarrollo sostenible y abordarlos. La educación es igualmente fundamental para adquirir conciencia, valores, actitudes, técnicas y comportamientos ecológicos y éticos en consonancia con el desarrollo sostenible y que favorezcan la participación pública efectiva en el proceso de adopción de decisiones (Naciones Unidas, 1992, Agenda 21, cap. 36/ 36.3).

La Agenda 21 no se queda sólo en el plano de los principios y declaraciones generales, sino que al mismo tiempo propone un plan de acción para ser implementado por las diferentes instituciones y organizaciones de otros países del orbe. Al respecto, para el sector de la educación y formación profesional sugiere lo siguiente:

- ... que las autoridades educacionales, con la asistencia apropiada de grupos comunitarios o de las organizaciones no gubernamentales, presten su colaboración o establezcan programas de formación previa al servicio para todos los maestros, administradores y planificadores de la enseñanza, así como para instructores no académicos de todos los sectores, teniendo en cuenta el carácter y los métodos de la educación sobre el medio ambiente y el desarrollo y utilizando la experiencia pertinente de las organizaciones no gubernamentales (Naciones Unidas, 1992, Agenda 21, cap. 36/ 36.5, letra d).
- ... que todas las escuelas recibieran ayuda en la elaboración de los planes de trabajo sobre actividades ambientales, con la participación activa de los estudiantes y de los profesores (Naciones Unidas, 1992, Agenda 21, cap. 36/ 36.5, letra e).
- ... promover los métodos pedagógicos de valor demostrado y la preparación de métodos pedagógicos innovadores para su aplicación práctica (Naciones Unidas, 1992, Agenda 21, cap. 36/ 36.5, letra f).
- ... alentar a las organizaciones regionales y las autoridades nacionales a que elaboran programas y oportunidades análogos analizando la forma de movilizar a los distintos sectores de la población a fin de evaluar y encarar sus necesidades en materia de educación sobre el medio ambiente y el desarrollo (Naciones Unidas, 1992, Agenda 21, cap. 36/ 36.5, letra g).
- ... cooperar con los diversos sectores sociales y grupos de población para preparar instrumentos educacionales que embarquen cuestiones e iniciativas regionales en

materia de medio ambiente y desarrollo, utilizando materiales y recursos de aprendizaje adaptados a sus propias necesidades (Naciones Unidas, 1992, Agenda 21, cap. 36/ 36.5, letra h).

La formación profesional y la capacitación juegan un papel fundamental en la aplicación de los nuevos conceptos planteados en la Agenda 21. En efecto, mediante la formación profesional y la capacitación se logran “desarrollar los recursos humanos y facilitar la transición hacia un mundo más sostenible. La capacitación debería apuntar a impartir conocimientos que ayuden a conseguir empleo y a participar en actividades relativas al medio ambiente y el desarrollo. Al mismo tiempo, los programas de capacitación deberían fomentar una mayor conciencia de los asuntos relativos al medio ambiente y el desarrollo como proceso de aprendizaje dual” (Naciones Unidas, 1992, Agenda 21, cap. 36 C/ 36.12, bases para la acción). En este contexto es importante “aumentar la capacidad nacional, particularmente en materia de enseñanza y capacitación científicas, para permitir a los gobiernos, empleadores y trabajadores alcanzar sus objetivos en materia de medio ambiente y desarrollo, y facilitar la transferencia y asimilación de nuevas tecnologías y conocimientos ecológicamente racionales y socialmente aceptables”, con el fin de lograr “que las consideraciones de ecología ambiental y humana se integren en todos los niveles administrativos y todas las esferas de gestión funcional, tales como la comercialización, la producción y las finanzas” (Naciones Unidas, 1992, Agenda 21, cap. 36 C/ 36.13, objetivos, letra c y d).

Como una de las actividades más urgentes en el ámbito de la educación y formación se sugiere a todos los países que

... deberían alentar a todos los sectores de la sociedad, tales como la industria, las universidades, los funcionarios y empleados gubernamentales, las organizaciones no gubernamentales y las organizaciones comunitarias a que incluyan un componente de ordenación del medio ambiente en todas las actividades de capacitación pertinentes, haciendo hincapié en la satisfacción de las necesidades inmediatas de personal mediante la capacitación de corta duración en establecimientos de enseñanza o en el empleo. Se deberían incrementar las posibilidades de capacitación de personal de gestión en la esfera del medio ambiente, e iniciar programas especializados de formación de instructores y formadores para apoyar la capacitación a nivel del país y de la empresa. Se deberían elaborar nuevos criterios de capacitación en prácticas ecológicamente racionales que creen oportunidades de empleo y aprovechen al máximo los métodos basados en la utilización de los recursos locales (Naciones Unidas, 1992, Agenda 21, cap. 36C/ 36.17, actividades).

En forma resumida y desde la perspectiva actual y de una enseñanza moderna, basada en competencias, se puede destacar que la adquisición y aplicación de competencias ambientales es indispensable para el ejercicio de cualquier profesión en cualquier sector laboral de cada país en el mundo. La aplicación del principio pedagógico orientado a la acción y la participación ciudadana, los conocimientos básicos en temas ambientales y de desarrollo sostenible y las competencias ambientales de cada actor social y ciudadano deberían formar el eje de los nuevos planes y programas de la educación y formación formal y no-formal.

2005-2014: Década mundial de la Educación para el Desarrollo Sostenible

Tomando como base el Comunicado de Río y la Agenda 21, muchos países desarrollaron estrategias para tratar de implementar las recomendaciones en los diferentes niveles institucionales y bajo la colaboración de distintas organizaciones y actores. Acojiendo la recomendación de la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sustentable 2002 en Johannesburgo, la Asamblea General de las Naciones Unidas denominó la década 2005-2014 como la Década Mundial de la “Educación para el Desarrollo Sostenible”.

La orientación de las instituciones de cultura y de formación y de los contenidos de formación en el modelo de un Desarrollo Sostenible, es una tarea transversal de la comunidad mundial y universal para la cual se tienen que juntar y articular experiencias e ideas de todos los países. No se focalizará sólo escuelas, universidades, centros de perfeccionamiento o institutos de investigación: Los lugares de aprendizaje son también jardines infantiles, clubes, asociaciones, empresas, familias. Se requiere el cambio de expresiones, estilos de pensar y comportamientos de toda la población. Especialmente los países industrializados están llamados a desarrollar nuevos modelos económicos y de consumo acorde con los principios de la sustentabilidad, tomando en cuenta las acciones recíprocas entre los procesos ecológicos, económicos, sociales y culturales. El objetivo general consiste en desarrollar un contrato entre generaciones, en el cual se obligan las personas hoy vivas a pensar también en el bienestar de las futuras generaciones (Naciones Unidas, 2003).

En el apartado artículo se presentarán dos ejemplos del desarrollo de un concepto de formación y educación sustentable: los resultados de un estudio sobre percepciones y potenciales de profesores en el ámbito ambiental en escuelas así como una estrategia de diagnóstico y aplicación pedagógica-participativa en el aula para la implementación de un modelo de EDS de manera sustentable en la sociedad.

La Educación Ambiental desde la perspectiva de los profesores – resultados de un proyecto de investigación de los años 1990

En el estudio “Educación ambiental en la actualidad”, investigadoras y investigadores de la Universidad Basilea, Suiza, bajo de la responsabilidad de Ulrich Halder y Regula Kyburz-Graber, entrevistaron en forma representativa a profesores y formadores de profesoras sobre sus experiencias y percepciones relacionadas con la formación ambiental. Como resultados importantes del estudio, se identificaron cuatro tareas principales de la formación ambiental (Kyburz-Graber *et al.*, 2001, pp. 232-233):

1. La educación ambiental tiene la función de mediación. En la mediación de temas ambientales el profesor juega un papel decisivo; porque facilita afectos, entusiasmo y motiva a los alumnos(as) en la adquisición de conocimientos y competencias ambientales. Sólo así se puede lograr a largo plazo una cierta modificación del comportamiento dentro del alumnado. Por esta razón, el estudio

- recomienda destacar el perfeccionamiento docente en el área ambiental como un asunto especial.
2. La educación ambiental es una tarea de desarrollo personal y filosófico. Debe contribuir a que las personas aclaren su papel en el mundo y plantear preguntas éticas.
 3. La educación ambiental permite un aprendizaje igualmente social y político, a profesores y alumnos(as) en el contexto sociocultural, porque de esta manera pueden experimentar ellos mismos procesos de toma de decisiones, además aprenden a gestionar y trabajar en equipo. El estudio recomienda, en este sentido, integrar temas ambientales a los procesos evolutivos escolares y proyectos educativos.
 4. En general, una formación ambiental condiciona una emancipación crítica de la sociedad; porque en el debate objetivo sobre temas ambientales las personas aprenden pensar críticamente en contextos sociales complejos y actuar en forma adecuada.

El estudio de Kyburz-Graber es importante, porque mostraba en los años 1990 –en el contexto de la Agenda 21 y los debates de la Conferencia de Río– la necesidad de que los actores ampliaran en el aula la visión pedagógica, agregando la política y lo social con el propósito de impulsar un nuevo concepto sobre educación ambiental. La visión tradicional monodisciplinaria se había vuelto obsoleta en el marco del nuevo paradigma en desarrollo. El profesor, con una formación tradicional en ciencias naturales, ya no era capaz de comprender y tratar las materias con nuevos enfoques multi e interdisciplinarios en los procesos formativos. Por una parte, los docentes carecen de formación interdisciplinaria y, por el otro lado, se desempeñan en instituciones tradicionales que no permiten ni facilitan el desarrollo de nuevos enfoques pedagógicos.

El nuevo concepto de la Educación para el Desarrollo Sustentable (EDS) integra hoy nuevos elementos teóricos y metodológicos y, al mismo tiempo, ofrece instrumentos adaptados a las exigencias actuales de las sociedades modernas en el contexto de la globalización cambiante. Por lo menos lo hace a nivel conceptual. Ahora bien la preparación de una institucionalidad adecuada y la incorporación de los nuevos paradigmas en la práctica pedagógica diaria, constituye otro desafío.

En la actualidad se requieren profesores, formadores, educadores y otros agentes multiplicadores que enseñen el concepto EDS en todas las áreas de la sociedad, en la educación formal y no formal. Deben ser preparados para aprender sobre la sustentabilidad, intervenir en procesos de desarrollo y aplicar sus nuevos conocimientos y competencias en las clases. En este contexto, la Comisión de UNESCO Alemana propone en el contexto de la Conferencia de Johannesburgo (Río + 10) diez nuevos temas claves (Naciones Unidas, 2003) a trabajar en el aula y como referencia curricular de la educación formal en Alemania:

- El comportamiento del consumidor en una economía sustentable.
- Diversidad cultural e interculturalidad.
- Salud y calidad de vida.

- Agua y abastecimiento con energía.
- Reservas de biosfera como lugares de aprendizaje.
- Sitios de patrimonio cultural de la humanidad como lugares de aprendizaje.
- Aprendizaje sustentable en la sociedad de conocimientos.
- Participación de los ciudadanos y *good governance*.
- Lucha contra la pobreza mediante proyectos de desarrollo sustentable.
- Justicia intergeneracional: Derechos humanos y orientaciones éticas.

Estos nuevos temas se definen también considerando la política del programa 8 Millenium Goals (MDGs) de las Naciones Unidas (2000), asumido posteriormente también por OREALC/UNESCO (2009). Sin embargo, no resulta fácil superar los paradigmas tradicionales y desarrollar e implementar estos nuevos temas en el aula. Se requiere definir un nuevo marco y una nueva pedagogía moderna, orientada a la motivación y formación del alumno/a; pero se requiere especialmente para la formación y capacitación del docente. Estos cambios son procesos lentos, que requieren también del fuerte apoyo de otros sectores de la sociedad, como de la política regional y local, de la existencia de nuevas institucionalidades, de un cambio de paradigma en la ciencia y en la formación universitaria, específicamente de la formación docente, de los sostenedores y actores del sistema educativo y formativo.

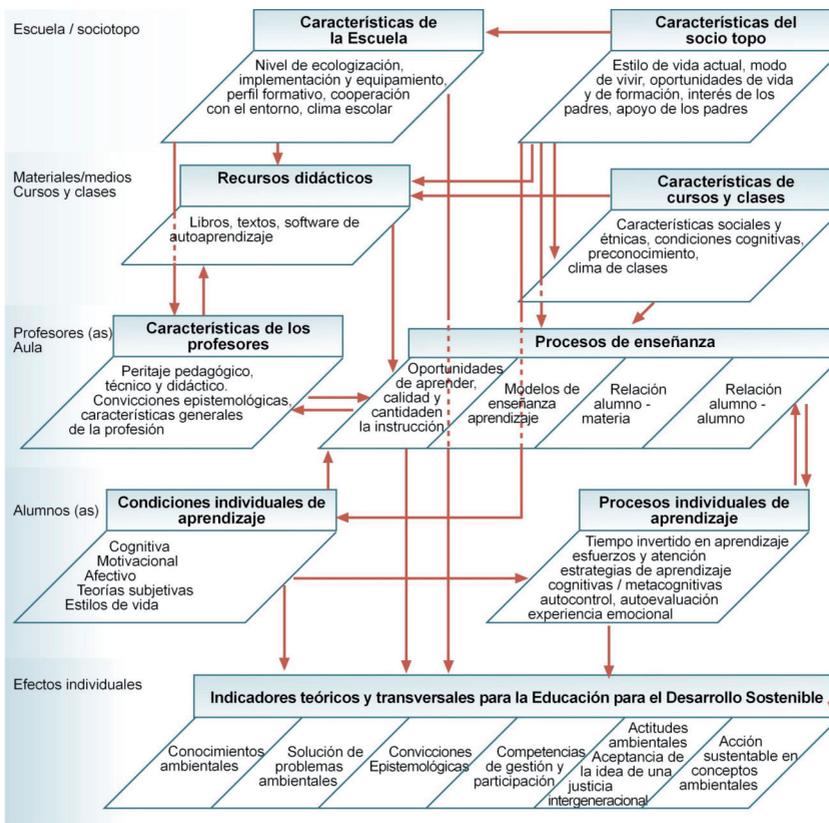
Un nuevo concepto, orientado y adaptado a las exigencias de una Educación para el Desarrollo Sostenible eficiente e impactante, debería fundarse sobre la base de a lo menos cuatro preguntas fundamentales (Riess, 2006, pp. 25-26):

1. Marco de orientación, objetivos de educación: ¿Qué tipos de conocimientos se tienen que adquirir para captar y aplicar las ideas de desarrollo sustentable?
2. Regularidad general y posibilidades de optimización de procesos de aprendizaje: ¿Qué significa aprendizaje en un contexto de desarrollo sustentable (p. ej. a temas como el efecto invernadero, *Fair Trade* - Comercio Justo, protección de biotopos) y cómo puede y tiene que ser integrado el entorno del estudiante como punto de referencia en este proceso de aprendizaje?
3. Psicología de la motivación: ¿Cómo se puede incentivar la motivación para discutir temas del Desarrollo Sustentable para que el estudiante desarrolle, p. ej., sus propias opiniones, mejore su disposición a la lectura de textos difíciles, etc.?
4. Impacto de procesos de aprendizaje: ¿Cómo se pueden iniciar y promover procesos de aprendizaje para fomentar una educación para el desarrollo sustentable?

La Educación para el Desarrollo Sostenible desde un enfoque sistémico

Mediante un modelo multidimensional, Riess muestra niveles diferentes, dimensiones y referencias de un concepto de Educación para el Desarrollo Sostenible. Este modelo fue originalmente desarrollado en el contexto del proyecto PISA de la OECD, posteriormente adaptado al nuevo concepto de Educación para el Desarrollo Sostenible (Riess, 2006, p. 27).

Modelo marco multidimensional de la Educación para el Desarrollo Sostenible (Riess, 2006, p. 28).



Según RIESS (2006, p. 28)
[Traducción propia]

Este modelo de formación es muy complejo y está configurado y determinado por indicadores que caracterizan un país desarrollado, como Alemania. Implica cinco niveles con un total de ocho características de procesos formativos diferentes que, en cada caso y en el mismo nivel, están interrelacionados entre ellos en forma directa o de manera transversal.

Nivel 1/ institucional: Características en la institución de formación como, por ejemplo, el nivel de ecologización, implementación y equipamiento, perfil formativo, cooperación con el entorno, clima escolar.

Nivel 1/ sociotopo: Características del sociotopo como, por ejemplo, estilo de vida actual, modo de vivir, oportunidades de vida y de formación, interés de los padres y apoderados, nivel formativo de los padres y apoderados, apoyo por padres, intereses de alumnos.

Nivel 2/ materiales y medios: Materiales y recursos didácticos como, por ejemplo, libros, textos escolares, software de autoaprendizaje y otros medios

Nivel 3/ clases: Características de pertenencia de clase dentro de la institución de formación como, por ejemplo, composición de los grupos según características sociales y étnicas, condiciones cognitivas de los alumnos, preconocimientos de los alumnos, clima de clase.

Nivel 4/ docentes: Características de profesionales los profesores como, por ejemplo, experiencias pedagógicas, dominio de la didáctica de la especialidad, convicciones epistemológicas y características profesionales generales.

Nivel 4/ clases: Procesos de enseñanza-aprendizaje adaptados a las necesidades de los alumnos(as), calidad y cantidad de la instrucción docente, ejemplos significativos de una enseñanza exitosa, relación entre profesor(a) y alumno(a) así como relación inter alumnos(a).

Nivel 5/ alumnos: Condiciones individuales como, por ejemplo, características cognitivas, motivacionales, afectivas, así como también teorías subjetivas y estilos de vida individuales.

Nivel 5/ alumnos: Procesos de aprendizaje individuales y adaptadas a las necesidades de los alumnos(as), como, por ejemplo, el tiempo invertido en el aprendizaje, esfuerzos y atención de los alumnos(as), estrategias de aprendizaje cognitivas y meta-cognitivas, autocontrol y autoevaluación y la experiencia emocional.

Las características mencionadas en los procesos de formación y según los diferentes niveles mencionados se influyen de manera diferente, en forma recíproca y conducen finalmente a efectos e impactos de formación y aprendizaje. Riess deduce de ello criterios para lograr seis diferentes metas para una Educación para el Desarrollo Sustentable:

–Meta 1: Manejar conocimientos ambientales complejos, consistiendo en conocimientos interdisciplinarios de las ciencias y ciencias naturales, ciencias sociales y de la economía.

–Meta 2: Manejar competencias de acción para organizar procesos y solucionar problemas en contextos ambientales relevantes.

–Meta 3: Adquirir y consolidar concepciones epistemológicas.

–Meta 4: Manejar competencias sobre concepción, organización y participación en contextos ambientales sustentables.

–Meta 5: Adquirir actitudes personales frente a temas ambientales y de desarrollo sustentable, como, por ejemplo, la justicia inter- e intrageneracional y otros.

–Meta 6: Aplicar competencias de acción sustentable, sobre todo en las áreas sociales, de ecología y economía.

Para fomentar una Educación adecuada para el Desarrollo Sostenible y la realización de los objetivos y sugerencias de la Agenda 21, la Comisión de UNESCO Alemana exige revisar y modernizar libros y textos escolares, las mallas curriculares y desarrollar nuevos criterios de evaluación: “Conocimientos científicos, competencias intercultu-

rales y el desarrollo de capacidades de desarrollar conceptos integrados son de gran importancia igual como la formación de nuevos comportamientos del consumidor. La Educación para el Desarrollo Sostenible requiere un modelo pedagógico innovador, orientado a la acción (Hansen-Rojas, 2000), interdisciplinario, con conceptos innovadores y recursos didácticos adecuados” (Naciones Unidas, 2003).

Un Modelo Ecopedagógico de Desarrollo Sustentable para Chile

Con la creación del Ministerio del Medio Ambiente en el año 2009, Chile cuenta finalmente con la institucionalidad que le permite desarrollar e implementar de manera sustentable nuevos conceptos, crear planes y programas adecuados para responder a las necesidades del mundo global y las exigencias de preservación de los ecosistemas del país y sus regiones. De esta manera puede también contribuir al cumplimiento de las metas históricas de las Naciones Unidas y la Agenda 21.

La cooperación entre el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Educación permite una divulgación amplia de los nuevos temas en la mayoría de la población, especialmente entre niños y jóvenes, adaptado a los diferentes niveles educativos del sistema formal y de la educación no formal y a diferentes grupos sociales que requieren de información y contenidos para avanzar en el desarrollo de su conciencia ambiental.

El año 2009 se publica por parte del Gobierno la Política Nacional de Educación para el Desarrollo Sustentable (Ministerio de Medio Ambiente, 2009), acompañado por un Plan de Acción (Ministerio de Medio Ambiente, 2013), que propone métodos y medidas de implementación. Paralelamente se ofrece la posibilidad a los municipios de incorporar y realizar nuevas formas de gestión ambiental local y de someterse voluntariamente a un sistema de certificación ambiental, SCAM¹, que ha sido seguido y ha mostrado éxitos en diferentes escuelas municipales del país.

Por el otro lado, existe hoy para las escuelas y los colegios la posibilidad de participar en un programa ofrecido de manera coordinada por cuatro organismos chilenos: el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), el Ministerio de Educación (MINEDUC), la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y la UNESCO. Al respecto, el programa SN-CAE² es de carácter voluntario y apoya a los establecimientos educacionales para que incorporen en sus planes y programas nuevas variables ambientales de carácter pedagógico, de gestión y, apoya también a la vinculación del establecimiento educacional y sus actores, con el medio externo.

Ambos sistemas, SCAM y SNCAE, permiten el trabajo en diferentes niveles de complejidad y cada etapa del proceso, con diferentes estándares de certificación. Ambos

¹ SCAM, Sistema de Certificación Ambiental Municipal, en: <http://www.mma.gob.cl/educacionambiental/1319/w3-propertyvalue-16359.html>

² SNCAE, Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educacionales, en: <http://www.mma.gob.cl/educacionambiental/1319/w3-propertyvalue-16354.html>

sistemas incluyen fuertes elementos de educación ambiental, en un sentido moderno y complejo y apoyan al desarrollo sustentable de la institución y de los actores de la sociedad civil involucrados.

El modelo de Riess, explicado anteriormente, serviría en Chile para comprender y, eventualmente implementar en forma de adaptación a las condiciones nacionales y regionales, el nuevo paradigma de la EDS en su multidimensionalidad y complejidad, tanto teórica como práctica. A pesar de haber sido concebido en un país desarrollado, constituye un gran aporte conceptual, porque visualiza precisamente la complejidad, la interrelación e interdependencia de los *temas y problemas ecopedagógicos*, así como destaca la importancia de cada uno de los indicadores en un contexto de educación ambiental complejo.

Chile se encuentra actualmente en un pleno debate científico, político, económico y pedagógico sobre temas de sustentabilidad de su desarrollo y en un proceso de cambio de sus marcos institucionales y normativos. En este sentido, puede afirmarse que el modelo RIESS sería de utilidad para avanzar en la discusión e implementación de los temas ambientales en los establecimientos educacionales, incluida la educación superior. Ahora bien, todo modelo es perfectible y debería adaptarse a las condiciones específicas y contexto de Chile y América Latina. En este sentido, falta aun en el país un mayor fortalecimiento de sus instituciones educacionales, los recursos económicos y la formación docente.

Referencias bibliográficas

- Dourojeanni, A. (2000). *Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable*. Santiago, Chile: CEPAL – División de Recursos Naturales e Infraestructura.
- Gäertner, H. (Ed.) (1998). *Umweltpädagogik in Studium und Lehre*. Hamburg, Alemania: Editorial Kraemer.
- Hansen-Rojas, G. (2000). *Aprendizaje por la acción – Un principio pedagógico para la educación general y la formación técnico-profesional*. Buenos Aires - Eschborn, Alemania: Edición GTZ.
- Kyburz-Graber, R. *et al.* (2001). *Umweltbildung im 20. Jahrhundert*. Münster, New York, München, Berlin, Alemania: Editorial Waxmann.
- Leff, E. (1998). *Saber ambiental. Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- Meadows, D. *et al.* (1972). *Die Grenzen des Wachstums*. Stuttgart, Alemania: Editorial DVA.
- Morin, E. (1993). *El método II. La vida de la vida*. Barcelona: Kairós.
- Morin, E.; Kern, B. (1999). *Tierra patria*. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión.
- Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2009). *Política Nacional de Educación para el Desarrollo Sustentable*. Santiago.
- Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2013). *Plan de Acción: Política de Educación para el Desarrollo Sustentable*. Santiago.
- Naciones Unidas (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Programa Agenda 21*, [http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda 21/spanish/agenda21spchapter1.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda%201/spanish/agenda21spchapter1.htm)
- Naciones Unidas (2000). 8 Millenium Goals, en: <http://www.un.org/millenniumgoals/>

- Naciones Unidas (2003). Hamburger Erklärung der Deutschen UNESCO-Kommission am 11. Juli 2003, Hamburg, Alemania, http://www.unesco.de/c_bibliothek/erkl_hv63.htm
- OREALC/UNESCO (2009). Políticas, estrategias y planes regionales, subregionales y nacionales en Educación para el Desarrollo Sostenible y la Educación Ambiental en América Latina y el Caribe. Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible 2005-2014, versión digital en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001819/181906S.pdf>
- Riess, W. (2006). Lehr-Lern-Forschung im Rahmen der Bildung fuer eine Nachhaltige Entwicklung (BNE), in: Riess, W., Apel, H. (Hg), *Bildung fuer eine Nachhaltige Entwicklung, Aktuelle Forschungsfelder und –ansätze*. Wiesbaden, Alemania: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

LA EDUCACIÓN AMBIENTAL COMO UNA COMPETENCIA GENÉRICA EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES DE LA FACULTAD DE EDUCACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

ENVIRONMENTAL EDUCATION AS A GENERIC COMPETENCE IN THE INITIAL FORMATION
OF TEACHERS AT THE FACULTY OF EDUCATION, UNIVERSITY OF CONCEPCIÓN

Alejandro Villalobos Clavería, Lucía Domínguez Águila, Yenía Melo Hermosilla

Facultad de Educación, Universidad de Concepción, Chile,
avillalo@udec.cl; ldomingu@udec.cl; ymelo@udec.cl

Resumen: Este trabajo representa un análisis y discusión sobre la educación ambiental como una competencia genérica para la formación Inicial de Docentes de la Universidad de Concepción. La adopción del enfoque de competencias ha significado replantear el perfil de un profesor en su labor formativa. Sin embargo, las actuales competencias genéricas se han limitado a ofrecer el desarrollo de capacidades instrumentales o básicas en la formación pedagógica, no dando una mirada global e interdisciplinaria a una necesidad formativa que aparece en los Objetivos Fundamentales Transversales (OFT) del Ministerio de Educación de Chile.

Se postula que la educación ambiental puede ser incorporada en los planes de formación docente como objetivo transversal, complejo e interdisciplinario, valórico y humano en la persona del profesor.

Palabras clave: Educación ambiental, formación docente, conciencia ambiental, interdisciplinaria.

Abstract: This work represents an analysis and discussion of environmental education as a generic competences for Initial Teacher Training University of Concepción. The adoption of the competences approach has meant rethinking the profile of a teacher in his formative work. However, current generic skills were limited to provide the development of instrumental and basic skills in teacher training, not giving a global and interdisciplinary to a training need that appears in the ministry of education Fundamental Transverse Aims Chile look.

We hypothesize that environmental education can be incorporated into teacher training plans and transverse, complex and interdisciplinary, of values and human target in the teacher person

Keywords: Environmental education, teacher education, environmental awareness, interdisciplinary.

Introducción

FRONTE AL DINAMISMO TECNO-CIENTÍFICO cultural que caracteriza el tiempo presente, se ha producido una suerte de profesionalización en las diferentes instituciones que educan, forman y/o capacitan a estos nuevos profesionales, técnicos y trabajadores especializados. En este contexto, la institución universitaria también ha debido extremar sus esfuerzos para formar el capital humano de avanzada que una nación requiere, según el grado de desarrollo relativo que posee.

El currículo tradicional que preparaba al futuro profesional –sobre la base de un perfil reducido de las responsabilidades, funciones y tareas asociadas a puestos de trabajo – ha dejado de tener sentido, al desaparecer dichos puestos en el contexto de una sociedad inmutable y previsible, para generar condiciones de una ocupabilidad cambiante y, en gran medida imprevisible, lo cual obliga a una actualización permanente y a un modelo de educación continua para sus egresados.

En consecuencia, las contradicciones con el currículo tradicional son evidentes, si se comparan con los requerimientos de desempeño profesional que antes se han señalado. A modo de ejemplo, algunas interrogantes que grafican lo expuesto pueden ser:

- ¿Cómo se pueden formar profesionales creativos y emprendedores con un currículo acotado, con una metodología centrada en la “enseñanza” más bien memorística y contenidos, y con un estudiante generalmente pasivo?
- ¿Cómo se pretende formar una persona en proceso de actualización permanentemente, si todos los esfuerzos se orientan a entregarle la mayor cantidad de contenidos posible, sin considerar su grado de obsolescencia y sin entregarle las herramientas básicas y el hábito al estudiante para su auto-perfeccionamiento?
- ¿Cómo preparar a los alumnos y alumnas para el trabajo en equipos interdisciplinarios a través de un método directivo en que el profesor es la única fuente y el único interlocutor válido, en la cual no se estimula la comunicación entre pares ni el manejo de idiomas de amplio espectro?
- ¿Como acostumbrar al estudiante a buscar información actualizada y usarla en forma apropiada y oportuna, con una enseñanza repetitiva cuya principal característica radica en la entrega de todo hecho y sistematizado?

Por cierto, estas interrogantes son muy relevantes en la formación de un profesor cuando posteriormente cumple con sus labores docentes y sobre todo cuando hay nuevas temáticas, demandas y desafíos en la formación de los estudiantes. Contexto donde se sitúa la problemática de la educación ambiental.

Objetivo del trabajo

El presente artículo analiza y reflexiona sobre la necesidad de comprender a la educación ambiental como una competencia genérica en la formación docente inicial. Para ello contextualiza el enfoque de competencias en la labor docente y discute sobre su vinculación sobre la educación ambiental.

Metodología

Este trabajo se enmarca dentro del paradigma cualitativo, buscando la comprensión e interpretación de la problemática ambiental en la formación de profesores. De igual

forma, intenta comprender la deficiente inserción de la temática ambiental en la labor docente.

Por ello realiza un análisis curricular de los planes de estudio de la formación docente de la Facultad de Educación en el contexto del proyecto convenio de desempeño UCO 1203 de la Universidad de Concepción. De igual forma se apropia del enfoque de competencias profesionales y pedagógicas que caracterizan a un egresado de las carreras de pedagogía.

Por último, la revisión de la literatura sobre pedagogía universitaria, modelos de formación profesional y sus respectivos autores ayudaron a realizar el presente estudio (Blanco, 2009; Díaz Barriga, 2005; Tardif, 2003; Tobón, 2005).

El futuro: Un presente próximo

A título ilustrativo, como puede ser el ambiente de trabajo del hombre del siglo XXI: Trabaja para una corporación transnacional con sede en otra parte del mundo. Planea en equipo con un japonés, un ruso y un canadiense. Ejecuta programas con sus compatriotas mezclados con extranjeros, aquí o a diez mil kilómetros de su hogar. Egresó de una carrera que no existía años atrás e hizo su maestría en una universidad que sólo conoció virtualmente.

Habla tres idiomas en la tele conferencias de la empresa y consulta una docena de publicaciones en la red para conocer las costumbres de consumidores lejanos y el potencial de los proveedores de materias primas en tres continentes (López de Tka-chenko, 2005).

Estos tiempos de cambio, de globalización y competencia internacional demandan un nuevo hombre. No sólo para operar el cambio sino también para dirigirlo y matizarlo con los valores que consolidan un humanismo irrenunciable. A ese profesional versátil, cosmopolita y con visión global, ¿quién lo va a educar para el cambio?, ¿con qué herramientas educativas aprenderá?

Para el hombre ideal del siglo XXI se requiere un educador ideal actualizado y con la misma flexibilidad mental que demandan sus alumnos y su entorno. En fin, el docente innovador requiere herramientas de vanguardia para cumplir su misión milenaria: formar a un hombre para todas las estaciones, ciudadano del mundo, miembro de una civilización global, comprometido con su patria y su comunidad.

Pero, ¿existe algún enfoque curricular o perspectiva pedagógica que ayude a la innovación y el cambio en la formación de profesores, más allá de una formación disciplinaria o generalista? Cuestión importante cuando se habla de educación ambiental.

Algunos aspectos conceptuales presentes

La adopción del enfoque de competencias, propiciado por el Ministerio de Educación de Chile (MINEDUC, 2012), ha significado replantar la formación profesional que se imparte en las universidades nacionales. De este modo, la formación tradicional asocia-

da a los objetivos de enseñanza ha sido reemplazada por la visión vinculada a la labor profesional, que supone poseer un egresado competente de la educación superior.

El rediseño curricular, la actualización del perfil profesional, el cambio de programas de las asignaturas, los procesos de acreditación, la evaluación de su calidad, entre otros elementos, componen esta visión pragmática de la educación profesional que se ofrece en los sistemas de educación superior de Chile.

Esta situación también se reconoce en la formación inicial docente, donde los diferentes proyectos de apoyo a la docencia (tipo MECESUP), así como los proyectos de convenio de desempeño (CD), a cargo del MINEDUC promueven la adopción de un enfoque de competencia para el trabajo docente.

Todo ello ha significado diseñar e identificar un sistema de competencias pertinentes a la labor profesional docente. Al mismo tiempo, se reconoce distintas clasificaciones de competencias y comportamientos profesionales: existen competencias instrumentales, básicas, genéricas, profesionales, institucionales, etc., dando origen a diferentes perspectivas y conceptualización a la problemáticas de las competencias profesionales.

Hecho que se ha complejizado cuando se busca adaptar una formación basada en objetivos por esta nueva formación profesional, mediante re-articulación con el mercado laboral, pero sin una discusión previa o investigación preliminar que ayude a contextualizarla y promoverla en sus docentes. Por cierto, en el quehacer universitario la formación en competencias se ha reducido a una suerte de capacitación técnico-laboral o a la aplicación de modelos externos, sin el concurso ni la orientación de pedagogos (Díaz Barriga, 2006).

Una mirada distinta para las competencias genéricas

A nuestro juicio, la formación de profesores en una facultad de Educación debería tener competencias genéricas inherentes a la labor del educador, hecho reconocido por la literatura especializada e incluso en la actual revisión crítica del modelo de enseñanza de competencias (UNESCO-OREALC, 2012; Pey y Chauriye, 2011). Cabe señalar que el modelo institucional de formación de competencias genéricas propuesto por la Universidad de Concepción –que se aglutina en torno a cuatro macrocompetencias: Pensamiento Crítico; Comunicación; Emprendimiento y Trabajo en Equipo Interdisciplinario; y Responsabilidad social– tienen una naturaleza global y profesionalizante, para las diversas carreras. No obstante, su vinculación con los procesos de enseñanza-aprendizaje merece un análisis más profundo y exhaustivo, dado que el desarrollo curricular, la didáctica y la gestión docente actual buscan ofrecer una nueva mirada del hecho educativo, ya sea mediante una perspectiva transversal, transdisciplinaria o epistemológica.

A modo de ejemplo, se incluyen algunas ideas que demuestran el carácter diferenciador que debe tener la formación de competencias genéricas en la formación inicial de profesores.

–La UNESCO-OREALC (2012), sobre la calidad de la educación señala que entre los temas críticos sobre formación inicial docente se encuentra el bajo nivel de forma-

ción con que se ingresa a los estudios pedagógicos y débil calidad de los programas y los procesos de formación docente.

- La formación de futuros profesores tiene un carácter diferenciado en la innovación curricular respecto de las otras carreras universitarias, “debido a que el éxito o fracaso de los estudiantes de educación superior depende de la calidad de la educación primaria y secundaria (Pey y Chauriye, 2011).
- Las competencias genéricas constituyen un elemento clave del modelo educativo que propicia cada universidad en la formación profesional de sus egresados (Informe “Innovación Curricular en las Universidades del Consejo de Rectores: Reflexiones y procesos en las Universidades del Consejo de Rectores Prácticas Internacionales, 2012).
- No existe un consenso sobre el tema de las competencias genéricas que un profesor debería desarrollar y aplicar en los contextos pedagógicos requeridos (UNESCO 2013; OECD, 2005; MINEDUC, 2012; CRUCH, 2012).

Nuestra propuesta es que se debe incorporar la educación ambiental como propuesta de competencia genérica en la formación docente inicial.

El enfoque de competencias genéricas: algunas ideas necesarias

La noción de competencia se relaciona con la capacidad de una persona de actuar eficazmente en un conjunto de situaciones dadas. Una competencia se define como “la descripción de la habilidad adquirida efectiva y eficientemente al ejecutar una tarea ocupacional dada”. Bajo este prisma, una competencia se formula en términos de la capacidad de actuar y se caracteriza por los elementos siguientes:

- Un conjunto durable de conocimientos de tipo declarativo, procedimental y contextual (estructura de los conocimientos).
- Los conocimientos involucrados se adaptan a la ejecución de las tareas y se expresan de manera bastante automatizada.
- Los conocimientos involucrados son necesarios para la resolución de problemas, los que a su vez están relacionados con situaciones de la vida cotidiana de los estudiantes.

En la visión del enfoque de competencias se encuentran tres dimensiones: formación personal, formación para el trabajo, y formación social. Cada una con sus especificaciones y atributos disciplinarios, metodológicos y didácticos. En Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI (1996) J. Delors la formación profesional debe articularse en 4 tipos de saberes: el Saber, el Saber Hacer, el Saber Convivir, el Saber Ser.

Por cierto, estas categorías dan origen a diversas clasificaciones o tipología de las competencias:

- Generales y específicas.
- Básicas, transversales, específicas.
- Instrumentales, interpersonales y sistémicas.

Una de las competencias interesante para la educación ambiental lo constituyen las competencias sistémicas, cuya naturaleza global, amplia y compleja permite pensar y asociar ambas perspectivas conceptuales.

La Educación ambiental: ¿una competencia genérica o una competencia sistémica?

Como resultado de la Conferencia de Tbilisi (1977), cuyo Informe final fue publicado por UNESCO (1978), se establecieron cinco ideas fuerza de la Educación Ambiental, de permanente vigencia. Éstas son:

1. *Conciencia*: ayudar a la población a adquirir mayor sensibilidad y conciencia del medio ambiente en general y sus problemas anexos.
2. *Conocimiento*: ayudar a la población a comprender como funciona el medio ambiente, la presencia del ser humano en él y las relaciones de interdependencia que se generan.
3. *Aptitudes o habilidades*: ayudar a la población a adquirir las habilidades necesarias para resolver problemas ambientales.
4. *Participación*: ayudar a la población a desarrollar su sentido de responsabilidad y a que trabajen individual y colectivamente para prevenir problemas ambientales.
5. *Actitudes y valores*: ayudar a la población a adquirir un conjunto de valores sociales y un profundo interés por el medio ambiente que los impulse a participar activamente en su protección y mejoramiento.

En este contexto, la educación ambiental tiene una dimensión que escapa a los límites de la especialización disciplinaria y cuya comprensión como formación requieren de una amplia visión epistemológica como metodológica. Situación que implica un gran esfuerzo conceptual y didáctica en los procesos formativos de enseñanza y aprendizaje en el sistema escolar.

Las competencias sistémicas suponen destrezas y habilidades relacionadas con la comprensión de la totalidad de un sistema o conjunto. Requieren una combinación de imaginación, sensibilidad y habilidad que permite ver cómo se relacionan y conjugan las partes en un todo. Estas competencias incluyen habilidad para planificar cambios que introduzcan mejorar en los sistemas entendidos globalmente y para diseñar nuevos sistemas.

Ahora bien, ¿es posible vincular las competencias genéricas a las competencias sistémicas? Por cierto, es posible establecer una asociación conceptual, en la medida que ambos conceptos apuntan a una visión global y sistémica en la formación del individuo, pero cuya diferencia se establecer en el desempeño del sujeto en formación y en sus dimensiones curriculares.

De igual forma, cabe preguntar: ¿es posible establecer alguna vinculación entre competencias sistémicas, genéricas y la educación ambiental? Al ser la educación ambiental una inter-disciplina pedagógica, que construye su objeto de estudio con el aporte de diversas ciencias y sus respectivas visiones, se puede pensar que su naturaleza debe ser sistémicas, global y genérica, en la medida que ofrece una escala de actitudes, conocimientos y procedimientos que contribuye a una mejor calidad de vida de todos.

Resultados

Frente a las preguntas planteadas inicialmente para orientar esta nueva mirada asociada a la educación ambiental y las competencias genéricas en la formación docente inicial, se puede pensar que sus respuestas escapan a una lógica disciplinaria y puede ser considerada como factores motivadores de una nueva visión pedagógica.

En otras palabras, cada pregunta compromete el actual sistema curricular de formación, dado que cada respuesta implica una mirada global y sistémica de la formación y labor docente. Esta situación se evidencia con mayor claridad cuando se habla de educación ambiental y de su dificultad para su inserción curricular.

No se debe olvidar los Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos (OF/CM) para cada nivel educativo y los Objetivos Transversales (OFT) que apuntan a lograr una formación general en los estudiantes. Por otra parte, estas orientaciones legales consideran el principio de autonomía curricular a los establecimientos educacionales para estructurar sus planes y programas educativos, según su realidad y entorno educativo.

El nuevo Marco Curricular está conformado por los Objetivos Fundamentales, que son las competencias que los alumnos y alumnas deben lograr en los distintos períodos de escolarización, para cumplir con los objetivos generales y requisitos de egreso de la enseñanza básica y media.

Los Objetivos Fundamentales van acompañados de Contenidos Mínimos Obligatorios, que son los conocimientos específicos y prácticas para lograr destrezas y actitudes que los establecimientos deben obligatoriamente enseñar, cultivar y promover para cumplir los Objetivos Fundamentales de cada nivel educativo. (MINEDUC, 1996)

Por cierto, es interesante señalar que los OFT son los objetivos que permean la red curricular y que deben impregnar los diferentes contenidos a desarrollar a lo largo del sistema educativo. En el campo de la educación ambiental, es importante destacar que los OFT apuntan a desarrollar habilidades, actitudes y comportamientos que concuerdan con los propósitos de la educación ambiental. A modo de ejemplo, se pueden citar la autorregulación de la conducta, el desarrollo del pensamiento reflexivo, la capacidad de resolver problemas, la capacidad de participar responsablemente en la comunidad.

Este nuevo marco legal ofrece grandes posibilidades a la educación ambiental para ser incorporada a la malla curricular de las escuelas y colegios chilenos, dada la libertad y descentralización que tiene los establecimientos educacionales para elaborar sus propios proyectos educativos, dando mayores posibilidades de significación y pertinencia curricular a estas instituciones. Sin embargo, en la práctica no tuvo el éxito esperado en

el sistema escolar, dada la complejidad que supone operacionalizar su enseñanza en los distintos niveles.

Tal vez, la presencia de una mirada exclusivamente disciplinaria sea responsable o la causa de su deficiente inserción educativa, tanto en la formación docente como en la práctica pedagógica cotidiana.

Conclusiones y desafíos

En la docencia universitaria, y particularmente en la formación de profesores, se debe tener un nuevo modelo de pedagogía profesional. Una concepción que reúna 3 dimensiones de una formación integral del futuro profesional de la educación: la formación personal, formación para el empleo y la formación en comunidad.

En este contexto, los tres ejes fundamentales de cualquier acto educativo que se realice en la educación superior deben estar referidos a la formación personal, la formación para la producción y el trabajo y la formación para vivir en sociedad. Todos los cuales permiten transformar a un sujeto en un profesional, es decir, lograr educar a la personalidad del futuro profesional de una manera integral y global, donde la temática ambiental es el eje axial de dicha formación recibida.

Por último, se debe reconocer que en últimos 20 años se ha reiterado la potencialidad que ofrece la formación basada en competencias en la renovación de la pedagogía universitaria. Sin embargo, la adopción de este enfoque no es una simple tarea pedagógica, pues no nace de las modernas teorías pedagógicas y didácticas, sino de la capacitación laboral, pero cuya extrapolación al sistema universitario ha significado una compleja y controversial incorporación a la docencia universitaria, cuyos resultados y efectos se evidencia en la literatura pertinente así como en los movimientos universitarios europeos de rechazo por dicha iniciativa.

En suma, lo anterior brevemente expuesto demuestra la necesidad de introducir cambios en el actual proceso de formación docente, asociados a disciplinas y competencias profesionales, que ocurre de manera tradicional en este sistema terciaria de enseñanza, donde se reconoce problemáticas que hasta el momento ha sido imposible incorporar en esta dinámica cultural, como es el quehacer de la educación ambiental.

Referencias bibliográficas

- Blanco, A. (2009). *Desarrollo y evaluación de competencias en la educación superior*. Madrid: Narcea, S.A.
- CRUCH (2012). *Innovación Curricular en las Universidades del Consejo de Rectores: Reflexiones y procesos en las Universidades del Consejo de Rectores Prácticas Internacionales*. Santiago de Chile.
- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI. UNESCO.
- Díaz Barriga, A. (2006). El enfoque de competencias en la educación. ¿Una alternativa o un disfraz de cambio? *Perfiles Educativos*, XXVIII (111), 7-36.

- López de Tkachenko, G. (2005). Competencias del docente para el siglo XXI. *Universitas* 2000, 29(1-2), 115-131.
- MINEDUC (1996). Decreto 40. Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios para la Educación General Básica y Normas Generales para su Aplicación. Santiago: Gobierno de Chile.
- MINEDUC (2012). Estándares orientadores para carreras de pedagogía en educación media. Disponible en: http://www.mineduc.cl/index2.php?id_portal=41&id_seccion=3117&id_contenido=12965
- OCDE (2005). La definición y selección de competencias clave. Disponible en: <http://www.deseco.admin.ch/bfs/.../en/.../2005.dsceexecutivesummary.sp.pdf>
- Pey, R. y Chauriye, S. (2011). *Innovación Curricular en las Universidades del Consejo de Rectores 2000-2010*. Santiago: Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas.
- Tardif, J. (2003). Développer un programme par compétences : de l'intention à la mise en oeuvre. Québec: *Pédagogie collégiale*, 16(3), 36-44. Disponible en: <http://www.aqpc.qc.ca/revue-volumes/printemps-2003>
- Tobón, S. (2005). *Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- UNESCO (1978). Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental. Informe final. Tbilisi, URSS. 14-26 octubre 1977. Paris, abril de 1978. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0003/000327/032763sb.pdf>
- UNESCO-OREALC (2012). *Informe de actividades 2011*. Santiago de Chile: Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe/UNESCO.
- UNESCO (2013). Antecedentes y Criterios para la Elaboración de Políticas Docentes en América Latina y el Caribe. Santiago. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002232/223249S.pdf>

GESTÃO DE ÁREAS VERDES EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO: INDICADORES E PRÁTICAS

GREEN AREA MANAGEMENT IN UNIVERSITY CAMPUSES:
INDICATORS AND PRACTICES

Amanda Silveira Carbone¹, Sonia Maria Viggiani Coutinho², Nayara dos Santos Egute³, Michelle de Fatima Ramos⁴, Juliana Pellegrini Cezare⁵, Arlindo Philippi Jr⁶

Departamento de Saúde Ambiental - Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo
Mestre em Ciências, e-mail: as.carbone@usp.br¹; Doutora em Ciências, email: scoutinho@usp.br², Mestre em Tecnologia Nuclear, email: nayara.egute@yahoo.com.br³, Bióloga, email: mi_bio2@hotmail.com⁴; Mestre em Ciências, email: jupelle@gmail.com⁵, Doutor em Saúde Pública, email: aphij@usp.br⁶

Resumo: A busca pela sustentabilidade urbana deve perpassar todas as instâncias da sociedade. As universidades, tendo um papel fundamental no ensino, na pesquisa e em atividades de extensão, também têm sido chamadas a este comprometimento. Cabe a estas instituições, entre outras ações, o investimento em aspectos paisagísticos, a recuperação de vegetação e a criação de espaços verdes, uma vez que está bem estabelecido o papel fundamental das áreas verdes na melhora da qualidade de vida urbana. Este estudo tem por objetivo identificar, entre os indicadores de sustentabilidade definidos pelas principais iniciativas de avaliação de campus sustentável, aqueles relacionados diretamente à gestão de áreas verdes, e analisar abrangência e relevância em relação ao tema. O segundo objetivo é traçar um panorama das Instituições de Ensino Superior (IES) em relação à gestão de áreas verdes a partir das iniciativas de avaliação de sustentabilidade identificadas. Os resultados demonstram que as diferentes iniciativas de avaliação de sustentabilidade em campus universitário abordam o tema das áreas verdes, ainda que de forma incipiente ou limitada. A análise de dados e relatórios dessas iniciativas mostra que boa parte das instituições realiza atividades como o manejo integrado de pragas e o plantio de espécies nativas no campus. O envolvimento comunitário de estudantes e outros usuários na gestão de áreas verdes não aparece explicitamente entre os indicadores propostos pelas iniciativas de avaliação de sustentabilidade, embora o engajamento comunitário seja abordado em muitas destas, ainda que genericamente. Estudos e iniciativas como o Programa *Tree Campus USA* demonstram a tendência em se envolver os estudantes na gestão do verde, o que pode trazer inúmeros benefícios aos usuários.

Palavras-chave: Áreas verdes, campus sustentável, instituições de ensino superior (IES); indicadores.

Abstract: The pursuit of urban sustainability must pervade all levels of society. Universities, in playing a key role in teaching, research and extension activities, have also been called to this commitment. It is up to these institutions, among other things, to invest in landscape issues, the recovery of vegetation and the creation of green spaces, as the role of green areas to improve the quality of urban life is well established. This study aims to identify, among sustainability indicators defined by the main sustainable campus assessment initiatives, those directly related to the management of green areas, and analyze scope and relevance in this regard. The second objective is to give an overview of Higher Education Institutions (HEIs) in relation to the management of green areas from the identified sustainability assessment initiatives. Results show that the different sustainability assessment initiatives in campuses address the topic of green areas, albeit incipient or limited. The analysis of data and reports of these initiatives shows that most institutions

perform activities such as integrated pest management and planting of native species on campus. Community involvement of students and other users in the management of green areas does not appear explicitly among the indicators proposed by the sustainability assessment initiatives, although community engagement is generally addressed in many of these. Studies and initiatives such as the Tree Campus USA program demonstrate the tendency of the engagement of students in the management of the green areas, which can bring numerous benefits to users.

Keywords: Green areas; sustainable campus; higher education institutions (HEIs); indicators.

Introdução

A IDEIA DE DESENVOLVIMENTO sustentável, surgida em meados da década de 1980, se traduz em um desenvolvimento que, segundo o Relatório *Brundtland* (1987), atenda às necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas necessidades. Sua implementação requer uma perspectiva muito mais holística do que a anteriormente aplicada ao processo de tomada de decisão.

Sayago & Pinto (2005) inserem a ideia de sustentabilidade ao conceito de gestão ambiental urbana, definindo-a como:

o conjunto de atividades e responsabilidades voltadas para uma série de intervenções sociais com vistas ao manejo adequado do uso do solo e dos recursos naturais e humanos, para construção da qualidade de vida urbana. Em outras palavras, para buscar a sustentabilidade das cidades (p. 3).

A sustentabilidade urbana deve perpassar todas as instâncias da sociedade, pois que, para sua concretização, é necessário que tanto o poder público, quanto o setor empresarial e a sociedade civil, como um todo, empreendam ações nesse sentido. As universidades, tendo um papel fundamental no ensino, na pesquisa e em atividades de extensão, também têm sido chamadas ao comprometimento com o desenvolvimento sustentável.

Se, por um lado, a sustentabilidade em campus universitário se tornou um tema de grande preocupação para formuladores de políticas e planejadores como resultado da percepção dos impactos que as atividades e operações das universidades têm no meio ambiente (Alshuwaikhat & Abubakar, 2008), por outro lado as universidades podem desempenhar um papel de multiplicação de práticas sustentáveis. Estas podem se dar por meio da disseminação de informações e experiências concretas, quanto por meio da formação de profissionais e cidadãos mais preparados para lidar com os problemas socioambientais e econômicos das sociedades atuais.

Há um movimento crescente das universidades no sentido da promoção dos princípios do desenvolvimento sustentável. Prova disso são os diversos encontros entre dirigentes de universidades que ocorreram nas últimas décadas, dos quais se originaram declarações ambiciosas. Um exemplo é a Declaração de Talloires, assinada no Centro Europeu da Universidade de Tufts, Talloires, França, em 1990, onde as signatárias com-

prometeram-se a criar uma cultura institucional da sustentabilidade, encorajando todas as universidades a envolverem-se na educação, investigação, formação de políticas e intercâmbio de informação em ambiente e desenvolvimento.

Shriberg (2000) afirma que, apesar dos esforços em gestão ambiental nas instituições de ensino superior terem aumentado em frequência, ainda tem havido pouco empenho em se avaliar sistematicamente o significado e a implementação da gestão para a sustentabilidade dentro das universidades. O mesmo autor cita a definição da *Pennsylvania State University* sobre o que seria uma “universidade sustentável” (p. 09): aquela que sustenta a integridade e biodiversidade dos ecossistemas locais e planetários dos quais a vida depende e que possui entre seus valores centrais o respeito pela biota e pelos processos naturais.

Entre as ações empreendidas pelas instituições de ensino superior no âmbito da gestão ambiental e do desenvolvimento sustentável, está o investimento nos aspectos paisagísticos, a recuperação de vegetação e a criação de espaços verdes (Tauchen & Brandli, 2006).

Nesse sentido, cabe ressaltar algumas funções desempenhadas pelas áreas verdes, especialmente no meio urbano, e seu papel chave na melhora das condições de vida das cidades. Entre as diversas funções ambientais da vegetação no ambiente urbano, destaca-se a melhora na qualidade do ar (Nowak & Dwyer, 2007), a diminuição da temperatura (Monteiro, 2002) e a diminuição do escoamento superficial de águas pluviais em áreas impermeabilizadas (Bolund & Hunhammar, 1999). Além desses benefícios, observa-se melhora na saúde auto-avaliada e na longevidade (Santana *et al.*, 2007), no incentivo à prática de atividade física (Pikora *et al.*, 2003), na melhora da capacidade de concentração em crianças (Taylor *et al.*, 2001), no alívio ao estresse urbano (Ulrich, 1984), na diminuição da violência (Kuo & Sullivan, 2001) e na influência da capacidade de se relacionar com vizinhos (Kim & Kaplan, 2004).

As práticas de sustentabilidade em campus universitário têm sido reportadas e avaliadas por meio de diversas iniciativas, que definem indicadores-chave. Segundo Losano (2006), os relatórios de sustentabilidade têm dois objetivos gerais: 1. Avaliar o estado atual do progresso da organização em relação à sustentabilidade (ex. corporações, universidades, organizações não governamentais) e 2. Comunicar aos *stakeholders* os esforços e progressos realizados nas dimensões ambiental, econômica e social.

Um sistema adequado de indicadores de sustentabilidade, associado a projetos de educação ambiental, podem ser ferramentas que impulsionam maior conhecimento e envolvimento em campus universitário, pois é por meio de indicadores que a sociedade obterá as informações e poderá cobrar resultados concretos.

Após o estabelecimento das metas para um desenvolvimento sustentável, surge a necessidade da construção de indicadores que mensurem as ações neste sentido.

A quantificação e qualificação das condições ambientais que estão sendo alteradas, preservadas ou simplesmente estudadas passam a ser muito importantes, não só para a espécie humana, como para a vida de muitos organismos. Daí a necessidade de avaliação muito mais precisa (...) (Maia *et al.*, 2001, p. 08).

Desta forma, este estudo tem por objetivo identificar, entre os indicadores de sustentabilidade definidos pelas principais iniciativas de avaliação de campus sustentável, aqueles relacionados diretamente à gestão de áreas verdes, e analisar abrangência e relevância em relação ao tema. O segundo objetivo é traçar um panorama das Instituições de Ensino Superior (IES) em relação à gestão de áreas verdes a partir das iniciativas de avaliação de sustentabilidade identificadas.

Metodologia

Foi realizado um levantamento bibliográfico acerca do tema da pesquisa, visando à construção de um marco conceitual. A pesquisa bibliográfica partiu de dados secundários, disponíveis em livros técnicos e científicos de leitura corrente, bem como em publicações periódicas em revistas e jornais científicos, e publicações em formato eletrônico (Gil, 2002).

Em uma primeira etapa, foi realizado um levantamento para identificar os sistemas de avaliação de sustentabilidade de IES. Após este processo, que não se configura como exaustivo, mas apenas representativo do universo de iniciativas existentes (definiu-se como representativo o universo das iniciativas que apareceram mais vezes nos mecanismos de busca) procedeu-se à identificação dos indicadores diretamente relacionados à gestão de áreas verdes em campus universitário. Com isso pretendeu-se obter um panorama dos indicadores em uso para avaliar a gestão dessas áreas.

A segunda etapa da pesquisa se configurou como um levantamento dos dados provenientes das iniciativas levantadas na etapa 1, em relação à gestão de áreas verdes em campus universitários, permitindo traçar apontamentos acerca da forma como as universidades têm gerido suas áreas verdes. Embora tenham sido incluídas iniciativas de várias nacionalidades, foram encontrados dados mais concretos em relação às práticas a partir de iniciativas norte-americanas, principalmente. Assim, a análise realizada neste estudo possui limitações geográficas. Sugere-se a realização de estudos mais abrangentes, que permitam a inclusão de iniciativas e dados de outras nacionalidades e proporcionem um olhar mais amplo sobre a questão.

Resultados e discussão

O levantamento das plataformas voltadas à avaliação de sustentabilidade em universidades culminou com a identificação de sete destas iniciativas, a partir das quais foi possível identificar os indicadores e critérios relacionados diretamente às áreas verdes das instituições (Quadro 1).

Quadro 1. Iniciativas de avaliação de sustentabilidade em IES e seus respectivos indicadores relacionados diretamente com áreas verdes.

Iniciativa	Indicador (es)	Descrição
UI GreenMetric World University Ranking (UI Greenmetric World Univeristy Ranking, 2011).	Área do campus coberta com vegetação em forma de floresta (%).	-
	Área do campus coberta com vegetação plantada (incluindo jardins, telhados verdes, gramados, etc) (%).	-
Sustainability Tracking Assessment & Rating System (STARS) (AASHE, 2012)	Gestão da paisagem	Objetivo: Reconhecer as instituições que fazem manejo sustentável do solo. A gestão sustentável da paisagem integra considerações sociais, econômicas e ecológicas para atender às necessidades humanas e manter os ecossistemas saudáveis. Crítérios: 1. Manejo do solo é feito de acordo com um Plano de Manejo Integrado de Pragas. 2 Manejo do solo de acordo com um programa de manejo sustentável da paisagem (inclui manejo da vegetação, plano arbóreo, uso de espécies nativas) e/ou 3. Orgânico, certificado ou protegido.
	Biodiversidade	Objetivo: Reconhecer instituições que possuem uma estratégia de manejo da biodiversidade para identificar ecossistemas e espécies vulneráveis no campus e prevenir, gerenciar ou remediar danos aos habitats naturais. Crítérios: A instituição deve conduzir um ou ambos: 1. Estudo para identificar espécies ameaçadas e vulneráveis; 2. Estudo para identificar áreas sensíveis ambientalmente.
Unit-based Sustainability Assessment Tool (USAT) (Togo and Lotz-Sisitka, 2009).	Práticas de Manejo Integrado de Pragas	Inclui redução de pesticidas para controle de pragas.
	Gestão sustentável da paisagem	Enfatiza o uso de plantas nativas, biodiversidade, redução das áreas gramadas, etc.).

Sustainability Assessment Questionnaire - Association of University Leaders for a Sustainable Future (ULSF, 2009)	Práticas de Manejo Integrado de Pragas (idem anterior)	Inclui redução de pesticidas para controle de pragas.
	Gestão sustentável da paisagem (idem anterior)	Enfatiza o uso de plantas nativas, biodiversidade, redução das áreas gramadas, etc).
Assessment Instrument for Sustainability in Higher Education – ASHE (Roorda <i>et al.</i> , 2009)	Estrutura física	<p>Objetivo: Indica se os elementos físicos da instituição (construções, infraestrutura, habitat natural) são mantidos e/ou planejados de maneira sustentável.</p> <p>Inclui, dentre outros critérios:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Se, no uso, manutenção e aprimoramento da paisagem natural, são levados em conta vários aspectos do desenvolvimento sustentável. *Se este processo se baseia em uma política formulada explicitamente. *Se as áreas naturais da instituição estão fisicamente conectadas ao ecossistema regional. *Se a instituição possui uma política integrada e sustentável para as construções, instalações e áreas verdes em toda sua extensão.
	Ecologia	<p>Objetivo: Indicar se a instituição minimiza seus impactos negativos ao o meio ambiente ou contribui positivamente com ele.</p> <p>Inclui: Se todas as atividades ligadas ao meio ambiente fazem parte de um Sistema Integrado de Gestão Ambiental ou são atividades pontuais.</p>
	Avaliação de qualidade	<p>Objetivo: Indicar se o desempenho operacional é otimizado por meio de um sistema de medições, avaliações e melhorias contínuas.</p> <p>Inclui: todos as questões operacionais, como a gestão da paisagem.</p>
National Wildlife Federation National Report Card on Environmental Performance and Sustainability in Higher Education, (McIntosh <i>et al.</i> , n.d.)	Proteção de habitats naturais	Porcentagem de área natural (ex. floresta ou wetland) em relação à área total do campus.
	Gestão sustentável da paisagem	<p>Inclui respostas Sim ou Não para:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manejo Integrado de Pragas - Paisagismo com uso de plantas nativas ou vegetação de baixa manutenção - Recuperação de ecossistemas - Programas para atração de vida selvagem (alimento e abrigo) - Identificação e remoção de espécies exóticas invasoras - Telhados verdes

Global Reporting Initiative (GRI) (GRI, n.d.) / Graphical Assessment of Sustainability in Universities (GASU) (Lozano, 2006)	Água	Fontes de água impactadas significativamente pela retirada de água: indicação do valor da biodiversidade na área (como diversidade de espécies e endemismo, número total de espécies protegidas).
	Biodiversidade	<p>Informações sobre abordagem de gestão da instituição – descrição da estratégia da organização para atingir sua política para a gestão da biodiversidade.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Existência de unidades operacionais (próprias, alugadas ou administradas) dentro ou adjacentes a áreas protegidas e áreas de grande valor de biodiversidade fora de áreas protegidas. - Descrição dos impactos significativos de atividades, produtos e serviços na biodiversidade em áreas protegidas ou áreas de grande valor de biodiversidade fora de áreas protegidas. - Ecossistemas restaurados ou protegidos - Número total de espécies na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas (IUCN) que habitam em áreas afetadas pelas operações da instituição.
	Resíduos e efluentes	Identificação, tamanho, status de proteção e valor de biodiversidade dos corpos d'água e habitats correlacionados, afetados significativamente pela descarga de água e drenagem da instituição.

Fonte: Elaboração dos autores.

Os indicadores de áreas verdes estão, em todos os casos, ligados ao aspecto operacional do campus. Observa-se que a maior parte das plataformas aborda a gestão sustentável da paisagem e a biodiversidade da instituição, o que envolve, entre outros elementos, critérios como o manejo sustentável do solo e o uso de plantas nativas. Estes são pontos fundamentais na gestão de áreas verdes. No entanto, parece faltar, na maioria dos casos, uma visão integrada e sistêmica das áreas verdes do campus em relação ao entorno. Como exceção a essa observação está o Instrumento de Avaliação para a Sustentabilidade na Educação Superior – ASHE (na sigla em inglês, tradução livre) (Rororda *et al.*, 2009), que questiona se as áreas naturais da instituição estão fisicamente conectadas ao ecossistema regional.

Outra questão pouca explorada é a relação das áreas verdes com outros elementos de gestão do campus, como a água e a estrutura física da instituição. Apenas duas plataformas abordam essa integração: a ASHE, já mencionada, e a Global Reporting Initiative (GRI), que embora tenha sido criada para uso corporativo, foi adaptada para a realidade das universidades, por meio do instrumento *Graphical Assessment of Sustainability in Universities* (GASU) (Lozano, 2006). O primeiro (ASHE), aborda a integração de áreas verdes com outros elementos do campus questionando, por exemplo, se, no uso, manutenção e aprimoramento da paisagem natural, são levados em conta aspectos do desenvolvimento sustentável; se a instituição possui uma política integrada e sustentável para as instalações e áreas verdes em toda sua extensão e se todas as atividades ligadas ao meio ambiente fazem parte de um Sistema Integrado de Gestão Ambiental. Já o GRI integra a biodiversidade com a gestão da água (verificando o valor da biodiversidade em áreas impactadas pela retirada de água ou afetados pela descarga de efluentes) e o impacto das atividades da instituição nas áreas protegidas ou de grande valor de biodiversidade.

Em se tratando do tema das áreas verdes em campus universitário, a iniciativa que menos profundamente o aborda é o UI *GreenMetric World University Ranking*, uma iniciativa da Universidade da Indonésia, lançado em 2010, cujo objetivo é mostrar a atual condição e as políticas relacionadas à sustentabilidade em universidades de todo o mundo. Observa-se que os únicos dois indicadores de áreas verdes possuem o objetivo de indicar a extensão, em m², dessas áreas dentro do campus. Considerando a referida plataforma como uma referência atual para a avaliação de sustentabilidade em universidades, seria enriquecedor incluir, dentre os indicadores selecionados, elementos que retratem não apenas a extensão de áreas verdes da instituição, mas também sua gestão, elemento fundamental para manter áreas verdes de qualidade ambiental e social.

A avaliação de sustentabilidade voltada às universidades deve envolver indicadores que abranjam todo o seu sistema: a) Educação, b) Pesquisa, c) Operações, d) Alcance comunitário (Cortese, 2003). O que se percebe é que todas as iniciativas apresentadas abordam as operações do campus, a educação e a pesquisa ligada à questão da sustentabilidade. Em relação ao alcance comunitário, nem todas as iniciativas identificadas abordam a questão, embora a maioria o faça.

Nesse sentido, Krasny & Delia (2014) afirmam que os sistemas de classificação de universidades sustentáveis geralmente dão pouca ênfase ao engajamento de estudantes na gestão de áreas naturais do campus ou à conexão dos estudantes com a natureza.

Há um número crescente de evidências de que o contato com a natureza é importante para o desenvolvimento humano saudável (Louv, 2006) e podem direcionar as atitudes e comportamentos em relação ao meio ambiente (Nisbet *et al.*, 2009). Atividades que permitam ao estudante passar mais tempo em contato com a natureza e se envolver com atividades de gestão de áreas naturais podem auxiliar no engajamento em iniciativas de sustentabilidade do campus, como a redução do consumo (Krasny & Delia, 2014). O envolvimento de pessoas em atividades de recuperação e manutenção de áreas verdes urbanas estimula uma maior conexão com áreas naturais e maior pertencimento (Austin & Kaplan, 2003).

Embora existam indicadores que abordem a questão do engajamento comunitário de estudantes (e também funcionários e outros usuários) - o que envolve, por exemplo, a existência de programas de sustentabilidade no campus que envolvam os usuários (ex. programa de horticultura urbana no campus), estes indicadores aparecem de forma generalizada, cabendo em seu escopo todas as iniciativas ligadas ao engajamento comunitário.

Assim, considera-se importante que as iniciativas de avaliação de sustentabilidade em campus universitário incorporem, de alguma forma, a questão do envolvimento dos estudantes (e outros usuários) em atividades de gestão das áreas verdes em campus universitário.

Panorama das IES em relação à gestão de áreas verdes a partir das iniciativas de avaliação de sustentabilidade identificadas

A plataforma *UI GreenMetric World University Ranking* divulga anualmente, desde 2010, a classificação de universidades de todo o mundo em relação às suas práticas de sustentabilidade. Embora tenham sido identificados dois indicadores diretamente relacionados a áreas verdes, as informações disponíveis no ranking não permitem verificar a pontuação detalhada de cada universidade neste tema. Isso ocorre pois a pontuação é divulgada a partir da soma dos indicadores inseridos em cada um dos seis critérios estabelecidos: Ambiente e Infraestrutura, Energia e Mudanças Climáticas, Resíduos, Água, Transportes e Educação. Os dois indicadores mencionados estão inseridos no primeiro critério.

Não foram encontrados relatórios que proporcionem um panorama da sustentabilidade em IES a partir das iniciativas *Assessment Instrument for Sustainability in Higher Education* – ASHE e *Unit-based Sustainability Assessment Tool* (USAT) e *Global Reporting Initiative* (GRI) (GRI, n.d.) / *Graphical Assessment of Sustainability in Universities* (GASU) (Lozano, 2006).

Já o *Sustainability Assessment Questionnaire - Association of University Leaders for a Sustainable Future* (ULSF, 2009), que se refere a um questionário qualitativo criado para funcionar como uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade de faculdades e universidades, não possui nenhum sistema de pontuação ou ranking, o que, segundo a ULSF, daria um caráter quantitativo ao instrumento. O objetivo do exercício avaliativo é proporcionar uma definição compreensiva da sustentabilidade.

A iniciativa “*National Report Card on Environmental Performance and Sustainability in Higher Education*”, criada pelo Federação Nacional da Vida Selvagem (*National Wildlife Federation*), em seu segundo relatório, de 2008, apresenta os achados de uma pesquisa abrangente acerca da sustentabilidade em universidades dos Estados Unidos. Este estudo inclui o comparativo entre as instituições no tema áreas verdes, por indicador, conforme a descrição já apresentada no quadro 1 (figura 1).

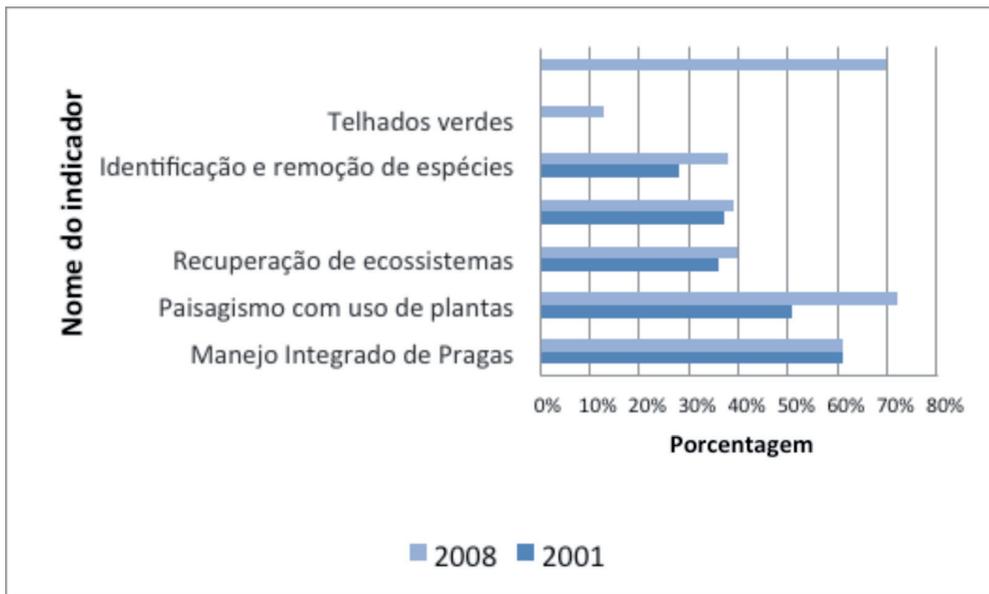


Figura 1. Porcentagem de faculdades e universidades por indicador de área verde para os anos de 2001 e 2008.

Fonte: Elaboração própria a partir de National Wildlife Federation (McIntosh *et al.*, 2008).

As faculdades e universidades avaliadas pelo relatório têm mantido seus programas de gestão da paisagem e do solo em um nível constante, tendo havido um crescimento, desde 2001, em duas áreas: paisagismo com plantas nativas e identificação ou remoção de espécies invasoras. Além disso, as instituições afirmam que têm a intenção de avançar nesse tema, dentro dos próximos anos. Não houve aumento no número de universidades que fazem manejo integrado de pragas. Recuperação de ecossistemas e existência de programas para atração da vida selvagem apresentaram um aumento menos expressivo. Embora apenas 13% das instituições tenham telhados verdes no campus, 28% têm a intenção de desenvolver iniciativas neste sentido. Quanto à existência de áreas naturais no campus, cerca de 70% das instituições possuem, pelo menos, alguma porcentagem dessas áreas.

Outra iniciativa que também apresenta dados concretos acerca do desempenho das universidades em relação à sustentabilidade é a *Sustainability Tracking Assessment & Rating System* (STARS) (AASHE, 2012), criada pela Associação para o Avanço da Sustentabilidade na Educação Superior (AASHE, na sigla em inglês, tradução livre). Embora, na seção anterior, tenham sido elencados apenas dois indicadores de áreas verdes – isso ocorreu pois estes indicadores referem-se à versão mais atual da plataforma (2.0) – nas versões anteriores (1.0 e 1.2) o STARS envolve seis indicadores relacionados às áreas verdes: remoção de gelo e neve, compostagem de resíduos vegetais, *Tree Campus USA*, habitat para vida selvagem, plantas nativas e manejo integrado de pragas. O indicador *Tree Campus USA* só se aplica às instituições dos Estados Unidos e refere-se ao programa de mesmo nome, criado em 2008 pela *Arbor Day Foundation*, em parceria com a

empresa Toyota, visando incentivar a adoção de práticas de gestão de arborização em campus universitário.

O STARS realizou um levantamento para verificar qual a pontuação média obtida pelo total de faculdades e universidades para cada indicador, calculando em seguida a porcentagem da pontuação média alcançada pelo total de instituições em relação à pontuação máxima para cada indicador de áreas verdes (figura 2). Observa-se que as universidades alcançaram acima de 80% da pontuação máxima para os indicadores de plantas nativas, habitat para vida selvagem e compostagem de resíduos vegetais, o que indica um ótimo desempenho das instituições nesses quesitos. Em relação ao manejo integrado de pragas (69%) e à remoção de gelo e neve (73%) o desempenho foi mediano. Já com relação ao indicador referente ao programa *Tree Campus USA*, a média de pontuação alcançada em relação à pontuação máxima foi de 23% apenas, o que reflete não um baixo desempenho, mas sim à não adesão de muitas universidades e faculdades americanas ao programa.

Cabe salientar que, embora a plataforma AASHE seja internacional e, desta maneira, permita a adesão de universidades de todo o mundo, a maior parte das que aderem à iniciativa são universidades provenientes da América do Norte. Assim, os resultados encontrados em termos de práticas de gestão de áreas verdes se circunscrevem principalmente à realidade norte-americana, que sabe-se ser muito diferente da realidade de países do hemisfério sul.

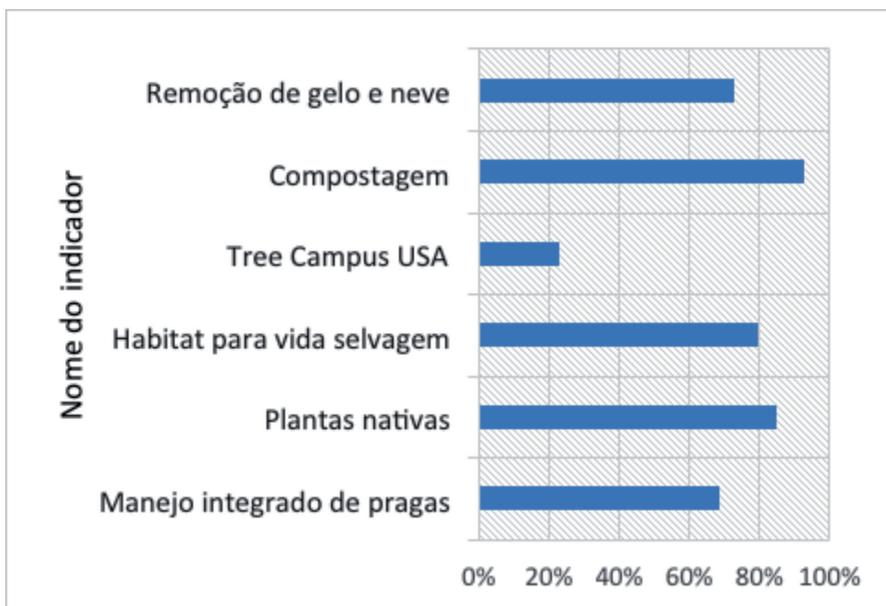


Figura 2. Porcentagem da pontuação média alcançada pelo total de instituições em relação à pontuação máxima para cada indicador de áreas verdes, 2013.

Fonte: Elaboração própria com base em STARS/ASSHE (2013).

Embora o Programa *Tree Campus USA* pareça ter pouca adesão de diversas universidades envolvidas com a plataforma STARS, sua atuação tem incentivado a adoção de práticas de gestão de arborização em campus universitário, através do reconhecimento das instituições de ensino superior que efetivamente: façam o manejo de suas árvores; desenvolvam ações que permitam a conectividade da floresta urbana do campus com as áreas do entorno e empenhem-se em engajar os estudantes por meio de oportunidades de serviço de aprendizagem ligados à gestão da arborização (ARBOR DAY FOUNDATION, 2015).

Embora o Programa se restrinja apenas às faculdades e universidades dos Estados Unidos, seu escopo pode servir como guia ou modelo para a adoção de práticas semelhantes em outras partes do mundo, visto que o reconhecimento das instituições se condiciona ao cumprimento de cinco critérios básicos, desenvolvidos com o intuito de promover uma arborização saudável e o envolvimento dos estudantes.

Ao se analisar o desempenho do *Tree Campus USA* desde o ano de sua criação, em 2008 a 2014, verifica-se que houve uma grande adesão de faculdades e universidades norte-americanas ao programa. O programa passou de 29 instituições em 2008 para 192 em 2014 (figura 3).

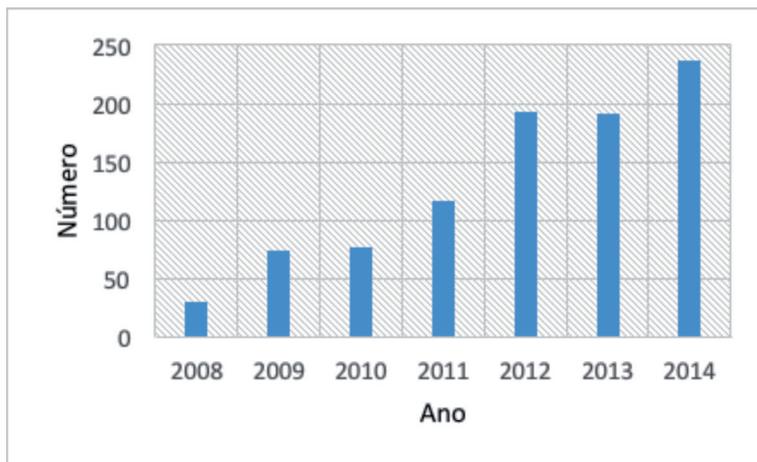


Figura 3. Número de faculdades e universidades reconhecidas pelo *Tree Campus USA*.

Fonte: Elaboração própria com base em dados da Arbor Day Foundation.

O reconhecimento de faculdades e universidades pelo *Tree Campus USA* parece estar incentivando o plantio de árvores em campi universitário no país, auxiliando no aumento do investimento total (em milhões de dólares) e do número de estudantes envolvidos em práticas de arborização nas faculdades e universidades reconhecidas pelo *Tree Campus USA* (figuras 4a, 4b e 4c).

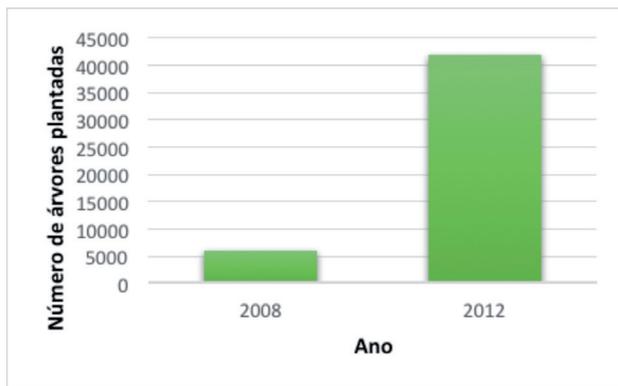


Figura 4a. Número total de árvores plantadas nas faculdades e universidades reconhecidas pelo Tree Campus USA. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Arbor Day Foundation (2015).

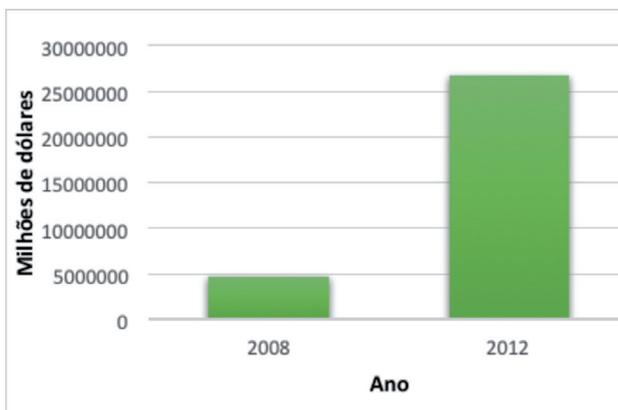


Figura 4b. Investimento total (em milhões de dólares) nas faculdades e universidades reconhecidas pelo Tree Campus USA. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Arbor Day Foundation (2015).

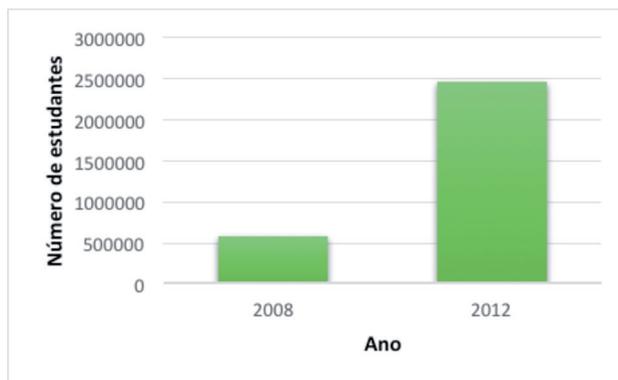


Figura 4c. Número de estudantes envolvidos em práticas de arborização nas faculdades e universidades reconhecidas pelo Tree Campus USA. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Arbor Day Foundation (2015).

O número total de árvores plantadas por estas instituições passou de 5867, em 2008, para 41808, em 2014. Novas pesquisas poderiam investigar a evolução do número de plantios em cada universidade ao longo do tempo, antes e após seu reconhecimento pelo programa. Esta análise poderia elucidar a influência que a adesão ao *Tree Campus USA* pode ter tido no aumento do número de árvores plantadas. Quando se analisa o investimento, em milhões de dólares, feito pelas faculdades e universidades no que concerne aos seus programas de arborização do campus, percebe-se um aumento expressivo de cerca de 4,8 milhões em 2008 para cerca de 27 milhões em 2014. Seria interessante analisar se esse aumento se deu apenas em função da adesão progressiva de instituições ao programa no período analisado, ou se também ocorreu por aumento do investimento anual de cada uma dessas universidades em programas de arborização. O envolvimento de estudantes em práticas de arborização em campus universitário é um dos pilares considerados pelo *Tree Campus USA* ao reconhecer faculdades e universidades por seus programas. Nesse sentido, o número de estudantes envolvidos em práticas de arborização nas instituições reconhecidas aumentou de cerca de 583 mil, em 2008, para mais de 2,4 milhões em 2014.

O Programa *Tree Campus USA* parece demonstrar uma tendência na inclusão de alunos e outros usuários em práticas de gestão de áreas verdes, o que pode ser corroborado por estudos como o de Krasny & Delia (2014), que defendem uma maior ênfase no envolvimento de estudantes em atividades ligadas à natureza, no âmbito dos esforços pela sustentabilidade em universidades e pela publicação da AASHE: “How-to-Guide: Promoting Sustainable Campus Landscapes” que afirma que a paisagem de um campus sustentável estimula o aprendizado e contribui com a saúde mental e física (Walton & Sweeney, 2013).

Esse cenário reforça a ideia de que seria importante que as iniciativas de avaliação de sustentabilidades em IES refletissem com maior profundidade as práticas que têm sido aplicadas em muitas universidades nesse sentido.

Conclusões

Há muitos anos, vários países vêm encontrando-se para discutirem as mudanças globais, entre estas, as mudanças climáticas. As cidades sofrem e sofrerão mais com o aumento das temperaturas projetadas, com a formação de ilhas de calor e eventos extremos. As universidades têm a importante missão de preparar pessoas para o mundo atual e futuro, além de serem exemplo de melhores práticas.

A identificação dos indicadores e critérios relacionados à gestão de áreas verdes em IES permitiu verificar que as diferentes iniciativas de avaliação de sustentabilidade em campus universitário abordam o tema, ainda que de forma incipiente ou limitada. Por outro lado, algumas tratam a questão de forma sistêmica e integrada a outros elementos da gestão. A análise de alguns dados e relatórios dessas iniciativas mostra que boa parte das instituições realiza atividades como o manejo integrado de pragas e o plantio de espécies nativas no campus.

O envolvimento comunitário de estudantes e outros usuários na gestão de áreas

verdes não aparece explicitamente entre os indicadores propostos pelas iniciativas de avaliação de sustentabilidade, embora o engajamento comunitário seja abordado em muitas destas, ainda que genericamente. Estudos e iniciativas como o Programa *Tree Campus USA* demonstram a tendência em se envolver os estudantes na gestão do verde, o que pode trazer inúmeros benefícios aos usuários.

Portanto, além da importância de uma gestão adequada das áreas verdes no campus, visando a promoção de um ambiente mais saudável e equilibrado, que promova a biodiversidade e a conexão com o entorno, também é fundamental envolver os estudantes na gestão dessas áreas, não apenas para permitir que se integrem ao ambiente natural onde convivem, mas também para estimular o desenvolvimento de uma consciência ecológica e a capacitação, quando houver interesse, em práticas de arborização e manejo dessas áreas.

Sugere-se, desta forma, que as práticas de gestão de áreas verdes em campus universitário devam ocorrer por meio de duas perspectivas: a da própria realidade do campus e de sua gestão interna e a da comunidade a que pertence o campus, tanto em termos de sua integração direta (por meio de atividades que envolvam a comunidade do entorno ou de um planejamento da floresta urbana da região, por exemplo), quanto da perspectiva do papel educativo e inovador da universidade, visando a formação de profissionais habilitados para levar para a comunidade as práticas inovadoras aplicadas dentro do campus.

Agradecimentos

Autores apoiados por CAPES, CNPq e Fapesp.

Referências bibliográficas

- Alshuwaikhat, Habib M.; Abubakar, Ismaila. (2008). An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1777 a 1785.
- Arbor Day Foundation. Tree Campus USA, 2015. Acessado em 15 de janeiro de 2015, de <http://www.arborday.org/programs/treecampususa/index.cfm>.
- AASHE (2012). STARS Technical Manual. AASHE, Lexington KY, USA.
- AASHE (2013). STARS Dashboard,. Acessado em 17 de janeiro de 2015, de <https://stars.aashe.org/institutions/data-displays/pie-chart-visualization/>.
- Austin, M. E., Kaplan, R. (2003). Identity, involvement, and expertise in the inner city: some benefits of tree-planting projects. In Clayton, S., Opatow, S. (Eds.). *Identity and the Natural Environment: the Psychological Significance of Nature* (pp. 205-225). Cambridge: The MIT Press.
- Bardin, L. (1977). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bolund, P.; Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29, 293-301.
- Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future – The World Commission on Environment and Development*. Oxford University, Oxford University Press.

- Cortese, A. D. (2003). The critical role of higher education in creating a sustainable future. *Planning for Higher Education*, 31(3), 15-22.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas.
- Kim, J.; Kaplan, R. (2004). Physical and psychological factors in sense of community – New Urbanist Kentlands and Nearby Orchard Village. *Environmental Behavior*, 36, 313-340.
- Krasny, M. E.; Delia, J. (2014). Natural area stewardship as part of campus sustainability. *Journal of Cleaner Production*. In press.
- Kuo, F. E.; Sullivan, W. C. (2001). Aggression and violence in the inner city – Effects of environment via mental fatigue. *Environmental Behavior*, 33, 543-571.
- Louv, R. (2006). *Last Child in the Woods: Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder*. New York City, NY, USA: Algonquin Books.
- Lozano, R. (2006). A tool for a Graphical Assessment of Sustainability in Universities (GASU). *Journal of Cleaner Production*, 14, 963-972.
- Mcintosh, M. et al. (2008). Campus Environment 2008. A National Report Card on Sustainability in Higher Education. National Wildlife Federation. Acessado em 5 de dezembro de 2015, de <https://www.nwf.org/pdf/Reports/CampusReport82008Finalowres.pdf>
- Monteiro, A. (2002). Importância dos espaços verdes para a promoção do Conforto Bioclimático e da Qualidade do Ar na cidade do Porto. Disponível em: <http://web.letras.up.pt/anamt/>. Acesso em: 24 dez. 2012.
- Nisbet, E. K., Zelenski, J. M., Murphy, S. A. (2009). The nature relatedness scale: linking individuals' connection with nature to environmental concern and behavior. *Environ. Behavior*, 41, 715-740.
- Nowak, D. J.; Dwyer, J. F. (2007). Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In Kuser, J. E. *Urban and community forestry in the Northeast* (pp. 25-46). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Pikora, T.; Giles-Corti, B.; Bull, F.; Jamrozik, K.; Donovan, R. (2003). Developing a framework for assessment of the environment determinants of walking and cycling. *Social Science and Medicine*, 56, 1693-1703.
- Roorda, N.; Rammel, C.; Waara, S.; Paleo, U. F. (2009). Assessment Instrument for Sustainability in Higher Education, 2.0 Manual, 2nd draft. AISHE, Tilburg, The Netherlands, p. 63.
- Santana, P.; Nogueira, H.; Santos, R.; Costa, C. (2007). Avaliação da qualidade ambiental dos espaços verdes urbanos no bem-estar e na saúde. In Santana, P. (coord.). *A Cidade e a Saúde*. Coimbra: Almedina.
- Sayago, D., Pinto, M. O. (2005). Plano diretor: instrumento de política urbana e gestão ambiental. In: Anais VI Encontro Nacional de Economia Ecológica. Brasília.
- Shriberg, M. (2000). Sustainability management in campus housing: a case study at the University of Michigan. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 01(2), 137-153.
- Tauchen, J.; Brandli, L. L. (2006). A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. *Gestão e Produção*, 13(3), 503-515.
- Taylor, A. E.; Kuo, F. E., Sullivan, W. C. (2001). Coping with ADD. The surprising connection to green play settings. *Environment and Behavior*, 33(1), 54-77.
- Togo, M.; Lotz-Sisitka, H. (2009). Unit Based Sustainability Assessment Tool. A Resource Book to Complement the UNEP Mainstreaming Environment and Sustainability in African Universities Partnership. Howick, Share-Net, Howick, South Africa, 45 p.
- UI Greenmetric World Univeristy Ranking. Criteria and indicador, 2011. Acessado em 10 de dezembro de 2015, de <http://greenmetric.ui.ac.id/>.

Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224, 420-421.

ULSF (2009). Sustainability Assessment Questionnaire. Wayland MA, USA.

Walton, J.; Sweeney, M. (2013). *How-to-Guide: Promoting Sustainable Campus Landscapes*. AASHE, Denver CO, USA.

DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS: CASO DE ESTUDIO DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

DEVELOPMENT OF AN INTEGRAL MANAGEMENT SYSTEM FOR HAZARDOUS WASTE:
CASE STUDY OF THE UNIVERSITY OF CONCEPCIÓN

Daniela Concha¹, Carla Pérez¹, Carolina Llanos¹, Fernando Márquez²

¹ Unidad de Desarrollo Tecnológico, Universidad de Concepción, Coronel, Chile.

² Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
d.concha@udt.cl (D. Concha), c.perez@udt.cl (C. Pérez), c.llanosf@udt.cl (C. Llanos), fmarquez@udec.cl (F. Márquez)

Resumen: Dentro de los esfuerzos de las universidades para promover la sustentabilidad de sus espacios, se encuentra el monitoreo de diversos aspectos ambientales, tales como la generación de residuos sólidos, residuos peligrosos, emisiones atmosféricas, entre otros. Este monitoreo se realiza principalmente a través de sistemas de gestión ambiental, donde la gestión de residuos peligrosos es un componente fundamental. Varios desafíos se asocian a la gestión de residuos peligrosos en el contexto universitario. Este trabajo los analiza a través de un caso de estudio de la Universidad de Concepción, en el cual se revelan los factores clave y aspectos críticos que han permitido el desarrollo de un programa de gestión de residuos peligrosos. Se utilizaron entrevistas, una encuesta y documentos de archivo como fuentes múltiples de evidencia para comprender las cuatro etapas de desarrollo del programa: fase piloto, implementación, revisión y actualización, y mantenimiento. La progresión de este proceso fue facilitada por tres factores principales: (i) apoyo institucional y económico, (ii) comunicación y capacitación continua, y (iii) el trabajo colaborativo entre el personal del programa y los coordinadores y asistentes de cada facultad y centro. La interacción de estos tres factores le permitió al programa alcanzar los tres elementos reportados en la literatura para un sistema integral de gestión de residuos sólidos: (i) infraestructura apropiada, (ii) servicio confiable, y (iii) estrategias para cambios de actitud.

Palabras clave: Campus sustentable, gestión de residuos peligrosos, residuos peligrosos.

Abstract: Among the efforts made by universities to promote sustainability in their campus are the monitoring of different environmental aspects such as solid waste and hazardous waste generation, emissions into the air and water, among others. This monitoring is commonly made through environmental management systems. Hazardous waste management (HWM) programs are a fundamental component of such environmental management systems. There are several challenges associated with HWM in an educational setting. This paper analyzes them through a case study of the University of Concepción, by unraveling key factors and critical aspects that have allowed the development of this program. Interviews, a survey, and documents were used as multiple sources of evidence for the existence of its four development phases: pilot phase, implementation, revision and update, and maintenance. The progression of this process was facilitated by three main factors: (i) institutional and economic support, (ii) continuous training and communication, and (iii) collaborative work among the program's staff and faculty coordinators and their assistants. The interaction of these three factors allowed the program to achieve the three reported elements for a comprehensive solid waste management program: (i) appropriate infrastructure, (ii) reliable service, and (iii) behavior change strategies.

Keywords: Hazardous waste; hazardous waste management; sustainable campus.

Introducción

LA GESTIÓN de residuos peligrosos es un aspecto clave a considerar para el desarrollo sustentable debido a su impacto directo en la salud de las personas y en los ecosistemas. Una gestión responsable de residuos peligrosos incluye la prevención de la generación y minimización, reutilización, reciclaje, tratamiento y recuperación, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos peligrosos (UNCED, 1992). Las universidades comprometidas con la sustentabilidad de sus actividades han incorporado la gestión de residuos peligrosos usualmente a través de sistemas de gestión ambiental (Clarke y Kouri, 2009).

Las universidades tienen un rol significativo en la sociedad debido a que educan a las nuevas generaciones de ciudadanos responsables y tomadores de decisión (Chambers, 2009). Además, su infraestructura y operaciones son comparables a las de una ciudad de tamaño bajo-medio, impactando al medio ambiente de manera directa e indirecta (Alshuwaikhat y Abubakar, 2008). Por esta razón, las universidades están en constante presión en ser un punto de referencia en cuanto a sustentabilidad (Disterheft, 2012). Tomando este desafío, es que algunas universidades han implementado sistemas de gestión ambiental (SGA) para poder operativizar su compromiso hacia la sustentabilidad y responsabilidad ambiental (Clarke y Kouri, 2009). En este contexto, la gestión de residuos peligrosos es un componente esencial de los SGA en las universidades.

La gestión de los residuos peligrosos en las universidades es un proceso complejo en comparación a la industria, pues se genera una gran cantidad de residuos peligrosos en pequeñas cantidades, hay una alta rotación de estudiantes y personal de laboratorio (Izzo, 2000), y la organización descentralizada de las universidades hace que los esfuerzos en lograr credibilidad y autoridad ante estudiantes, personal y profesores, deban ser aún mayores (Izzo, 2000; Mooney, 2004). Por estas razones, las universidades se han enfocado en los elementos menos importantes de la gestión de residuos peligrosos (i.e., recolección y transporte), y desafortunadamente, las actividades y estrategias en la cima de la jerarquía de los residuos (i.e., reducción de la generación) usualmente no son una prioridad (Mooney, 2004; Hanna, 2013). Con esta cantidad de desafíos, es usualmente difícil comprender los aspectos claves de una adecuada gestión de residuos peligrosos en el contexto universitario.

Esta investigación reporta los resultados de un caso de estudio de 10 años de un sistema de gestión de residuos peligrosos en la Universidad de Concepción, identificando los factores clave y pasos críticos en su desarrollo. En primer lugar, se entrega información general sobre el programa de gestión, seguido de la metodología usada. Los resultados son presentados de manera de describir el desarrollo del sistema, junto con resultados sobre generación de residuos peligrosos y estrategias de minimización. Luego, se identifican los principales obstáculos y factores clave que han contribuido al desarrollo del sistema. Finalmente, se discute sobre los desafíos y futuras direcciones del sistema.

Contexto

El programa de gestión de residuos peligrosos de la Universidad de Concepción (de ahora en adelante “el programa”) fue establecido el año 2004 para cumplir con la le-

gislación de manejo de residuos peligrosos. Durante los primeros años el enfoque del programa fue el manejo de residuos químicos. En los años posteriores se incluyeron residuos biológicos (infecciosos y no-infecciosos o bio-inertes), radiactivos, electrónicos (contaminados y no contaminados con sustancias peligrosas), peligrosos de oficina (pilas, baterías, cartridge y tóner), y además residuos inertes propios de la actividad de laboratorios como guantes, puntas de pipeta y vidrios. El programa emplea a 9 personas y es coordinado por un profesor de la Facultad de Ingeniería Química. Además, cada facultad o centro que genera residuos peligrosos cuenta con cuerpo de coordinación, compuesto de un coordinador y un ayudante, que facilita la comunicación entre el programa y los generadores de residuos en cada facultad o centro (Figura 1). La principal diferencia entre este programa y otros alrededor del mundo, es que la gestión completa de los residuos hasta su disposición final es hecha con medios propios de la Universidad, sin externalizar ningún tipo de servicio.

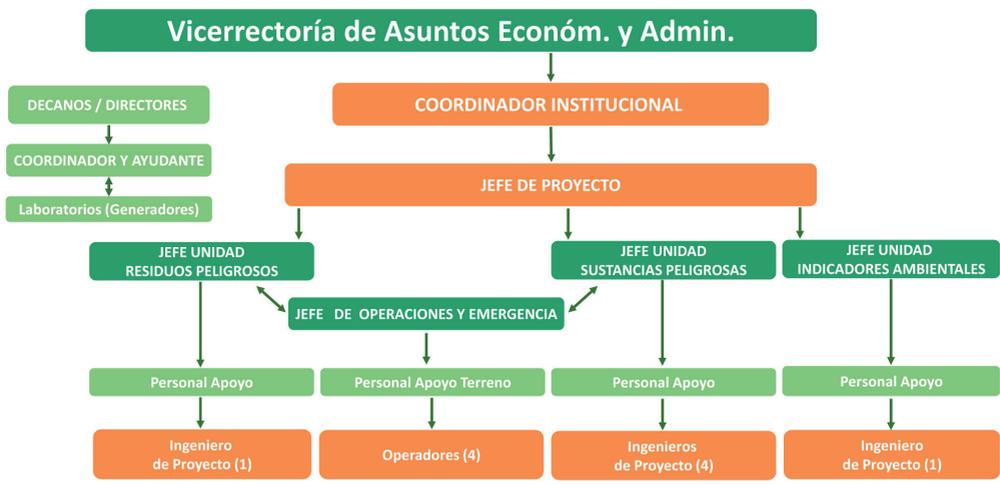


Figura 1. Estructura organizacional del programa de gestión de residuos peligrosos de la Universidad de Concepción.

Metodología

Los métodos de recolección de datos usados en esta investigación se basan en una exploración de archivos, reportes de la Universidad públicos y privados, sitios web y literatura. El caso de estudio se complementó con un set de entrevistas y una encuesta. Un total de 15 personas fueron entrevistadas, incluyendo a antiguos jefes de gestión, coordinadores y ayudantes. Se realizaron entrevistas de preguntas abiertas que buscaron conocer las impresiones y puntos de vista sobre el progreso del programa, sus logros y deficiencias. El criterio para seleccionar a los entrevistados fue el número de años involucrados en el programa, y también su interés y experiencia directa en él. Las entrevistas fueron transcritas y codificadas en temas.

La encuesta fue específica para los jefes o encargados de laboratorio y fue completada por 122 personas durante auditorías a los laboratorios. Las preguntas fueron diseñadas de manera de obtener la evaluación del servicio entregado por el programa, su conocimiento sobre la gestión de residuos peligrosos, y sus necesidades de capacitación. Las respuestas fueron indicadas por medio de casillas con espacio para comentarios escritos. Todas las preferencias fueron luego listadas y analizadas de acuerdo a su frecuencia de distribución.

Resultados

1. Caso de estudio: Programa de gestión de residuos peligrosos en la UdeC

El programa se ha desarrollado en los últimos 10 años en 3 etapas distinguibles (Figura 2), más una primera etapa que no está conectada temporalmente a las siguientes tres, pero que representó el punto de partida para el desarrollo del programa. La Fase II fue intensamente dedicada a la implementación del programa en la Universidad completa y la mayoría de las actividades se desarrollaron en esta etapa. Las fases subsecuentes se caracterizan por la revisión, actualización y ampliación del alcance e infraestructura del programa.



Figura 2. Fases de desarrollo del programa de gestión de residuos peligrosos de la Universidad de Concepción.

1.1. Fase I: Proyecto piloto (1997 - 1998)

En esta etapa se desarrolló un programa piloto que incorporaba tres facultades de la Universidad. El desafío de esta etapa fue implementar medidas de manejo de residuos que hasta ese momento dependían exclusivamente de los encargados del laboratorio. En algunos casos no existía ningún manejo responsable y los residuos eran descargados por la alcantarilla o través de los residuos domiciliarios. En otros casos, cuando los residuos eran almacenados, no siempre se velaba por la seguridad del lugar ni de las

personas. El proyecto, por tanto, incluía la designación de áreas de almacenamiento de residuos peligrosos, un sistema de etiquetado, y la cuantificación y caracterización de los residuos peligrosos generados por los laboratorios participantes del proyecto. El mayor logro del proyecto fue la disposición final de alrededor de 6 toneladas de residuos peligrosos almacenados por décadas en condiciones poco óptimas en distintos lugares de la Universidad. Otro producto de este proyecto fue la primera versión de lo que sería el reglamento interno de manejo de residuos peligrosos de la Universidad.

1.2. Fase II: Implementación (2004 - 2008)

A pesar de los logros en la Fase I, el programa no escaló hasta 6 años más tarde. El principal gatillante de la implementación del programa fue la entrada en vigencia de la legislación sobre manejo de residuos peligrosos, D.S. 148/03 “Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos” (MINSAL, 2004). Esta legislación establece que todas las entidades que generan sobre 12 toneladas de residuos peligrosos al año, o 12 kg de residuos tóxicos al año, deben implementar un Plan de Manejo con todos los procedimientos que garanticen un manejo óptimo de los residuos. En esta misma época la autoridad sanitaria responsable del cumplimiento de la legislación hizo una serie de inspecciones dentro de la Universidad con observaciones y requisitos. A raíz de esto, las autoridades de la Universidad decidieron comprometer recursos para implementar el programa, lo que permitió contratar personal, construir infraestructura para el almacenamiento de residuos, y adquirir un vehículo para su transporte. Asimismo, se dio la instrucción de que cada facultad y centro que fuera incorporado al Plan de Manejo debía nombrar a un coordinador y un ayudante para apoyar la implementación del programa. Durante el año 2005 el Consejo Académico de la Universidad visó el reglamento interno de manejo de residuos peligrosos.

La implementación del programa a nivel de laboratorio consistió en la designación de áreas de almacenamiento temporal de residuos peligrosos, entrega de contenedores para el almacenamiento junto con etiquetas de clase de peligrosidad e identificación. El retiro de los residuos hasta las bodegas de almacenamiento dentro de la Universidad se implementó de manera calendarizada en cada una de las facultades. Luego, el año 2007 se implementó una plataforma web para mantener los registros de generación mensual y anual de residuos peligrosos por tipo de residuo y generador (facultad o centro).

Un componente significativo del programa fue la capacitación al personal y la difusión de información. Durante el primer año se dictó un curso intensivo de 12 horas a los decanos, coordinadores y sus ayudantes, de todas las facultades involucradas. La mayoría del personal de laboratorio también fue capacitado en sesiones de 24 horas. En total, participaron alrededor de 300 personas. Como métodos de difusión de información se lanzó una completa página web, y se distribuyeron posters informativos en todos los laboratorios.

1.3. Fase III: Revisión y actualización (2009-2010)

Durante este periodo se realizó una primera auditoría del cumplimiento del manejo de residuos peligrosos en los laboratorios de la Universidad. Los resultados de esta evaluación mostraron que el 90% de los laboratorios cumplían con los requerimientos del

programa. El 10% restante no cumplía con las exigencias en cuanto a áreas de almacenamiento temporal de residuos peligrosos, identificación y etiquetado de contenedores o uso indebido de contenedores. Adicionalmente, durante este periodo se envió una revisión y actualización del Plan de Manejo exigido por la autoridad sanitaria, conteniendo las nuevas modificaciones del programa, como nuevos tipos de residuos, nuevos procedimientos y facultades.

Durante el año 2010 un terremoto de magnitud 8.8 (en la escala sismológica de magnitud de momento) afectó severamente la infraestructura de la Universidad e impidió su normal funcionamiento por alrededor de 6 meses. La mayoría de los laboratorios se vieron afectados por derrames de reactivos y equipos dañados. Previo a este evento, el programa había adquirido equipamiento para emergencias químicas, tales como equipos de respiración autónoma, trajes protectores y equipos de monitoreo. Este equipo fue luego utilizado para revisar las condiciones atmosféricas dentro de los laboratorios y detectar posibles fugas. Así, el terremoto e incendio demostraron la urgencia de reforzar los equipos de emergencia del programa.

1.4. Fase IV: Mantención (2011-2014)

El año 2010 entró en vigencia una nueva normativa sobre almacenamiento de sustancias peligrosas, D.S. 78/09 “Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas” (MINSAL, 2010). Producto de esto, un nuevo programa de gestión de sustancias peligrosas fue creado y anexado bajo la misma administración del programa de gestión de residuos peligrosos. Su implementación también significó la elaboración de un plan de emergencia, reforzando los esfuerzos hechos tras el terremoto. Durante el mismo año, un programa previo de información ambiental e indicadores también fue anexado a la administración del programa de residuos peligrosos.

Durante este periodo hubo un aumento de la demanda de recolección de residuos, presumiblemente por el aumento de la conciencia ambiental de los generadores, pero también debido a que aumentó el número de facultades y centros participantes del programa (de 15 a 28). Por esta razón fue necesario reforzar el sistema de gestión en varios aspectos. La planificación anual y el control de gastos fueron mejorados, así como el registro de información administrativa. La información recogida a través de la plataforma también fue analizada y utilizada para hacer cambios y optimizaciones en el programa. Por ejemplo, tras analizar las tasas de generación de residuos biológicos y sus costos de tratamiento, se investigó una tecnología alternativa que resultó en el diseño y construcción de una planta de hidrólisis alcalina.

2. Generación de residuos peligrosos

La generación de residuos peligrosos ha aumentado a través del tiempo, desde 36.8 toneladas durante el año 2006 a 66.4 toneladas el año 2014 (excluyendo los residuos inertes) (Figura 3). Llevado esto a un indicador de generación de residuos peligrosos, ésta ha aumentado desde 1.8 a 2.8 kg/alumno/año (Tabla 1). El aumento se debe principalmente a que el programa ha ido incorporando nuevos residuos a su plan de manejo, notándose un incremento significativo en la recolección de residuos de artículos eléctricos y electrónicos (RAEE) a partir del año 2012 (Figura 3). El residuo dominante

es el de tipo químico, que se compone de residuos tóxicos (40%), inflamables (27%), corrosivos (23%) y reactivos (10%). En total, se produjeron 44.8 toneladas de residuos químicos durante el año 2014. En el caso de los residuos inertes, éstos no clasifican como peligrosos, sin embargo están incorporados al programa para evitar que material potencialmente contaminado sea manipulado por personal del laboratorio o personal de los servicios de aseo. Los RAEE también pueden ser considerados residuos no peligrosos, sin embargo se incorporaron al programa de manera de facilitar el reciclaje de componentes de valor, como metales. Así, durante los últimos tres años, se ha logrado reciclar un total de 36 toneladas de RAEE, que en caso contrario hubiesen sido dispuestos en un relleno sanitario.

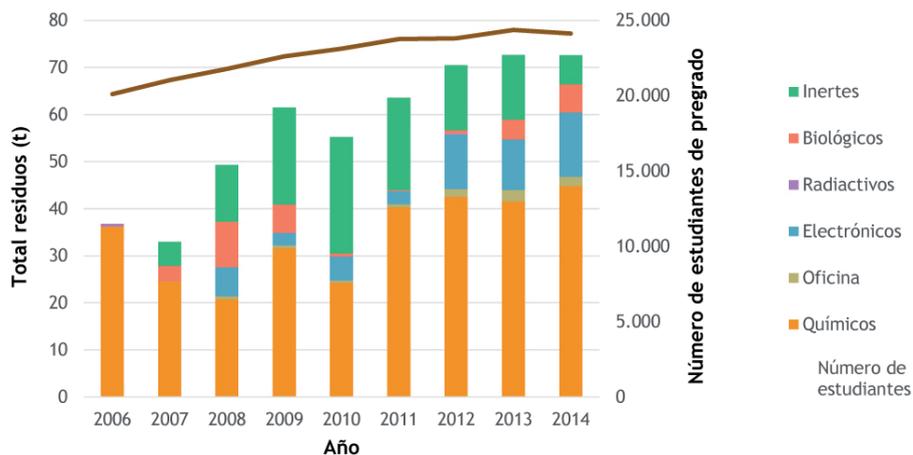


Figura 3. Generación histórica de residuos peligrosos en la Universidad de Concepción.

Tabla 1. Evolución de indicador de generación de residuos peligrosos en la Universidad de Concepción.

Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Indicador (kg/alumno/año)	1,8	1,3	1,7	1,8	1,3	1,9	2,4	2,4	2,8

3. Minimización de residuos peligrosos

La implementación del programa incluyó en sus inicios esfuerzos para promover el tratamiento de residuos peligrosos, utilizando técnicas como neutralización ácido-base, precipitación y destilación. También se implementó un sistema piloto de intercambio de reactivos. Este tipo de iniciativas, principalmente de tratamiento de residuos, ha resultado exitosa a pequeña escala (Sales *et al.*, 2006). Desafortunadamente, la variedad y cantidad de residuos peligrosos recolectados por el programa, junto con los altos costos del tratamiento, hizo que esta estrategia fuera insostenible en el tiempo. El sistema de intercambio de reactivos nunca escaló debido al bajo interés y participación de

los usuarios, principalmente debido a la desconfianza de usar reactivos usados. Otros programas de intercambio de reactivos también han reportado este tipo de obstáculos, donde además se suma la falta de comunicación y estrategias de publicidad (Weil, 2012). Por lo tanto, se recomienda que un programa de intercambio de reactivos debe asegurar un buen servicio al usuario, proveer información precisa y accesible sobre la disponibilidad de reactivos, y supervisar la calidad de los reactivos ofrecidos e intercambiados (Weil, 2012).

Actualmente, el programa promueve y disemina estrategias de minimización principalmente a través de la comunicación directa con los generadores durante visitas a los laboratorios y a través de reuniones bimensuales con coordinadores y ayudantes. En estas reuniones se les informa sobre los costos incurridos en la gestión de los residuos peligrosos, de manera de aumentar la conciencia sobre la generación de residuos. Las entrevistas realizadas en esta investigación revelaron además que los generadores utilizan técnicas de minimización que generalmente no son reconocidas como tales. Por ejemplo, se han implementado tecnologías más eficientes para hacer un mejor uso del tiempo y recursos, o se ha reducido la escala de algunos prácticos y experimentos, o reemplazado con laboratorios virtuales, de modo de ahorrar recursos. En algunos casos se han implementado medidas que reducen la exposición del personal a sustancias tóxicas, como plomo o bromuro de etidio. Se debe enfatizar que estas acciones han surgido como consecuencia de otro tipo de medidas y no como resultado de alguna política o lineamientos claros. Por este motivo muchos generadores desconocen de qué se trata una estrategia de minimización o cuáles son sus beneficios. Es recomendable, por lo tanto, preparar una política de minimización, conteniendo todas las responsabilidades, metas y mecanismos de evaluación (Ashbrook y Houts, 2001; Mooney, 2004; Hanna, 2013). El ambiente académico además ofrece oportunidades para diseñar estrategias basadas en la prevención de la contaminación por modificación de los experimentos y ensayos, donde se disminuya la generación de residuos, o donde este mismo residuo pueda ser utilizado para otro procedimiento. Este tipo de enfoques se trabaja desde los conceptos de “química verde” y “química ambientalmente benigna” (Anastas y Eghbali, 2010).

Finalmente, la diseminación de información y promoción de las estrategias de minimización es de suma importancia para el éxito de su implementación. Al respecto se ha informado que deben existir canales de comunicación evidentes y efectivos para poder compartir procedimientos y experiencias (Ashbrook y Houts, 2001).

4. Obstáculos en el desarrollo del programa

Los obstáculos se dividen en dos categorías: i) sensibilización y comunicación y ii) actividades operacionales. Durante los primeros años los principales obstáculos fueron la limitada infraestructura para realizar las actividades del programa, la falta de información sobre la generación de residuos, y la gran cantidad de residuos históricos que tuvieron que ser retirados. Hoy en día estos obstáculos han sido superados, sin embargo, un nuevo desafío es mejorar el uso y entrega de contenedores.

En relación a los obstáculos relacionados con la sensibilización de los generadores, los principales desafíos fueron cambiar hábitos entre el personal con más antigüedad,

la aceptación del personal de sus nuevos roles y responsabilidades, y la corrección de conceptos errados y malos hábitos. Por tanto, los primeros años se enfocaron principalmente en capacitar a los generadores sobre definiciones básicas, riesgos y procedimientos para un apropiado manejo, segregación y recolección de residuos peligrosos, y sobre las exigencias normativas.

Actualmente, muchas deficiencias del programa aún se relacionan con la falta de sensibilización. De acuerdo a Wright *et al.* (2008), las barreras hacia el cambio de prácticas y actitudes en el ambiente de laboratorio se relacionan con la falta de información, limitaciones de tiempo y falta de apoyo, de tipo monetario o administrativo. Una vez que estas barreras son superadas, los cambios de actitud pueden observarse si se refuerzan con estímulos o sanciones. En el caso específico del programa, las barreras se relacionan más con falta de información y tiempo, ya que el apoyo económico y administrativo de la Universidad siempre ha existido. Un desafío mayor para superar estas barreras es la alta rotación de estudiantes y personal. Aunque el programa ofrece sesiones de capacitación, el número anual de gente capacitada no es tan alto como lo fue durante los primeros años de implementación. Además, como no es una actividad obligatoria, las tasas de participación son usualmente bajas.

5. Factores clave en el desarrollo del programa

Los factores que contribuyeron al desarrollo del programa se pueden clasificar en i) apoyo institucional, ii) comunicación y capacitación continua, y (iii) trabajo colaborativo. Una vez que la legislación sobre manejo de residuos peligrosos fue promulgada, la Universidad decidió inmediatamente apoyar el programa contratando personal e implementando la infraestructura necesaria. El apoyo financiero y administrativo se reconoce como un factor clave en el éxito de las iniciativas de gestión de residuos peligrosos (Wright *et al.*, 2008; Weil, 2012). El apoyo institucional fue reforzado por la designación de los coordinadores de cada facultad. El proceso de institucionalización y reconocimiento fue complementado por el desarrollo de una imagen visible y reconocible, a través del uso de un logo en toda la infraestructura, materiales, y vestuario. Esto permitió que los generadores reconocieran la gestión de los residuos peligrosos como un programa especializado y no como un servicio más de la dirección de aseo. Proyectos previos de gestión de residuos sólidos también han reportado el efecto positivo de una imagen atractiva para gatillar el reconocimiento de las iniciativas (Grodzińska-Jurczak *et al.*, 2006).

En cuanto al factor de comunicación, durante el primer año de implementación las capacitaciones fueron obligatorias incluso para los decanos de las facultades participantes. Investigaciones previas en la implementación de sistemas de gestión son enfáticas en la importancia de incluir al mayor número de actores en el proceso de capacitación (Sammalisto y Brorson, 2008). Además, se desarrollaron acciones complementarias, como capacitaciones internas dentro de algunas facultades y la cooperación de los comités paritarios. Para la difusión de información se utilizaron diversas estrategias, tales como una nutrida página web, conteniendo todo tipo de instrucciones y procedimientos. También se distribuyó en todos los laboratorios un diagrama informativo y señaléticas. Una de las estrategias más efectivas en la transmisión de información y prácticas hacia los generadores de residuos han sido visitas y auditorías a los laboratorios.

Junto con las capacitaciones y la difusión de información, el apoyo de los coordinadores, ayudantes y personal de laboratorio, ha sido fundamental para el desarrollo del programa. Ellos se han involucrado en distinta medida en iniciativas de capacitación, inducción, asistencia, supervisión y acompañamiento. Tal como fue reconocido por los entrevistados, ha ocurrido un proceso de habituación de los generadores, demostrando que los esfuerzos concertados entre los miembros del programa y los coordinadores y su equipo han favorecido el cambio de actitud. Estos resultados son consistentes con los de Zhang *et al.* (2011), quienes mostraron que un sistema integral de residuos sólidos en un campus universitario comprende tres elementos: (i) infraestructura apropiada, (ii) servicio confiable, y (iii) estrategias para cambios de actitud. El programa ha entregado toda la infraestructura necesaria y suministros para el acopio y recolección de residuos peligrosos. También cuenta con un servicio constante y confiable de recolección, varias vías de comunicación y difusión, y un equipo de personas del programa y de cada facultad, que ha sido capaz de responder a las diferentes necesidades de la comunidad, transmitiendo y promoviendo nuevos hábitos y rutinas, y alentando actitudes ambientalmente sostenibles.

6. Desafíos y futuras direcciones

6.1. Generación y minimización

Disminuir la generación de residuos peligrosos continúa siendo un desafío para el programa, y por tanto promover la minimización de la generación debería estar entre sus prioridades. Esta estrategia debiese enfocarse en reducir los residuos más frecuentes, como residuos tóxicos, o aquellos que son más costosos de disponer, como los residuos biológicos. Como las alternativas de minimización varían desde el reemplazo de sustancias y reactivos hasta el uso de nuevas tecnologías, y dependen del número de disciplinas involucradas, es necesario desarrollar un plan de minimización que considere todas las opciones disponibles. Por tanto, se debiesen utilizar diferentes métodos para identificar, evaluar y diseminar las técnicas de minimización. Las reuniones bi- anuales que se realizan con los coordinadores y ayudantes podrían utilizarse para discutir y diseminar técnicas ya existentes. Además, se podría establecer un panel de expertos multidisciplinario que asista en esta tarea.

6.2. Capacitación y comunicación

De manera de mejorar las deficiencias en segregación de residuos y uso de contenedores, es importante lograr el cambio de prácticas y actitudes de los generadores, que, según Wright *et al.* (2008), se alcanza reduciendo barreras a través de programas de capacitación adecuados, directrices claras y accesibles, e información sobre lo que se debe hacer y lo que no. Esto es consistente con los resultados de la encuesta aplicada a los jefes de laboratorio (Figura 4), que reveló que ellos demandan capacitaciones frecuentes, capacitaciones para los estudiantes y personal de laboratorio, y capacitaciones especializadas de acuerdo al tipo de residuos generados. Frente a la pregunta de qué

tipo de información necesitaba ser diseminada, hubo una preferencia hacia instrucciones sobre segregación de residuos, manejo de residuos específicos de cada laboratorio, e información sobre seguridad. Mejorar la comunicación y retroalimentación fue otra recomendación hecha por los encuestados para mejorar el programa (Figura 4). Esta recomendación es mencionada en varios estudios: el personal de los programas de gestión de residuos peligrosos necesita establecer una relación de asociación con los generadores más que ser percibidos como un obstáculo regulatorio. Para esto, la comunicación debe ser fluida y constante, y a través de diversos medios, como boletines, página web, entrevistas y visitas. Al respecto, Izzo (2000) demuestra que en un ambiente descentralizado como el universitario, un único método de comunicación no es efectivo.

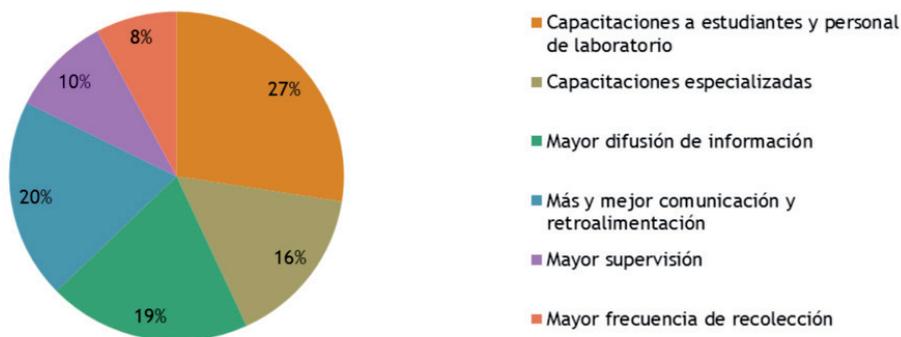


Figura 4. Distribución de frecuencia de recomendaciones para mejorar el programa de gestión de residuos (n= 75).

6.3. Repercusiones para la política universitaria

El programa de gestión de residuos peligrosos de la Universidad de Concepción se ha desarrollado a lo largo de 10 años, y se ha fusionado con los programas de gestión de sustancias peligrosas y de información e indicadores ambientales, demostrando un gran avance en el desempeño ambiental de la Universidad. Sin embargo, el programa no está ligado a ninguna política ambiental o de sustentabilidad, impidiendo la proyección de cambios y avances en la gestión de los residuos. Asimismo, los indicadores de generación de residuos no se conectan con ningún tipo de meta. Esto se explica comprendiendo que los impulsores del programa corresponden a impulsores de primera categoría, i.e., aquellos que responden a presiones de costos y normativas (Bennet y James, 1999), que en este caso fueron la entrada en vigencia de las normativas de residuos y sustancias peligrosas. Solo una evolución hacia impulsores de segunda y tercera categoría –aquellos que buscan la sostenibilidad de la Universidad– podría conducir hacia el desarrollo de políticas y lineamientos claros, con los respectivos objetivos, metas y estrategias para su implementación.

Conclusión

La implementación de un sistema de gestión ambiental requiere el reconocimiento de la comunidad universitaria y apoyo de todos los actores. Para el caso específico de un programa de residuos peligrosos, este proceso es aún más complejo debido al carácter normativo en un ambiente donde la investigación y la docencia son la prioridad. Los resultados de esta investigación indican que los principales factores que contribuyeron al desarrollo del sistema fueron el fuerte apoyo institucional y económico, la capacitación y comunicación continua, y el trabajo colaborativo entre los miembros del programa y los coordinadores y sus ayudantes. La interacción de estos tres elementos permitió el desarrollo de un sistema integral que entrega (i) infraestructura apropiada, (ii) un servicio confiable y (iii) estrategias de comunicación que estimulan la adopción de nuevas prácticas. El sistema por tanto puede incorporar nuevas estrategias de trabajo, sobre todo en el área de minimización de residuos, y lograr una gestión aún más responsable de sus residuos. Esta transición debiese ser acompañada de una política ambiental con lineamientos claros, medición de indicadores y metas, de manera de asegurar un avance hacia un campus universitario sustentable.

Referencias bibliográficas

- Alshuwaikhat, H. M., Abubakar, I. (2008). An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1777-1785.
- Anastas, P., Eghbali, N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice. *Chemical Society Reviews*, 39, 301-312.
- Ashbrook, P., Houts, T. (2001). Top ten institutional ways to minimize laboratory waste. *Chemical Health and Safety*, 8, 27.
- Bennet, M., James, P. (1999). *Sustainability measures: Evaluating and reporting on social and environmental performance*. Sheffield: Greenleaf Publishing Ltd.
- Chambers, D. (2009). Assessing & planning for environmental sustainability - A framework for institutions of higher education. In: Filho, W. L. (Ed.). *Sustainability at Universities - Opportunities, Challenges and Trends*. Frankfurt: Peter Lang.
- Clarke, A., Kouri, R. Choosing an appropriate university or college environmental management system (2009). *Journal of Cleaner Production*, 17, 971-984.
- Disterheft, A. *et al.* (2012). Environmental Management Systems (EMS) implementation processes and practices in European higher education institutions – Top-down versus participatory approaches. *Journal of Cleaner Production*, 31, 80-90.
- Grodzińska-Jurczak, M. *et al.* (2006). Effects of an educational campaign on public environmental attitudes and behaviour in Poland. *Resources, Conservation and Recycling*, 46, 182-197.
- Hanna, D. Note. (2013). Do educational institutions score high on their sustainability efforts?: A case study (and grade) on chemical waste management and minimization in teaching and research laboratories at the University of Minnesota. *Minnesota Journal of Science and Technology*, 14, 545-572.
- Izzo, R. (2000). Waste minimization and pollution prevention in university laboratories. *Chemical Health and Safety*, 7, 29-33.

- MINSAL. Ministerio de Salud (2004). Decreto Supremo N° 148/2003. Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos. Diario Oficial, Chile.
- MINSAL. Ministerio de Salud (2010). Decreto Supremo N° 78/2009. Reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas. Diario Oficial, Chile.
- Mooney, D. (2004). Effectively minimizing hazardous waste in academia: The Green Chemistry approach. *Chemical Health and Safety*, 11, 24-28.
- Sales, M.G.F. *et al.* (2006). A waste management school approach towards sustainability. *Resources, Conservation and Recycling*, 48, 197-207.
- Sammalisto, K., Brorson, T. (2008). Training and communication in the implementation of environmental management systems (ISO 14001): a case study at the University of Gävle, Sweden. *Journal of Cleaner Production*, 16, 299-309.
- UNCED. Agenda 21, Ch. 20: Environmentally sound management of hazardous wastes, in hazardous wastes. United Nations, Rio de Janeiro, 1992.
- Weil, M. (2012). Secrets revealed: Chemical surplus sharing at colleges and universities. *Journal of Chemical Health and Safety*, 19, 12-22.
- Wright, H.A., Ironside, J.E., Gwynn-Jones, D. (2008). The current state of sustainability in bioscience laboratories: A statistical examination of a UK tertiary institute. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9, 282-294.
- Zhang, N. *et al.* (2011). Greening academia: developing sustainable waste management at Higher Education Institutions. *Waste Management*, 31, 1606-1616.

HUELLA DE CARBONO DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, CHILE

CARBON FOOTPRINT OF THE UNIVERSITY OF CONCEPCIÓN, CHILE

**Paula Barría San Juan, Carla Pérez Quilodrán,
Fernando Márquez, Mariela Yáñez González**

Unidad de Desarrollo Tecnológico Universidad de Concepción, Chile
p.barría@udt.cl; c.perez@udt.cl; fmarquez@udec.cl; m.yanez@udt.cl

Resumen: Este documento detalla el trabajo que la Universidad de Concepción (UdeC) se encuentra realizando desde el año 2006, en términos de establecer un sistema de indicadores ambientales, en este caso específico, respecto al cálculo de la Huella de Carbono. La metodología utilizada es la de World Resources Institute y fue escrita principalmente desde la perspectiva del desarrollo por parte de la institución, de un inventario de gases de efecto invernadero (GEI), en base a las emisiones directas e indirectas de CO₂e, las cuales para su análisis se clasifican en tres alcances. Las emisiones directas consideradas para el primer alcance son el consumo de combustibles (gas, pellet y diésel) en calderas de calefacción y el consumo de combustible por la utilización de vehículos de propiedad de la Universidad. Además, las emisiones indirectas consideradas para el alcance 2, son las asociadas a consumos eléctricos de los diversos edificios de la organización. Por otra parte, en este estudio sólo se consideran en las emisiones indirectas de otros procesos que no son controlados por la institución (alcance 3), el consumo de papel, debido a que no se cuenta con datos adicionales a la fecha. Las instalaciones de la Universidad abarcan tres campus, de los cuales el más representativo es el de Concepción, el que reúne el 81% de la infraestructura y el 73% de la superficie total, por tanto la estimación de la Huella de Carbono se centrará en éste. El período analizado es el comprendido entre los años 2006 a 2012, en donde se destaca que a través del tiempo se ha mejorado la calidad de la información, mediante la aplicación de encuestas, la realización de auditorías y entrevistas. La Huella de Carbono del Campus en el año 2012 fue de 6.544 toneladas de CO₂e/año, mientras que las emisiones per cápita alcanzaron los 0.323 tonCO₂e/alumno.

Palabras clave: Calentamiento global, gases de efecto invernadero, huella de carbono, Universidad de Concepción.

Abstract: This paper details the work that the University of Concepción (UdeC) is conducting since 2006, in terms of establishing a system of environmental indicators, in this specific case, regarding the calculation of the carbon footprint. the methodology used is the world resources institute, and it was written primarily from the perspective of development by the institution of an inventory of greenhouse gas (ghg) based on direct and indirect emissions of co₂e, of which for their analysis are classified into three ranges. Direct emissions considered for the first range are the consumption of fuels (gas, pellet and diesel) in heating boilers and fuel consumption for the use of vehicles owned by the university. in addition, indirect emissions considered for the second range are associated with electricity consumption of the various buildings of the organization. Moreover, in this study are only considered indirect emissions of other processes that are not controlled by the institution

(third range), paper consumption. The university facilities include three campuses, of which the most representative is from Concepcion, which meets 81% of the infrastructure and 73% of the total area, so the estimate of the carbon footprint will be focused on this one. The time period analyzed is between years 2006-2012, where it is noted that over time the quality of information has improved through the use of surveys, audits, and interviews. The campus' carbon footprint in 2012 was 6.544 tons of $\text{CO}_2\text{e}/\text{year}$, while emissions per capita reached 0,323 ton $\text{CO}_2\text{e}/\text{student}$.

Keywords: Carbon Footprint, Global warming, Greenhouse gases, University of Concepción.

1. Introducción

EL CONTINUO CRECIMIENTO industrial y demográfico durante los últimos años está ocasionando un impacto negativo sobre el medio ambiente (Chen and Shu, 2012; Abolarin *et al.*, 2013), esto debido al aumento en la demanda de recursos por las actividades antropogénicas (Houghton, 2004), lo que está provocando un incremento en las emisiones de CO_2 , afectando a la comunidad global (Tian *et al.*, 2014; Kai Q., 2011). Para dimensionar este impacto se requiere la utilización de herramientas e indicadores con fundamentación metodológica que permitan cuantificar los efectos directos o indirectos de un individuo, organización, evento o producto en el calentamiento global del planeta (Čuček *et al.*, 2012), ayudando a los gobiernos a diseñar políticas y a las empresas a reducir sus emisiones con la finalidad de lograr una neutralidad del carbono (Peters, 2010; DeLeon, 2010). Es bajo esta premisa que se define la Huella de Carbono, como instrumento capaz de medir los Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos por un ente o actividad en unidades de masa de CO_2 equivalente (Aroonsrimorakot *et al.*, 2013). En el marco de esta estrategia es importante que las universidades, en su papel de crear conocimiento de vanguardia e integrar la sostenibilidad en la educación, promuevan los temas ambientales en la sociedad, ya que son las instituciones encargadas de educar a los futuros líderes (Larsen *et al.*, 2011; Geng *et al.*, 2012; Townsend and Barrett, 2013; Klein-Banai and Theis, 2013). Por ejemplo, la gestión medioambiental se ha implementado en varias universidades europeas como una herramienta para abordar la sostenibilidad de los campus (Disterheft *et al.*, 2012).

Por su parte, la UdeC desde el año 2004 se encuentra trabajando en temas ambientales y a partir del año 2007 se puso en marcha la implementación de un Sistema de Información y Gestión Medio Ambiental (SIGMA), con el fin de monitorear y mejorar su desempeño ambiental, principalmente en términos del manejo de sustancias químicas, residuos y el cumplimiento de la legislación ambiental. A través del SIGMA se han podido identificar las principales fuentes de emisiones asociadas a la Universidad para poder implementar estrategias para su minimización. Éstas son el consumo de electricidad (64%) y en segundo lugar el consumo de gas (30%).

El presente documento se enfoca en la estimación de la Huella de Carbono de la UdeC, Campus Concepción, a través de la metodología correspondiente a la visión del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Este método permite identificar las diversas fuentes de emisión y determinar la contribución asociada a cada una de ellas. Lo novedoso de este estudio es que permite por primera vez identificar las principales fuentes de aporte a las emisiones de la Universidad, lo que permite contribuir a los programas a nivel nacional

de disminución de emisiones, siendo una de las instituciones a la vanguardia a nivel nacional.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Presentar la estimación del cálculo de la Huella de Carbono de la Universidad de Concepción, Campus Concepción, Chile.

1.1.2. Objetivos específicos

- a) Estimar la Huella de Carbono del Campus Concepción de la Universidad de Concepción, Chile.
- b) Determinar las fuentes de emisión que contribuyen mayormente a las emisiones de CO₂e.

2. Metodología

2.1. Infraestructura

La Universidad de Concepción inicia sus actividades académicas en el año 1919, experimentando un crecimiento sostenido a través de los años. Actualmente posee una matrícula de más de 24.000 alumnos de pregrado en sus 91 carreras y ha titulado alrededor de 57.000 profesionales. Además, en postgrado estudian más de 2.000 alumnos en 27 programas de Doctorado y 58 de Magíster. La planta docente se ha ido ajustando a las nuevas necesidades de crecimiento, tanto del número de alumnos como del aumento de actividades de docencia, investigación y extensión, con 1.545 profesores. En la actualidad, posee 1.425.900 m² de superficie total y ha crecido en infraestructura en un 27% entre los años 1999 y 2013, tal como se aprecia en la Tabla 1 a continuación:

Tabla 1. Crecimiento de los m² construidos en UdeC.

Campus	M ² construidos		% Crecimiento
	1999	2013	
Concepción	160.385	202.740	26.40%
Otros	36.719	47.880	30.40%
Total M²	197.104	250.620	27.20%

Fuente: Indicadores relevantes UdeC año 2014, UdeC.

En lo que respecta a la matrícula de alumnos de pregrado, ésta presenta un aumento a través de los años, alcanzando para el año 2012 en el Campus Concepción un total de

20.004 alumnos. A continuación se presenta, en la Figura 1, la gráfica en donde es posible corroborar el aumento constante en el número de alumnos de pregrado, consistente con el aumento de nuevas carreras y del acceso a la educación.

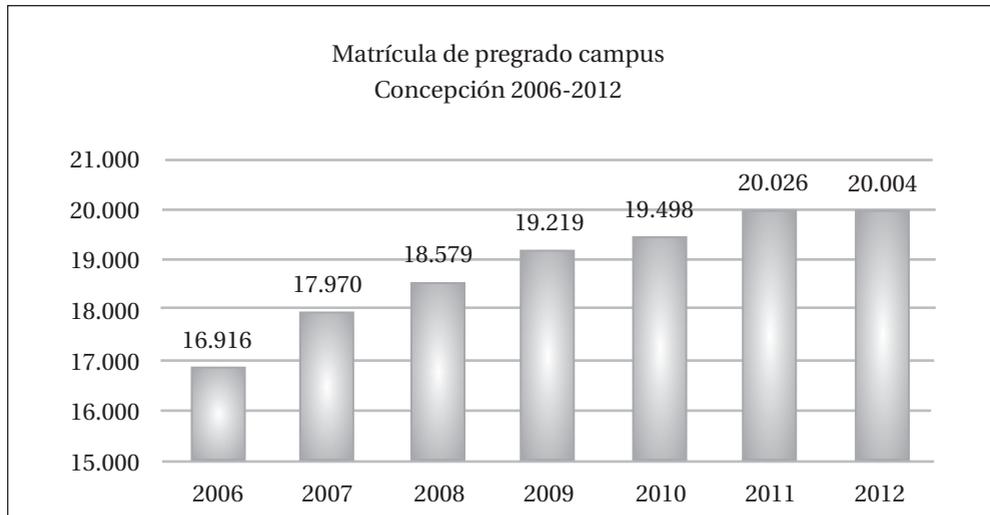


Figura 1. Evolución matrícula de pregrado campus Concepción.

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, el Campus hasta el año 2011 experimentó un aumento invariable, ya que en el año 2012 presentó un leve retroceso, lo cual representa una ligera baja en la matrícula de alumnos de pregrado que alcanza el 0,11%. Esta baja se explica debido a la disminución en la matrícula del área de Derecho (Anuario estadístico del Consejo de Rectores, 2012).

2.2. Alcances

La huella de carbono, por definición, corresponde a la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo de un individuo, organización, evento o producto expresados en unidades de toneladas de CO₂ equivalente (Fang *et al.*, 2014). El valor entregado y su posterior análisis permiten conocer en específico los puntos críticos de emisión y los lugares donde a continuación se podrán plantear medidas de gestión (Spirovski *et al.*, 2012). Existen diversas formas para calcular la Huella de Carbono, dependiendo del objetivo que se persiga, tanto para un producto o para alguna organización. Sin embargo, gran parte de las metodologías existentes se basa en los mismos principios que corresponden a la visión del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (Lukman *et al.*, 2009).

La metodología utilizada especifica tres alcances que deben ser considerados al momento de calcular el valor de la huella (Wiedmann and Barrett, 2011; Zhang *et al.*, 2014). A continuación se detallan todas las actividades consideradas en cada alcance:

Tabla 2. Alcances de la huella de carbono.

Tipo de emisiones	Actividad	Descripción
Alcance 1: Emisiones Directas	Gas, pellets y combustibles	–Emisiones por consumo de gas y pellet en calderas de calefacción y generadores de electricidad. –Emisiones por consumo de combustibles de vehículos propios de la institución.
Alcance 2: Emisiones Indirectas	Energía eléctrica	–Emisiones asociadas al consumo eléctrico del campus.
Alcance 3: Emisiones Indirectas	Papel	–Emisiones asociadas al consumo de papel en el campus.

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, fue necesario realizar una serie de supuestos, con el objetivo de simplificar algunas estimaciones para el alcance 1, las que se detallan a continuación:

- Toda la información recopilada está en función del año 2012.
- Se asumió que no existen otros procesos de combustión aparte de los realizados por la quema de combustible por parte de las calderas de calefacción del Campus y de los generadores de electricidad.
- El gas utilizado para la combustión de calderas y el utilizado para los edificios del Campus es el mismo.

Con respecto a los alcances 2 y 3, sólo se supuso que toda la información recopilada está en función del año 2012. Se destaca que para el alcance 3 sólo se consideró el consumo de papel, debido a que no existían otras fuentes de datos para el período en estudio. Sin embargo, se está trabajando en la recopilación de información que complementa el cálculo realizado para el alcance 3.

En cuanto a los límites organizacionales considerados para el desarrollo del cálculo de huella de carbono, éste se centra sólo el Campus Concepción en su totalidad. Esto corresponde a todas las facultades y edificios administrativos que se encuentren al interior de éste.

A continuación se presenta la Figura 2, que facilita la comprensión de los diversos alcances considerados en la metodología.

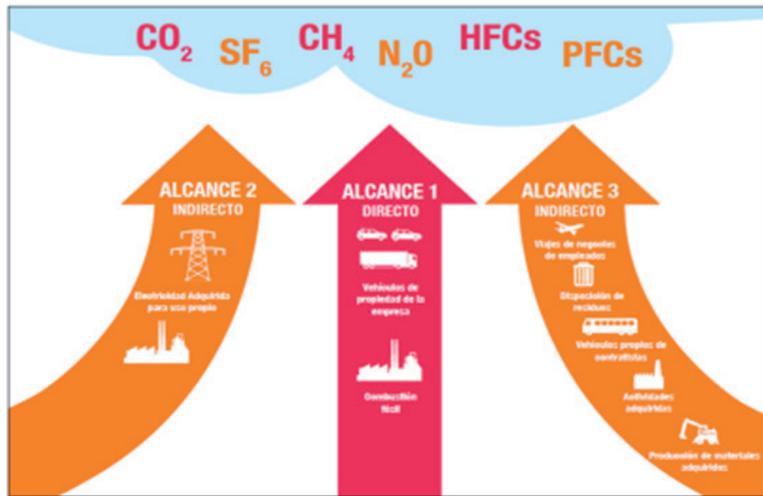


Figura 2. Clasificación de los alcances y emisiones considerados.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculados los valores para cada uno de los alcances, se obtendrá la totalidad de las emisiones en unidades de CO₂e, y se podrá analizar dónde se encuentran los puntos críticos en función de los niveles de emisiones (DeLeon, 2010).

2.3. Factores de emisión y conversión

En primer lugar, se procedió a analizar la información necesaria para poder obtener el valor de la Huella de Carbono para el alcance N° 1, de acuerdo a lo presentado en la metodología. Para esto se solicitó información a las distintas Facultades de la Universidad, a través de una encuesta. Paralelamente a esto, se procedió a buscar los factores de emisión y conversión correspondiente a los distintos combustibles utilizados, los que se presentan a continuación en las Tablas 3 y 4:

Tabla 3. Factores de emisión para combustibles en unidades de kgCO₂e.

Combustibles	Factor de emisión	Unidad
Gas Natural	1.97	kgCO ₂ e/m ³
Diésel	0.252	kgCO ₂ e/kWh
Gasolina	0.267	kgCO ₂ e/kWh
Pellets	0.039	kgCO ₂ e/kWh

Fuente: CarbonTrust.

Tabla 4. Factores de conversión para combustibles.

Combustibles	Factor de conversión	Unidad
Diésel	10.89	kWh/Litro
Gasolina	11.85	kWh/Litro
Pellets	4.8	kWh/Kg

Fuente: CarbonTrust.

Luego, para el alcance N° 2 se procedió a analizar la información de consumos obtenida por el campus Concepción y, paralelamente a esto, se buscó el factor de emisión correspondiente al consumo de energía eléctrica a través del sitio Web del Ministerio de Energía de Chile. A continuación se presenta el factor:

Tabla 5. Factor de Emisión para consumo eléctrico.

Ítem	Factor de emisión	Unidad
Factor Emisión SIC 2012	0.391	tonCO ₂ e/MWh

Fuente: Ministerio Energía Chile.

Finalmente, para el alcance N° 3 sólo se consideró el factor de emisión del consumo de papel, el cual corresponde al ítem uso de productos y servicios. El factor se presenta en Tabla 6 siguiente:

Tabla 6. Factor de Emisión para papel en unidades de kgCO₂e.

Tipo	Factor de emisión	Unidad
Papel	1.81	kgCO ₂ e/Kg

Fuente: Güereca *et al.*, 2013.

A partir de toda la información expuesta anteriormente es posible obtener el cálculo de la Huella de Carbono total del campus. A continuación se detallan los resultados obtenidos para todos los alcances estudiados.

2.4. Emisiones de los factores en estudio

Gracias a los datos recopilados y expuestos anteriormente es posible el cálculo de las emisiones asociadas a cada uno de los factores.

–Emisiones por combustión de combustibles

En el año 2012, el total de gas consumido por las calderas de calefacción en el campus fue de 982.775 m³, mientras que el uso de pellet en caldera por parte de una de las reparaciones de la UdeC ascendió a 8.779 Kg.

Además, el consumo de diésel de los generadores de electricidad fue de 32.616 Lts. Estos valores se multiplican por el factor de emisión y de conversión descritos en Tablas 3 y 4 respectivamente. Luego, en Tabla 7, se presenta el resultado:

Tabla 7. Valor de huella de carbono por combustión.

Ítem	Valor	Unidad
Consumo de gas	1.867	tonCO ₂ e/año
Consumo de pellet	2	tonCO ₂ e/año
Consumo de diésel	89	tonCO ₂ e/año
Total:	1.958	tonCO₂e/año

Fuente: Elaboración propia.

–Emisiones por utilización de combustible en vehículos de la organización

El consumo total de los 30 vehículos que utilizan diésel fue de 66.947 litros, mientras que los 19 vehículos a gasolina consumieron 33.607 litros el año 2012. A continuación, en Tabla 8 se presentan las estimaciones:

Tabla 8. Valor de huella de carbono según combustible.

Ítem	Valor	Unidad
Diésel	183.7	tonCO ₂ e/año
Gasolina	106.3	tonCO ₂ e/año
Total:	290	tonCO₂e/año

Fuente: Elaboración propia.

–Emisiones por consumo de energía eléctrica

De acuerdo a la información obtenida y a la metodología planteada, se calcularon las emisiones asociadas al consumo energético del campus. El consumo del año 2012 de energía ascendió a 10.670 MWh., obteniendo en Tabla 9 el siguiente resultado:

Tabla 9. Valor de huella de carbono por energía eléctrica.

Ítem	Valor	Unidad
Energía eléctrica	4.172	tonCO ₂ e/año
Total:	4.172	tonCO₂e/año

Fuente: Elaboración propia.

–Emisiones por consumo de papel

El consumo total de papel blanco declarado para el año 2012 en la institución fue de 21.744 resmas tamaño carta, lo que equivale a 49.141 kilos, 6.497 resmas tamaño oficio

que corresponden a 17.346 kilos y 1.762 kilos de otros papeles. A continuación en Tabla 10 se exponen los valores:

Tabla 10. Valor de huella de carbono por tipo de papel.

Ítem	Valor	Unidad
Papel carta	89	tonCO ₂ e/año
Papel oficio	31	tonCO ₂ e/año
Otros papeles	3	tonCO ₂ e/año
Total:	123	tonCO₂e/año

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculadas las emisiones para los alcances 1, 2 y 3, se obtuvo, mediante la suma de todos los factores (Ozawa-Meida *et al.*, 2013), el valor total de emisiones de dióxido de carbono equivalente, el cual asciende a 6.544 tonCO₂e para el año 2012.

En forma gráfica es posible comprobar que el consumo de electricidad es el principal responsable de las emisiones de CO₂, aportando un 64% de las emisiones totales. Por otra parte, el aporte por combustibles en calderas alcanza un 30%, esto incluye consumo en calderas por gas, pellet y diésel. Luego le siguen con un 4% y un 2% la contribución por consumo de combustible en vehículos y papel, respectivamente. A continuación se presenta esta información en Fig. 3:

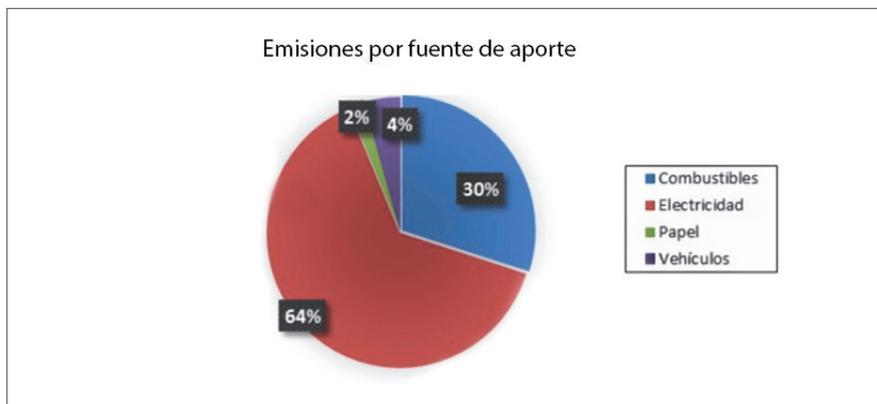


Figura 3. Emisiones por fuente de aporte año 2012.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando la información disponible, se estimaron las emisiones de carbono entre los años 2006 a 2012, agrupada según fuente de emisión en tonCO₂/año. Estos resultados se presentan a continuación en la Tabla 11:

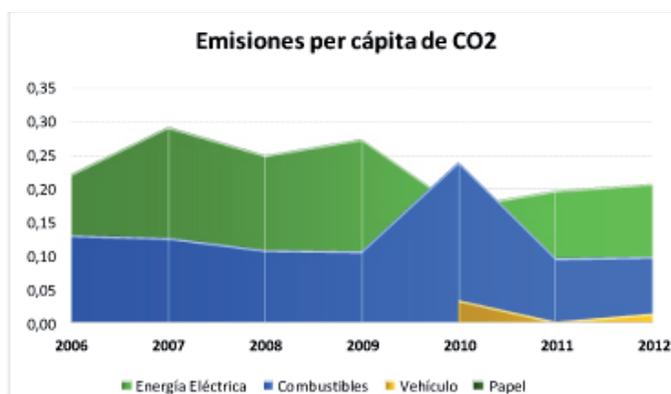
Tabla 11. Emisiones de carbono (ton CO₂e/año) por fuente de aporte del campus Concepción 2006-2012.

Indicador	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Huella x electricidad	3.746	5.266	4.654	5.287	3.398	3.954	4.172
Huella x combustible	2.216	2.289	2.037	2.037	4.669	1.918	1.958
Huella x vehículos	S/I	S/I	S/I	S/I	663	48	290
Huella x papel	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	124
Total	5.962	7.555	6.691	7.324	8.730	5.920	6.544

Fuente: Elaboración propia.

La Huella de Carbono del campus Concepción que se estimó para el año 2012 asciende a 6.544 tonCO₂/año, presentándose un aumento del 9% con respecto al año anterior, esto se debe principalmente a la incorporación en el cálculo del indicador la variable papel y al aumento constante en el consumo de electricidad del campus. Se destaca que el mayor consumo de energía durante este período se explica por la fuerte inversión en equipos, nuevas tecnologías informáticas y al aumento de un 20% en infraestructura a través de los años.

Al analizar las emisiones en base a los alumnos de pregrado, se destaca que la componente energía eléctrica alcanza los 0.21 tonCO₂e per cápita para el año 2012, mientras que las emisiones por uso de combustibles en calderas presentan una disminución total del 11%, esto debido a la baja en el consumo de gas principalmente, con lo que se estima un per cápita de 0,098 tonCO₂e. Con respecto a las emisiones por uso de vehículos, éstas se incorporan al cálculo a partir del año 2010, representando un 0,014 tonCO₂e per cápita. Finalmente, la componente papel se incorporó en el cálculo a partir del año 2012, en donde las emisiones de CO₂e fueron de 0.01 tonCO₂e per cápita para el año en estudio. En conclusión, se destaca que las emisiones totales de CO₂ por alumno de pregrado para el año 2012 fueron de 0.32 tonCO₂e/per cápita. A continuación, en la gráfica, es posible corroborar esta información:

**Figura 4.** Emisiones per cápita en ton CO₂e por fuente de aporte en Campus Concepción.

Fuente: Elaboración propia.

3. Conclusiones

El total de las emisiones de la Universidad de Concepción, Campus Concepción, es de 6.544 toneladas de CO₂e para el año 2012. Para el mismo año se estimó un per cápita de 0.323 ton/CO₂e por alumno de pregrado. Mientras que las emisiones por m² de la superficie construida del campus alcanzaron las 0.040 ton CO₂e/m². La fuente que mayormente aporta al indicador es el consumo de electricidad con un 64%, seguido por el consumo de gas con un 30%. Por el contrario, la fuente de menor contribución es el consumo de papel, con un 2%. Esto se explica principalmente porque se incluyó recientemente en el cálculo del indicador y por parte de las facultades no se llevaba un registro de su consumo. Sin embargo, debido a que la mayor parte de las actividades universitarias están acompañadas de un elevado consumo de electricidad, es que no resulta sorprendente que el impacto más grande sea debido al gasto en energía eléctrica, ya que esta alta demanda se explica, en gran medida, por la iluminación de los edificios y sus dependencias, por el empleo de equipos informáticos propios de la Universidad y de los alumnos, alimentación de equipos especiales en los laboratorios de investigación, entre otros. En conclusión, se sugiere implementar medidas de control para el uso de los equipos eléctricos a modo de concientizar al personal y a los alumnos en disminuir el consumo con buenas prácticas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Vicerrectoría de Asuntos Económicos y Administrativos de la Universidad, por su contribución para el desarrollo de este artículo.

Referencias bibliográficas

- Abolarin, S. M.; Gbadegesin, A. O.; Shitta, B. M.; Yussuff, A.; Eguma, C. A.; Ehwerhemuepha, L.; Adegbenro, O. (2013). A Collective Approach To Reducing Carbon-Dioxide Emission: A Case Study Of Four University Of Lagos Halls Of Residence. *Energy and Building Elsevier*, 318-322.
- Aroonsrimorakot, S.; Yuwaree, C.; Arunlertaree, C.; Hutajareorn, R.; Buadit, T. Carbon Footprint of Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Salaya Campus, Thailand (2013). 4th International Conference on Environmental Science and Development – ICESD 2013. *APCBEE Procedia*, 5, 175-180.
- CarbonTrust, Factores de emisión y conversión para emisiones directas. Descargado el día viernes 18 de abril de 2014, desde www.carbontrust.co.uk
- Chen, W.-T., Shu, C.-M. (2012). CO₂ Reduction for a low-carbon community: A city perspective in Taiwan. *Sep. Purif. Technol.*, 94, 154-159.
- Consejo de Rectores de la Universidades Chilenas (2012). Anuario estadístico. Descargado el día 12 de mayo de 2014, desde www.consejoderectores.cl
- Čuček, L.; Klemeš, J. J.; Kravanja, Z. (2012). A Review of Footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *J. Clean. Prod.*, 34, 9-20.
- DeLeon, S. (2010). *Carbon Footprint of the University of Maryland, Greenhouse gas inventory*

2010. Descargado de http://www.sustainability.umd.edu/documents/Reports/2010_UMD_GHGinventory_final.pdf
- Disterheft, A.; Ferreira da Silva Caeiro, S. S.; Ramos, M. R.; de Miranda Azeiteiro, U. M. (2012). Environmental Management Systems (EMS) implementation processes and practices in European higher education institutions – Top-down versus participatory approaches. *J. Clean. Prod.*, 31(1), 80-90.
- Fang, K.; Heijungs, R.; de Snoo, G. R. (2014). Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: Overview of a footprint family. *Ecol. Indic.*, 36, 508-518.
- Geng, Y.; Liu, K.; Xue, B.; Fujita, T. (2012). Creating a “green university” in China: a case of Shenyang University. *J. Clean. Prod.* 61, 13-19.
- Güereca, L. P.; Torres, N.; Noyola, A. (2013). Carbon Footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico. *J. Clean. Prod.*, 47, 396-403.
- Houghton, J. T. (2004). *Global Warming: The Complete Briefing*. Cambridge University Press.
- Kai, Q. (2011). Research of university science and technology innovation system based on low-carbon economy. *Energy Procedia*, 5, 1032-1036.
- Klein-Banai, C.; Theis, T. L. (2013). Quantitative analysis of factors affecting greenhouse gas emissions at institutions of higher education. *J. Clean. Prod.*, 48, 29-32.
- Larsen, H. N.; Pettersen, J.; Solli C.; Hertwich, E. G. (2011). Investigating the Carbon Footprint of a University - The case of NTNU. *J. Clean. Prod.*, 48, 39-47.
- Lukman, R.; Tiwary A.; Azapagic, A. (2009). Towards greening a university campus: The case of the University of Maribor, Slovenia. *Resour. Conserv. Recycl.*, 53(11), 639-644.
- Ministerio de Energía de Chile, Factor de emisión para consumo eléctrico. Descargado el día miércoles 29 de mayo, 2014, desde <http://huelladecarbono.minenergia.cl/>
- Ozawa-Meida, L.; Brockway, P.; Letten, K.; Davies, J.; Fleming, P. (2013). Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. *J. Clean. Prod.*, 56, 185-198.
- Peters, G. P. (2010). Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 2, 245-250.
- Spirovski, D.; Abazi, A.; Iljazi, I.; Ismaili, M.; Cassulo, G.; Venturin, A. (2012). Realization of a Low Emission University Campus Through the Implementation of a Climate Action Plan. *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 46, 4695-4702.
- Tian, X.; Chang, M.; Lin, C.; Tanikawa, H. (2014). China's carbon footprint: A regional perspective on the effect of transitions in consumption and production patterns. *Appl. Energy*, 123(15), 19-28.
- Townsend, J.; Barrett, J. (2013). Exploring the applications of carbon footprinting towards sustainability at a UK university: reporting and decision making. *J. Clean. Prod.*, 107, 164-176.
- Universidad de Concepción, Chile (2013). Memoria Institucional Corporación Universidad de Concepción. Descargado el día 06 de junio, 2013, desde <http://www.udec.cl/finanzas/sites/default/files/Memoria2013.pdf>
- Wiedmann, T.; Barrett, J. (2011). A greenhouse gas footprint analysis of UK Central Government, 1990–2008. *Environ. Sci. Policy*, 14, 1041-1051.
- Zhang, L. X.; Wang, C. B.; Bahaj, A. S. (2014). Carbon emissions by rural energy in China. *Renew. Energy*, 66, 641-649.

Este libro,
editado por la
Vicerrectoría de Relaciones Institucionales
y Vinculación con el Medio
de la Universidad de Concepción,
fue impreso, en el mes de
marzo de 2016, por
Trama Impresores S.A.
(que sólo actúa como impresora)
Avda. Colón 7845,
Hualpén
Chile

