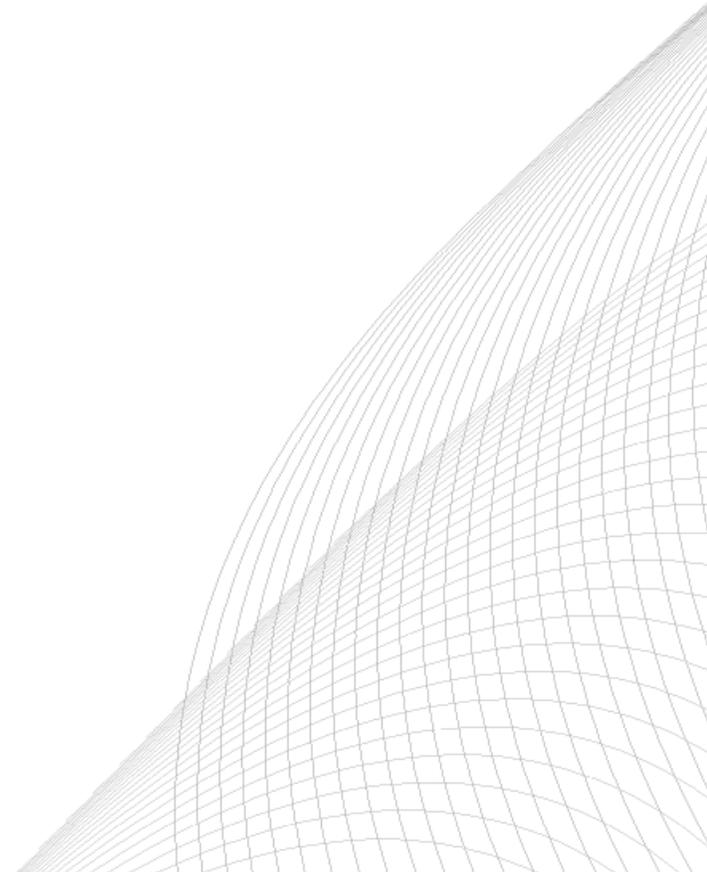


I.S.S.N.: 0716-0356

Trilogía

Ciencia · Tecnología · Sociedad



© **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA**

Casilla 9845 Santiago de Chile

Derechos Reservados

Trilogía. Ciencia - Tecnología - Sociedad

I.S.S.N.: 0716-0356

Volumen 23, N° 33, Junio 2011, Santiago de Chile.

• **REPRESENTANTE LEGAL**

Luis Pinto Faverio

• **EDITOR EDICIÓN MEDIOAMBIENTE**

Oscar Mercado Muñoz

• **CONSEJO EDITORIAL**

Patricio Bastías Román

Héctor Gómez Fuentes

Ana Gavilanes Bravo

Hugo Durney Wasaff

Marisol Duran Santis

Marcelo Rodríguez Meza

Cecilia Soto Muñoz

• **RESUMENES EN INGLÉS**

Gemita Flores

• **DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

Programa Comunicación y Cultura

Autorizada su reproducción con mención de la fuente

Las ideas y opiniones contenidas en esta revista son de responsabilidad exclusiva de los autores y no expresan necesariamente el punto de vista de la Universidad Tecnológica Metropolitana.



UTEM

UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
METROPOLITANA

Trilogía

Ciencia · Tecnología · Sociedad



EDICIONES UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA METROPOLITANA

Trilogía. Ciencia - Tecnología - Sociedad

Es el órgano oficial de la Universidad Tecnológica Metropolitana que tiene por objetivo difundir los saberes que se generan a partir de la diversidad disciplinaria que acoge dicha Casa de Estudio, registrando contribuciones de las Ciencias Exactas, Naturales, Tecnología, Ciencias Sociales, Artes y Humanidades.

Trilogía es una revista semestral de la Universidad Tecnológica Metropolitana que se publica desde el año 1981. Sus artículos están indizados e integrados en la base de datos "Fuente Académica" de EBSCO Information Services, en la Revista Interamericana de Bibliografía y en Periódica: Índice de Revistas Latinoamericanas de Ciencias.

Está registrada en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal (Latindex) y en ULRICHWEB: Global Serials Directory.

Trilogía. Ciencia – Tecnología - Sociedad

Volumen 23, Número 33, Junio 2011

Trilogía es una publicación semestral de la Universidad Tecnológica Metropolitana.

Agradecemos Canje
Casilla 9845. Santiago. Chile
Fono: (56-2) 7877543
Fax : (56-2) 6881421
e-mail: pbastias@utem.cl

S Sumario

Volumen 23, Número 33, Junio 2011
Trilogía. Ciencia - Tecnología - Sociedad,
órgano oficial de la Universidad Tecnológica Metropolitana

· PRESENTACIÓN	7
<i>Luis Pinto Faverio</i>	
· EDITORIAL	9
<i>Oscar Mercado Muñoz</i>	
· ARTICULOS	11
· Impacto Ambiental de las torres de alta tensión en la ciudad	13
<i>Dra. Marcela Salinas</i>	
· Consumo de energía y crecimiento económico: explorando la curva ambiental de Kuznets	37
<i>Roberto Contreras · Angela Cancino · Krysthel Martínez</i>	
· Reutilización Integral de edificios como acto de Sustentabilidad	53
<i>Juan Carlos Cavieres · María Eliana Pino</i>	
· Agroindustria y Medio Ambiente	63
<i>René Guerrero · Luis A. Valenzuela</i>	
· Energía Nuclear y Medio Ambiente	85
<i>Rafael Correa</i>	
· Normas de Publicación	105

P Presentación

Luis Pinto Faverio
Rector



Una UTEM sustentable

Nuestra UTEM, adolescente universidad, tiene, a pesar de su juventud, algo importante que mostrar a sus mayores: su compromiso con el desarrollo sustentable. En el ámbito universitario el compromiso con la sustentabilidad se enmarca en tres grandes aspectos:

- El compromiso institucional
- La integración de la sustentabilidad al currículo
- La gestión de campus.

El compromiso institucional de la UTEM con la sustentabilidad se visualiza en dos elementos claves: la Misión Corporativa y el Plan de Desarrollo Estratégico. La primera expresa nuestro firme compromiso de *formar profesionales que contribuyan al desarrollo sustentable del país y en lo segundo cuando se manifiesta como objetivo el avanzar en la incorporación de campus sustentables*; no son muchas las universidades que a nivel nacional pueden mostrar tan fuerte compromiso. Adicionalmente, nuestra universidad es una de las tres universidades chilenas que han suscrito la Declaración de Talloires ¹, declaración

..... 1. *La Declaración de Talloires es una declaración a favor de la sostenibilidad, creada para y por presidentes de instituciones de educación superior. Jean Mayer, presidente de Tufts University, convocó a 22 universidades en octubre de 1990 a una conferencia en el poblado de Talloires, un pequeño pueblo en el departamento de Alta Saboya, Francia, al sur de Ginebra, Suiza.*

sobre el rol de la universidad en la sustentabilidad, a la cual han adherido más de 400 universidades de todas las regiones del mundo.

A nivel nacional la UTEM es una de las siete universidades firmantes del primer acuerdo interuniversitario Protocolo Campus Sustentable, que firmado en la CEPAL en Abril del 2010, sienta las bases del desarrollo de la sustentabilidad en las universidades chilenas de manera cooperativa. A raíz de este compromiso se formó la Comisión por una UTEM Ambientalmente Sustentable, cuyo trabajo puede verse en su web <http://sustentable.udem.cl>.

Podemos estar también orgullosos de exhibir cómo nuestras mallas curriculares incorporan asignaturas obligatorias de materias vinculadas al desarrollo sustentable; el 90% de las carreras de la Universidad tiene al menos una asignatura vinculada a sustentabilidad y muchas tienen dos o más. La incorporación en el Nuevo Modelo Educativo del compromiso con el desarrollo sustentable como uno de los sellos del egresado UTEM nos asegura que cada nuevo rediseño curricular fortalecerá aún más la formación en sustentabilidad de nuestros egresados. Una vez que todas las carreras hayan adoptado el Nuevo Modelo Educativo, estamos ciertos que cada profesional que egrese de nuestras aulas aportará a construir un país más sustentable en cada

una de las decisiones que adopte en el ejercicio de su profesión.

Una universidad no puede enseñar sustentabilidad sin practicarla; este principio de enseñanza nos obliga a comportarnos de manera sustentable, lo que se ve reflejado en el Sistema de Gestión Ambiental implementado en el campus Providencia, donde los estudiantes reducen, reutilizan y reciclan elementos diversos, a la vez que capacitan al resto de la comunidad y realizan acciones de eficiencia energética. En el campus Macul se comenzó este año a diseñar el sistema de reciclaje que se implementará a futuro y se espera comenzar prontamente en el campus Central. La medición de la Huella de Carbono UTEM 2010, la primera medición en una universidad del Consejo de Rectores, es un hito importante que permite diseñar acciones con miras a un futuro amigable desde la perspectiva medioambiental.

Si bien hemos avanzado bastante en el camino de la sustentabilidad, alcanzando una posición destacada en el concierto nacional, queda aun un largo camino por recorrer; camino que debemos recorrer juntos como comunidad, estudiantes, profesores y funcionarios deben aportar cada uno su grano de arena necesario para ser cada día más, un referente nacional de **Universidad Sustentable**.

E Editorial

Oscar Mercado Muñoz, Mg
Presidente
Comisión por una UTEM Ambientalmente Sustentable



La multidisciplinaridad del estudio de los problemas ambientales que enfrenta la humanidad es un hecho ampliamente aceptado; no existe un problema ambiental que pueda ser adoptado sólo desde una disciplina. Esta convicción obliga sin lugar a dudas a replantear la forma en que la academia enfrenta el reto de contribuir a la solución de los problemas de la sociedad; lo que ayer se concebía como un desafío para una profesión, hoy, en el campo ambiental, está lejos de ser efectivo.

La complejidad de los retos medioambientales obliga a formar equipos multidisciplinarios; sin ir más lejos, la sola generación de un estudio de impacto

ambiental demanda la contribución conjunto de disciplinas tan disímiles como arqueólogos e ingenieros hidráulicos, sociólogos e ingenieros en minas. Los estudios sobre problemáticas ambientales exigen también un amplio abanico de profesionales.

Así como es una verdad indiscutida que el estudio de problemas medioambientales es multidisciplinario, es también cierto que desde cada una de las especialidades puede abordarse un aspecto puntual del desafío global de la sustentabilidad, y en este contexto, es muy gratificante presentar esta edición de Trilogía dedicada a Medio Ambiente; los artículos que aquí presentamos son escritos por destacados

académicos de nuestra UTEM que aportan cada uno desde su especialidad, tratando temas diversos como energía nuclear, el efecto ambiental de la agroindustria, el reciclaje de edificios, el consumo de energía y el impacto ambiental de las torres de alta tensión.

El primer artículo, de la académica del Departamento de Cartografía Marcela Salinas, trata acerca del impacto ambiental que generan las torres de alta tensión en el paisaje urbano de Santiago; la profesora Salinas muestra como la cartografía puede colaborar en la evaluación de impactos ambientales en la ciudad. El tema tiene amplia validez, toda vez que en otra escala, pero con similares efectos, está en el tapete de la discusión la línea de transmisión que contempla el polémico proyecto hidroeléctrico Hidroaysen.

El artículo del académico Roberto Contreras y las ingenieras comerciales UTEM Angela Cancino y Krystel Martínez aborda un tema de amplia discusión en el contexto actual: ¿el crecimiento económico necesariamente implica un crecimiento del consumo eléctrico? A la luz de la llamada Curva de Kuznetz, el artículo estudia rigurosamente la relación existente entre Producto Interno Bruto y Consumo Energético para decenas de países a lo largo de años. Los resultados son un aporte más a todo lo que a nivel mundial se ha escrito al respecto. En un mundo en que la energía proviene principalmente de recursos fósiles que aportan al efecto invernadero y por ende al cambio climático, es necesario conocer si el crecimiento económico del mundo necesariamente aumentará el CO₂ en nuestra atmósfera.

Como se dijo, desde todas las disciplinas se puede abordar el tema ambiental, una

muestra de ello es el artículo sobre Reutilización Integral de Edificios que los académicos Juan Carlos Cavieres y María Eliana Pino aportan a este número; ellos, desde la mirada de la arquitectura, revisan como el proceso de recuperación de antiguos edificios se convierte en un acto de sustentabilidad. El artículo plantea una mirada innovadora a una línea de investigación que comienza a desarrollarse en nuestro país y cuyo desarrollo contribuirá a solucionar el tan en boga problema de la expansión urbana de la ciudad.

El artículo del académico Luis Valenzuela ilustra detalladamente sobre los distintos impactos ambientales de la actividad agroindustrial del país; con esmero y claridad el profesor Valenzuela va describiendo cada una de las distintas actividades agroindustriales y sus efectos sobre el ambiente. Sin lugar a dudas este artículo es la base de cualquier investigación posterior que aborde alguna de las múltiples aristas de este tema, crucial en un país que pretende transformarse en una potencia alimenticia.

Si la energía nuclear es una alternativa real para la crisis energética es una pregunta que ha generado encontradas reacciones entre quienes apoyan esta alternativa y quienes se oponen; el reciente desastre nuclear de Fukushima abrió aún más el debate, que se ha extendido por el mundo, tanto en los países que ya generan gran parte de su electricidad desde fuentes nucleares, como Francia, hasta países como el nuestro en que la discusión recién comienza. El artículo del profesor Correa presenta, con serios antecedentes, la opción favorable a este tipo de generación energética y entrega argumentos para apoyar esta opción. En medio del debate actual es un real aporte.

A Artículos

«Impacto Ambiental de las torres de alta tensión en la ciudad»

Dra. Marcela Salinas Torres
Profesora Titular del Departamento de Cartografía de la UTEM
Doctora en Geografía, Paisaje y Medio Ambiente. Universitat de Barcelona (2006)
Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente. Pontificia Universidad Católica de Chile (2001)
E mail: msalinas@utem.cl



⋮ Resúmen

Utilizando una matriz georreferenciada, ambientalmente se evalúa el impacto de las torres en el paisaje de Santiago. Analizando los resultados, se genera un conjunto de productos cartográficos, que nos permite conocer dimensionadamente el nivel de impacto ambiental territorial causado por este tipo de estructuras.

Palabras claves: <Evaluación ambiental> <impacto> <torres de alta tensión>

⋮ Abstract

Using a matrix georeferenced, Using a georeferenced matrix, this work evaluates

the environmental impact of pylons in Santiago, Chile. From the analysis of the results obtained, a set of cartographic products is generated, allowing to know metrically the level of territorial-environmental impact caused by this type of structures.

Keywords: <Environmental assessment> <impact> <high voltage towers >

Para analizar la degradación del paisaje, intervenido por la presencia de torres sostenedoras de las líneas que transportan energía eléctrica, es preciso realizar evaluaciones ambientales georreferenciadas; las cuales consideran las propiedades que determinan el valor o

nivel de impacto que generan las torres en el medio, como por ejemplo, su interrelación con la vegetación, la topografía, la visual de línea de horizonte y las características de las infraestructuras urbanas y rurales, entre otros. En este análisis, un rol fundamental lo cumple la disciplina cartográfica pues uno de sus productos, el plano ambiental, es capaz de dar a conocer la realidad y posición espacial de cada uno de los componentes del paisaje, estableciendo niveles jerárquicos de información a nivel no sólo sectorial sino global. Para ello, se referencia en base a la plataforma geofísica de la Tierra, como en relación a hitos de una estructura espacial no siempre asociada a componentes físicos unigráficos.

La Cartografía, a lo largo de nuestra historia, ha cumplido un rol fundamental en el desarrollo de todas las actividades que tiene el hombre en el planeta y en los resultados de investigaciones y observaciones extraplanetarias, desde planos de ciudad de hace más de 8000 años, en donde se representaron asentamientos neolíticos sobre tierras que se explotaron agrícolamente, hasta cartografías que hoy nos permiten visualizar detalles de la superficie de Marte a través de Internet. Es una ciencia utilizada por diversas disciplinas, dado su gran propiedad de transversalidad. Y es también una herramienta necesaria en el reconocimiento del territorio, del espacio, así como en la estructura de unidades celulares; en la espacialidad de fenómenos tangibles como en la distribución de lo intangible; en el emplazamiento de usos de suelo como en la imagen mental de las personas.

En relación a todos los componentes, el producto cartográfico, debe estar

asociado a una base de atributos, argumentada ésta en datos que le dan sustento a la información. Estos, son los que hacen que el mapa sea proactivo y reactivo, por ello el procedimiento metodológico para generar productos cartográficos ambientales, es viable a la hora de representar los impactos que sufre el territorio, de orden antrópico y/o natural, como asimismo, de establecer jerarquías valóricas ambientales de mayor a menor fragilidad.

Para medir el valor relativo de cada uno de los elementos del paisaje, se requiere de un escenario integral, que considere lo natural, lo social y lo económico, tres componentes que son inseparables y complementarios para concretar el respeto, la equidad y la protección del paisaje. Esta triada es fundamental en cada una de las etapas de análisis y gestión. Por ello, a la hora de gestionar el territorio, es importante recordar que el respeto por parte del hombre hacia el mundo que lo acoge, permite hablar de desarrollo sustentable, el que está íntimamente ligado al concepto de calidad de vida, considerando aspectos físicos, interacción social, nivel de creatividad, estética, entre otros.

Esta investigación, plantea el valor de la disciplina cartográfica en la interpretación y representación del paisaje, de la provincia de Santiago, impactado negativamente por torres de alta tensión, reconociendo que el Paisaje es el todo territorial que anida a lo largo de la historia, los valores culturales de la sociedad, carácter que no solamente está inserto en un contexto cuyo valor económico es tal vez primordial sino además social. Reconociendo además las propiedades de la Cartografía al representar el paisaje con objetividad ambiental, incluyendo todos

los elementos que componen el sistema. El análisis del producto cartográfico sirve como instrumento normativo en apoyo a la planificación espaciotemporal.

⋮ I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Paisaje, es un patrimonio cultural e histórico, es una fuente de recursos, plataforma de nuestra calidad de vida. Este recurso, no sólo es un lugar es también su imagen, reside no sólo en la naturaleza, en la historia, en la estructura social, sino además en la cultura, es un hecho, es una forma geográfica.

El Paisaje es un sistema y no un conjunto, todos sus componentes se interrelacionan; es dinámico y singular, es la unión de la natura con todos los elementos tangibles e intangibles que el hombre aporta al ambiente. La interacción natural y antrópica que se produce entre todos sus componentes, permite asociarle un valor, cuyo resultado se refleja en la imagen que cada individuo modela de él. Sin embargo, esta imagen depende de la percepción que el hombre tiene de su entorno, la que a su vez varía dependiendo de los valores de éste, sus experiencias y su cultura, sin olvidar que esta última, es un todo que se adquiere al nacer y crecer, es un plan de vida que condiciona la forma en que el sujeto siente lograr satisfacer sus necesidades, así como desarrollar plenamente su potencial humano.

Las problemáticas que enfrenta el hombre en el espacio que habita o que quiere proteger de sus actividades, se contextualizan en parte, en la dictación de una política que acredite soluciones efectivas resguardadas en la legislación. En Chile, las problemáticas de índole ambiental, no son lo suficientemente abordadas, pues reconocer que es más

importante preservar un espacio antes que conservarlo o transformarlo por completo, es una difícil y precaria realidad en los planes de protección del paisaje.

Una de las dificultades ambientales que enfrenta el país es la diaria y permanente convivencia con la red eléctrica que sostiene la faja de torres de alta tensión. Específicamente, la provincia de Santiago, inserta en la Región Metropolitana del país, en la que habitan aproximadamente 5.000.000 de personas, tiene una alta diversidad de demandas, establecidas sobre numerosos parámetros de servicio y oferta. Dentro de estos últimos, la energía eléctrica, como una necesidad primordial a la hora de establecer la urbanización que identifica a la ciudad. No existe un catastro real del emplazamiento de las torres de alta tensión en el casco urbano de la provincia y menos, un análisis del levantamiento de estas estructuras en el medio.

En este contexto, situar una problemática espacialmente, es la mejor idea para mostrar la línea de base de un territorio, sobre la cual se establece un diagnóstico y se analiza la evolución de éste respecto de las transformaciones, compensaciones o mitigaciones que, bajo normativas ambientales, se le pueden aplicar.

Las características de la provincia de Santiago, dado el nivel evolutivo de crecimiento que ha presentado a lo largo de la historia del país, permiten determinar que se trata de un territorio, cuya población requiere de los mayores índices de servicio a nivel país y al mismo tiempo, demuestra ser uno de los sistemas más afectados por diversos tipos de contaminación, producto de la centralización de actividades y manejo administrativo de las inversiones nacionales.

II. ANTECEDENTES

La Región Metropolitana se localiza entre los 32°56'y los 34°17' latitud sur y entre los 69°47'y los 71°43' longitud oeste. Esta, comprende una superficie de 15.554,5 kilómetros cuadrados, lo que equivale al 2,1 % del territorio nacional, excluyendo el territorio antártico. Está compuesta por seis provincias, de entre las cuales la provincia de Santiago está conformada a su vez por 32 comunas.

2.1. La provincia de Santiago

De acuerdo al censo de 1885, la provincia de Santiago contaba con 359.760 habitantes distribuidos en 24 comunas. Hoy, de acuerdo al censo de 2002, el número de habitantes, sobrepasa los 4.700.000. Su expansión, se ha convertido en la causa de una problemática ambiental, dado los impactos que las actividades urbanas provocan en el entorno. Los suelos perdidos bajo el duro cemento, han arrojado como consecuencia la destrucción de la vegetación, la extinción de la flora y fauna nativa y la contaminación de las aguas así como la saturación de la ciudad en términos atmosféricos. Hoy en día se reconoce poco a poco que a estos tipos de contaminación, además se suman los impactos visuales, fenómenos que encasillan la percepción del hombre sobre su medio.

El crecimiento urbano, en las comunas periféricas de la provincia, se ha establecido como "modelo de desarrollo", acentuando que mientras más transformado es el territorio en bien de la calidad de los servicios que sus habitantes necesitan, mejor se vive en la ciudad, ello complementado con los sitios verdes que no se explotan, dado las condiciones

geomorfológicas que los acogen y que irrisoriamente prestan una visual "natural" a los habitantes de esas nuevas zonas residenciales que ha estipulado el Plan Regulador Metropolitano. Las inmobiliarias juegan hoy un rol desafiante frente a la naturaleza que sostiene el territorio provincial de Santiago, asentando los bordes de la ciudad en verdaderos bordes geográficos que ya no cuentan con más espacio real para acoger nuevas construcciones de viviendas, servicios e infraestructura vial. Estas comunas se complementan a la vez con aquellas que prestan emergentes áreas de comercio, finanzas, educación y salud, de tal forma de abastecer a la población desde sus propias áreas comunales y las de las vecinas, creando verdaderos núcleos intercomunales.

No es Desarrollo explotar el sistema, pues el crecimiento de las ciudades supone la ocupación de suelos que no tienen la capacidad de asimilar las acciones antrópicas sobre él. Es en este sentido cuando se habla de la fragilidad del sistema, indicando la vulnerabilidad o el grado de deterioro que éste sufre. Desarrollo es sinónimo de calidad de vida, es alcanzar la felicidad de las personas y la protección del medio natural, esto último siendo parte importante para lograr lo primero. El hombre requiere no sólo del bienestar físico, económico, social, en la ciudad y en cualquier sitio, sino además del bienestar psíquico, al que contribuye claramente la naturaleza, pues de acuerdo a su percepción, a cómo aprecia, enfrenta y se mueve en su entorno, es viable hablar de estados de calidad. Por ello, es imprescindible entonces, vivir en un medio respetuoso con la naturaleza, cuyas políticas de urbanización integren programas con límites de extensión y que permanentemente, se instauren planes de

mitigación frente a los errores urbanos que han desconfigurado los estados naturales del medio.

2.2. Distribución de las torres de alta tensión en la provincia de Santiago

En medio de esta expansión, se emplazan 1261 torres de alta tensión, de las cuales 822 se localizan en la zona urbana de la Provincia. Estas torres están distribuidas por fajas y cruzan la ciudad en distintos ejes cardinales, estableciendo redes interconectadas con otras fajas en muchos casos. De las 32 comunas que componen la Provincia de Santiago, en 25 de ellas se emplazan torres de alta tensión (78.13%). Estas son las siguientes: Quilicura, Huechuraba, Pudahuel, Renca, Cerro Navia, Quinta Normal, Santiago, Lo Prado, Estación Central, Cerrillos, Maipú, Vitacura, Las Condes, La Reina, Recoleta, Conchalí, Providencia, Pedro Aguirre Cerda, Lo Espejo, San Miguel, La Cisterna, San Joaquín, Macul, Peñalolén y La Florida.

El crecimiento demográfico y físico de la provincia de Santiago, requiere de mayor consumo de energía eléctrica y a la vez, de mayor cantidad de infraestructura en términos de torres y líneas de conducción eléctrica. Este es quizás el gran desafío que guarda la autoridad ambiental de la ciudad, al evaluar la calidad de los espacios urbanos, en relación al paisaje y desarrollo ambiental.

III. LA CARTOGRAFÍA COMO APOYO A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

El producto final de una planificación territorial es el producto cartográfico. En él, es posible apreciar la configuración territorial, con todos sus componentes, para diagnosticar sus problemas y potencialidades y al mismo tiempo,

considerando las metas y objetivos que tiene la comunidad, proyectar un modelo territorial, basado en medidas estratégicas ambientales.

Una de las metodologías para crear cartografía ambiental o cartografía paisajística, se basa en la superposición de mapas temáticos (vegetación, topografía, usos del suelo, geomorfología, etc.) y luego en la delimitación de subunidades, las que se determinan por características homogéneas desde el punto de vista visual. Imprescindible de considerar, es el factor de escala, aunque no existe mayor consenso acerca de cuál debe adoptarse para representar la información ambiental, es preciso determinar previamente el nivel de detalle que se desea capturar del terreno, para luego traducirlo en el plano. El nivel descriptivo que se requiere para la valoración del paisaje debe ser siempre merológico, detallado. De ello depende el nivel de análisis ambiental que requiere un sector.

Existen técnicas para diagnosticar y valorar, con las cuales es posible distinguir condicionantes propias y externas de un territorio, en base a las actividades antrópicas que en él se desarrollan. De los procedimientos más utilizados hoy, puede mencionarse el Método de los Escenarios, bajo el cual puede simularse el conjunto de acontecimientos sucesivos, que se han originado en un determinado territorio, base sobre la cual es posible traducir una situación futura. La visualización de este conjunto de escenarios, puede representarse cartográficamente en un producto de síntesis diacrónico, con la descripción del paisaje y sus componentes cualitativas y cuantitativas, así como su ubicación y la proyección del territorio en base a la acción o el evento que pueda

modificarlo. Este producto cartográfico es capaz de servir preventivamente, permitiendo una visión integral de cómo se encuentra ordenado el territorio y cómo evolucionará a futuro.

3.1. La Cartografía, los sistemas de información geográfica y la evaluación visual

Generar productos cartográficos, requiere de un manejo eficiente de la información, conocer las pautas matemáticas y sistemáticas de base y desarrollar la o las temáticas de acuerdo al comportamiento del territorio, siendo veraz en el tratamiento de los datos, cuyo objetivo se cumpla en el marco del análisis y de la toma de decisiones. Hoy en día, es indispensable que su generación y manejo a través de los medios informáticos, no sólo se traduzca en una técnica para situar y transformar información, validar estadísticas, diseñar un producto gráfico, sino que principalmente se aplique la concepción espacial que desarrolla el cartógrafo, para obtener un producto cuya información permita ser tratada y analizada de forma integral. La concepción espacial con que cuentan los profesionales cartógrafos, se adquiere a través del conocimiento y no cambia a pesar de la revolución de las tecnologías y sus rápidas actualizaciones. Los conceptos y principios permanecen.

La tecnología para la disciplina cartográfica, es una herramienta geomática que utiliza para levantar el dato y generar productos que comunican información, la esencia de estos productos cartográficos se funda en la precisión matemática para representar el territorio, en la creatividad como arte, en la interpretación de la realidad, en todo lo que significa concretar la obtención de

información, representarla espacio temporalmente, hacer un análisis integral y transformarla en conocimiento.

La importancia de la Cartografía en términos ambientales es indiscutible. A través del levantamiento georreferenciado de los datos que conforman tangible e intangiblemente el territorio, pueden describirse cada uno de los geocomponentes de un ecosistema, a un nivel de detalle merológico y con una resolución óptima. Pero más allá de la representación georreferenciada de cada uno de estos elementos, la Cartografía permite obtener una mirada global del sistema todo, reconociendo las interrelaciones que entre sus componentes existen. Por lo tanto, su producto no es estático, pues muestra una realidad en un momento determinado, integral y dinámica. Hoy, esta realidad con el apoyo tecnológico, a través de los Sistemas de Información Geográfica, puede dinamizarse aun más con la actualización casi instantánea de sus datos y con las diversas metodologías predictivas en términos de eventos que a futuro pueden afectar un territorio. Con los modelos virtuales, pueden representarse por ejemplo, posibles eventos naturales que, dado su carácter amenazante sobre la población, se pueden evitar gracias al análisis de una cartografía de riesgos ambientales.

Los medios por los cuales los productos cartográficos se han generado, han evolucionado a lo largo del tiempo, las habilidades manuales han sido sustituidas en gran medida por tecnologías óptico mecánicas y estas a su vez por tecnologías foto químicas. En la actualidad por métodos electrónicos, lo que ha generado una revolución, en bien de la rapidez en la obtención de los datos y de la

acreditación de la información. Sin embargo, se puede afirmar que es en los últimos quince años aproximadamente, que estos alcances han prosperado gracias a los avances tecnológicos que hoy imperan en el mercado y que son la revolución positiva en el desarrollo de los productos cartográficos. Décadas atrás las bases de datos o bases estadísticas, provenían de inmensos archivadores y listados en formato papel, hoy con tecnologías computacionales la información se archiva digitalmente y puede actualizarse permanentemente. Este sistema es el conocido como Sistema de Información Geográfica, que aunque también debiera ser reconocido en términos análogos de la información, hoy sustenta la denominación asociada a las tecnologías de última generación.

3.2. La base sustentable de la Cartografía: la Información

En la era de los descubrimientos, se construyó un mapa de California de los Estados Unidos, que la consideraba geográficamente como una isla, situación que por más de 200 años fue aceptada por los habitantes del viejo mundo, sin imaginar que el mapa contenía información errada.

Uno de los elementos fundamentales para lograr la sustentabilidad cartográfica es la información precisa del medio, lo que permite visualizar en forma objetiva la realidad espacial. La información que se requiere para alcanzarlo es de carácter multisectorial: demográfica, económica, social, cultural, topográfica, sanitaria, entre otras. Los Sistemas de Información Geográfica permiten integrar todos estos datos, lo que se traduce en ventajas operativas para la posterior gestión, así como para establecer sistemas

indicadores o índices. (Pimienta M., 2006).

Para evaluar el impacto que generan las torres en el paisaje, con una visión integral y sostenible, es necesario aplicar matrices de valoración ambiental, cuyos indicadores permiten caracterizar cada torre, dependiendo del nivel de impacto visual negativo que genera cada uno de los componentes propios de ellas, el sitio donde éstas se levantan y el entorno físico en la que se emplazan. El nivel de información que contienen estas matrices, es fundamental para el análisis y la valoración sistémica ambiental. A cada indicador, dependiendo del nivel de relación directa que pueda tener la persona con la torre, se le debe asignar un valor, considerando además, las actividades que el individuo desarrolla en las proximidades de la misma, para así definir la interrelación y el grado de impacto que se genera sobre él y sobre el medio.

IV. METODOLOGÍA

Se estructuró un método sistematizado en tres etapas (inventario, análisis y evaluación), cuyos resultados se traducen en una serie de productos cartográficos que pretenden servir de apoyo, para la gestión del territorio y para la toma de decisiones, a quienes actúan sobre él. El muy citado, bibliográficamente, método ambiental básico de las tres etapas (inventario, análisis y evaluación) se sistematizó de tal forma que los resultados se traducen en una serie de originales productos cartográficos, que pretenden servir de guía para la gestión y ordenación del territorio y para la toma de decisiones, a quienes actúan sobre él. La base de datos se organizó a partir del inventario georreferenciado entre los años 2006 a 2007.

Fue necesario conocer el estado físico estructural de las comunas en las que se emplazan las torres, analizando el impacto que producen a través de un reconocimiento en terreno, conociendo directamente la situación de cada una y su entorno natural (físico) y social. En segundo lugar, luego de aplicar una misma escala de observación, se regionalizó el área de acuerdo a homogeneidades territoriales (misma estructura vegetacional, similar pendiente del terreno, similar condición estructurante en relación a las construcciones antrópicas, etc.). En esta etapa puede hablarse de fenosistemas, aludiendo que cada región o sectorización es un único paisaje, de modo que el conjunto de todas las unidades territoriales conforma el área total en estudio. Por lo tanto, analizar cada una de ellas y principalmente la interrelación que entre ellas existe, ayudó a conocer la estructura y estado del sistema territorial completo en el que están levantadas.

Por otra parte, los indicadores reflejan decisiones políticas, explícitas o implícitas, y son instrumentos que influyen en las políticas y en los principios básicos del desarrollo de la sociedad, es por ello que se propusieron indicadores objetivos, de tal modo que el problema ambiental en sí se reflejara tal como es en la realidad.

El impacto que en esta investigación quiso evaluarse, estableciendo alternativas de solución, bajo un método que fuese objetivo y riguroso, permite tomar una decisión equilibrada para la efectiva protección del ambiente, en este caso tratándose de la protección del paisaje, fue fundamental determinar los riesgos y beneficios de la acción.

De acuerdo a la Política Ambiental

Chilena, sustentada en la Ley 20.417, se establece un conjunto de criterios que explicitan los aspectos ambientales que interesa proteger, frente a la instalación de proyectos o actividades. Identificado el problema ambiental, que en este caso es la presencia de las auto soportantes de líneas de transmisión de energía, más conocidas como torres de alta tensión, y seleccionada el área de estudio, se procedió a identificar aquellos indicadores que midieran el impacto en el paisaje.

Las metodologías de evaluación son procedimientos que identifican, cuantifican y cualifican los impactos ambientales. La primera etapa en toda metodología de esta naturaleza, consiste en identificar los procesos físicos, biológicos, socioeconómicos y culturales que pueden verse afectados por una acción determinada. Luego de cubrir este proceso, se evaluaron cada uno de los impactos, lo que generó una predicción a través del cálculo o la estimación, de la magnitud y de la importancia de éstos.

En esta investigación se le dio énfasis a la diferencia que existe entre la identificación de los geocomponentes involucrados y la magnitud e importancia que tiene el impacto. En la primera parte, pudieron visualizarse todas las variables relacionadas directamente con el espacio en el cual se levanta cada torre. Por otra parte, es importante señalar que el método tiene sus fundamentos en un sentido ambiental y no económico, garantizando así la conservación y preservación del paisaje. Pues si aludimos a una planificación ambiental, estamos citando una gestión no sólo económica sino también desde el punto de vista del bien social y natural. En este sentido, se propuso una metodología que permitiese determinar la fragilidad y calidad del

paisaje en el que se emplazan las torres de alta tensión, para lo cual se determinaron variables y componentes propios del espacio, así como las acciones antrópicas que en él se desarrollan.

Después de analizar cada una de las metodologías, se pudo concluir que son dos las temáticas que coinciden en la mayoría de los métodos aplicados. Por una parte, la percepción del observador, como una componente decisiva al momento de elegir las variables que inciden en el valor que los observadores aplican al paisaje. En segundo lugar, la Cartografía, como un instrumento necesario al momento de representar merológicamente los componentes del paisaje, herramienta que es reconocida como eficaz para el análisis del territorio, con la cual pueden tomarse decisiones efectivas y ambientalmente sustentables.

Con esta aseveración, es válido mencionar que el análisis territorial que se ha realizado desde tiempos remotos, siempre ha tenido la oportunidad de apoyar su fundamento en esta disciplina, independiente de los recursos e instrumentos para hacerlo. Desde un producto cartográfico análogo hasta modelos tridimensionales, la Cartografía ha sido una ciencia que siempre sustenta sus datos en archivos multirrelacionales. Hoy se manejan bases de datos múltiples que sirven de sustento a los innumerables productos en archivo digital, generados sobre la base de las interrelaciones derivadas de la información espacial. Las nuevas tecnologías permiten mantener las bases actualizadas de la información, situación que interviene en el rápido conocimiento del espacio territorial. Los fenómenos que en éste ocurren, pueden graficarse verazmente en formatos que dependen del nivel de detalle con que el

usuario necesita conocer el sistema. Lo importante del profesional cartógrafo es que gracias a sus competencias, es capaz de recoger los antecedentes del territorio, analizar y decidir su formato, diagramación y simbología correspondiente, plasmar los datos en el producto cartográfico y luego, mantener actualizadas las bases de información para que el experto pueda decidir en bien de la planificación territorial ambientalmente acertada. Para esto, el cartógrafo es quien puede reconocer los elementos tangibles y/o intangibles en el terreno, georreferenciarlos espacialmente y comunicarlos al usuario, estableciendo eficientemente los formatos y simbología al momento de representar la realidad.

4.1. Primera Etapa

Las matrices de identificación para realizar la etapa de inventario, se construyeron mediante una lista de factores ambientales que potencialmente pueden ser afectados por la presencia de una torre. Para investigar el caso de la provincia de Santiago, se establecieron criterios ambientales que permitiesen evaluar objetivamente la presencia de las torres en el paisaje. Éstos, fueron los siguientes: Localización (Identificación de la torre), Evaluación Ambiental (Variables específicas), Impacto Ambiental sobre el paisaje (Biota, Abiota) e Impacto Visual sobre el paisaje (Visual de acuerdo a la posición del observador).

Las matrices de valoración ambiental, consistieron en un listado de características asociadas a la infraestructura cerca de la cual habitan y se desenvuelven las personas, como asimismo características propias de los componentes de la naturaleza (suelo, aire, agua, otros). Estos componentes fueron

confrontados con la presencia de cada torre. La técnica a escoger para establecer una valoración del sistema en estudio, debió cumplir con el propósito de cuantificar y cualificar las variables consideradas en el tiempo y en el espacio. La matriz propuesta estuvo determinada por dos listados, uno que correspondió a las variables culturales y naturales del área y otro, a la identificación de cada torre. La matriz dio a conocer la presencia de cada una de las variables en las proximidades de cada torre, como asimismo el número de variables que intervienen en el paisaje junto a la estructura.

Localización de la torre

En este ítem, se mencionan las características propias de cada torre, localizando espacialmente la estructura, dando a conocer el diseño de construcción y el servicio específico que entrega para la conducción de energía. Las variables consideradas fueron: el nombre de la faja que compone la torre, la georreferenciación, la altura, la comuna, el diseño estructural y el tipo de torre (Suspensión, Transposición, Anclaje).

Evaluación ambiental de la torre

Cada variable en este ítem, estuvo jerarquizada de acuerdo al nivel de impacto que genera visualmente cada torre en el paisaje. Para ello, se adoptaron criterios de evaluación, que permitiesen establecer niveles de impacto en forma consecutiva. Debió considerarse: el Nivel Topográfico Superior (pendiente), el Número de Aisladores asociados a cada torre, el Número de Conductores, la Señalización Estructural, la Pintura de la estructura, el Levantamiento de la torre (suelo natural, cubierta dura), el Uso de suelo a menos de 100 metros (parque, vivienda, recinto educacional, etc.), el Propósito del uso a menos de 100 metros

(recreación, habitación, educación, etc.), el Estilo de la estructura a menos de 100 metros (casa, departamento, etc.), la Proyección aérea de sus líneas (sobre viviendas, sobre recintos educacionales, sobre comercio, sobre otro tipo de infraestructura, sobre áreas verdes, otros. Las alternativas, se jerarquizaron de acuerdo al tiempo de permanencia, horarios y edad de los usuarios), la Proximidad a áreas verdes/áreas de ocio (mayor de o menor de 50 m), la Proximidad a estructuras edificadas de similar altura que las torres (mayor de o menor de 50 m), la Proximidad a áreas arbóreas cuya altura es mayor a cuatro metros (mayor de o menor de 10 m), la Proximidad a Red Vial (mayor de o menor de 10 m), la Proximidad a Viviendas (mayor de o menor de 10 m) y finalmente considerar con jerarquía de impacto, aquella torre situada a menos de 50 metros de edificaciones públicas.

Valoración del impacto ambiental sobre el paisaje

En este ítem se consideró el impacto negativo que se genera sobre los diversos componentes naturales y antrópicos del sistema, conociendo el efecto sobre los geocomponentes bióticos y abióticos del área en estudio. El nivel de impacto ambiental se estableció bajo distintas categorías de acuerdo a la magnitud del impacto: Alto, Medio, Bajo y Nulo.

Las variables consideradas en los ítems I y II se establecieron como: Substrato (se definió su degradación física a causa de la instalación de la torre: remoción de material, pérdida de vegetación natural o espontánea y todos aquellos cambios adversos que afectan la porosidad, permeabilidad y estabilidad estructural de los suelos), Agua (la valoración del subsistema debió ser de acuerdo a la

presencia o no, del recurso junto a cada torre. Si estaba presente, la valoración fue positiva, dado que aminora el impacto que genera la torre, ya que se está midiendo el impacto visual en el cual intervienen directamente las características naturales del paisaje en conjunto con las creadas antrópicamente), Flora (se midió su presencia, dentro de lo cual intervino su magnitud, su estructura: forma, tamaño, altura, y su densidad), Fauna (asociada a la presencia de vegetación en el sistema. Se midió bajo parámetros de presencia o ausencia en torno a cada una de las torres y para calificar su presencia, se observó la cantidad de especies o familias presentes, como asimismo el grado de permanencia de éstos en el entorno), Variable Social (se consideró la presencia o no, de los elementos culturales propios de la población del área en estudio. Si estaban presentes, fue conveniente establecer una jerarquía de impactos negativos entre aquellos de carácter de servicio público, con mayor impacto asociado, y los de carácter particular, con menor impacto asociado), la Infraestructura (su calificación o valoración de impacto, dependió del tipo de infraestructura y especialmente del servicio que ésta presta a la comunidad).

Impacto visual sobre el paisaje

Se consideraron las siguientes condiciones: Visual de la torre, Alteración visual en el entorno inmediato, Alteración del fondo escénico, Apreciación de la torre 100 metros a la redonda y Visual de la torre a más de 100 metros. La evaluación asignó a las tres primeras: Impacto Alto, Impacto Medio e Impacto Bajo, lo que dependió del nivel de visual que tiene cada torre en el paisaje y de su grado de intervención en el mismo. Para las dos últimas variables, se contestó afirmativa o negativamente dependiendo de la situación de cada torre.

Observación:

Es importante mencionar que al momento de asignar valores de impacto, todos los valores asociados a las variables involucradas, se acumularon, por lo tanto mientras mayor número de variables asociadas, mayor resultó la sumatoria de evaluación y mayor entonces el nivel de impacto negativo que causa cada torre en el paisaje.

Con respecto a la valoración visual, fue importante establecer los parámetros de acuerdo a la distancia y al grado angular entre el punto de observación y la torre. Para ello debió determinarse la distancia y los puntos o hitos de medición. Esta variable fue fundamental de medir, porque permitió conocer la imagen que proyecta el paisaje con la presencia de la torre, conocer si se logra apreciar a una distancia determinada y desde diferentes puntos de observación, radialmente opuestos entre sí. Los parámetros considerados permitieron a su vez, determinar el nivel de impacto basado en la calidad visual, así como en la fragilidad visual que sufre el paisaje con la presencia de torres.

4.2. Segunda Etapa

Luego de observar e identificar la información de las torres, se determinaron las unidades de paisaje, estableciendo la asociación entre medio natural y asentamiento humano espontáneo o sin planificar. Se validaron y aplicaron las matrices de valoración de impacto y se generó una base de datos, el diseño y el producto cartográfico.

La herramienta cartográfica permitió visualizar la situación ambiental de la provincia de Santiago, respecto de las torres de alta tensión. Para levantar esta información se elaboró un mapa a escala

1 : 10.000, en el cual se consideró toda la información recogida en terreno, lo que permitió visualizar y comprobar los atributos correspondientes en términos de catastro. Este producto representó el emplazamiento georreferenciado de las torres y todos los datos asociados.

4.3. Tercera Etapa

Se consideraron todas las capas de información y se establecieron niveles de impacto, los que derivaron de la sumatoria de eventos significativos, permitiendo establecer una comprensión ambiental del espacio en el que se emplaza cada torre, asociando las características físico - territoriales como asimismo, socio económicas de la población. Esta información se pudo visualizar a través de una cartografía de síntesis, la cual permitió analizar el impacto global en la provincia.

∴ V. RESULTADOS

En la provincia, se emplazan 28 fajas de torres. De cada una se obtuvo un nivel de impacto, promediando el impacto generado por el conjunto de torres. Pues, no todas las torres causan el mismo nivel de impacto a la población y menos en el paisaje. Las torres que se emplazan en el sector urbano de la provincia de Santiago, corresponden a 822 y las torres rurales suman 439. El total de total de éstas, se emplaza aproximadamente a lo largo de 252,2 kilómetros de longitud.

En términos de proporción, menos del 5% de los suelos de la provincia se ocupan para las torres y el desplazamiento de las líneas conductoras, por lo tanto, si bien el costo que significaría soterrar el cableado es cuatro veces mayor que sostenerlos en la superficie, en proporción a la magnitud de los impactos arrojados en la evaluación y al área provincial, no es un costo elevado. Al contrario, es un costo que debiera asumirse por parte de los proveedores de energía eléctrica.

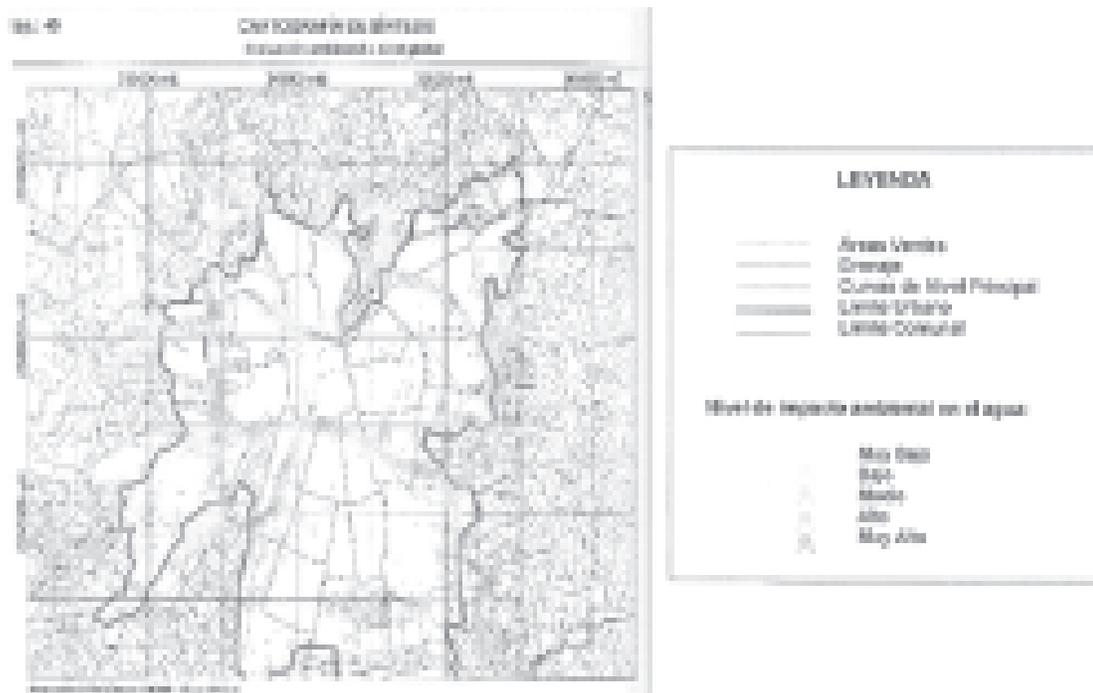
A continuación se dan a conocer algunos resultados de los impactos generados por torres urbanas de la provincia de Santiago.

5.1. Cartografía de Síntesis Global

La cartografía de síntesis global establece el estado del paisaje en su totalidad, es decir considera todas y cada una de las variables que permitieron evaluar las torres. Por lo tanto, cada variable de cada ítem fue considerado en la sumatoria total de cada matriz, con lo cual pudo asignarse un valor de impacto global a cada torre.

Se aprecia en el mapa 1 que sólo un 1% de las torres urbanas genera un muy alto impacto en la ciudad, situación que generan las torres emplazadas frente al hospital de Peñalolén en la Av. Las Torres y las que se emplazan en las proximidades de la Av. Grecia con la Av. Consistorial. Ambas fajas se ubican en la comuna de Peñalolén.

Mapa 1: Cartografía de Síntesis



Fot. 1: Torres emplazadas en Av. Las Torres, Peñalolén



La primera situación se genera en el sector del hospital, tratándose de un lugar estratégico en el que además el flujo vehicular es muy alto. Es un área de emergencia y por lo tanto, el flujo es presionado para que circulen a altas velocidades los vehículos de emergencia médica. Por otra parte, la visión de las torres en ese sector, es de alta visual y el entorno conserva espacios verdes sobre los cuales éstas se emplazan. Es un sector sobre el que se proyectan las líneas conductoras sostenidas por torres de color blanco y rojo, atrayendo así la atención de quienes circulan por el sector. La asignación de color se debe a que en las proximidades se encuentra el aeródromo Eulogio Sánchez y las torres de blanco y rojo generan el sentido de

alerta a quienes aeronavegan ese espacio, como asimismo, complementan las normas de seguridad para quienes necesitan acudir al recinto hospitalario con personas que requieren de una atención médica urgente y que por lo tanto son transportadas en algunos casos mediante helicópteros de carabineros. Es importante considerar que además se trata de un sector que topográficamente se encuentra más alto que el resto de la ciudad, lo que permite que la visual de las torres sea más clara y directa en el entorno inmediato como en el fondo escénico.

Este sector a pesar de mantener espacios verdes en los bandejones sobre los que se levantan las torres, comprende vegetación arbustiva de más de cuatro metros en algunos casos y por lo tanto, ello permite que las torres sean visualizadas sólo en un 30% aproximadamente, sin embargo dado la gran altura de las estructuras (aproximadamente 35 metros), logran generar en el paisaje un alto grado de impacto en el entorno y en el fondo escénico, pues esta vegetación no tiene mayor follaje y además en algunos espacios existen árboles aislados que

permiten que las estructuras sean claramente percibidas. Las torres mencionadas se encuentran a menos de 50 metros de las viviendas y asimismo de colegios y del hospital.

Por otra parte, las torres ubicadas en la Av. Grecia en las proximidades de la Av. Consistorial, son también de color blanco y rojo y a pesar de ser tubulares y de gran altura (aproximadamente 35 a 40 metros), se visualizan plenamente en el entorno inmediato y fondo escénico. La vegetación que se encuentra junto a ellas y a lo largo de toda la faja, es arbustiva y en su mayoría de más de cuatro metros de altura, pero a pesar de ello, no impide capturar la visual de las torres.

Estas torres se encuentran a menos de 50 metros de las viviendas, dentro de las que destacan los edificios de cuatro pisos, permitiendo que mayor número de población esté enfrentada a su presencia. Se levantan estas estructuras en medio de la avenida principal, se encuentran a menos de 100 metros de recintos pre escolares, a menos de 100 metros de un colegio de enseñanza media y a menos de 100 metros de centros médicos, dentales



Fot. 2: Torres emplazadas en Av. Grecia, Peñalolén

y de centros comerciales. Asimismo, las líneas conductoras que sostienen, se proyectan sobre áreas verdes y además por sobre las redes viales que interceptan la Av. Grecia. Estas torres se encuentran ubicadas en las inmediaciones del aeródromo Eulogio Sánchez y se localizan en la línea de vuelo de las aeronaves que despegan o aterrizan en el recinto aeronáutico.

Por otra parte, en el mapa 1 se aprecia que el 12% de las torres genera un impacto global alto, las que se emplazan en torno a la subestación Cerro Navia, en donde la cantidad de torres impacta de inmediato el entorno y estas inciden en la visual especialmente de los conductores que transitan al lado poniente de la subestación, encontrándose con líneas conductoras sobre la vía y sobre los espacios verdes que se han levantado bajo las fajas de torres. Es un sector en el que confluyen todas las fajas de torres del poniente de la ciudad. También se encuentran las torres que se emplazan en las proximidades de la subestación San

José, tratándose de estructuras que están muy próximas a las viviendas y cuyas líneas conductoras se proyectan sobre algunos sitios residenciales. Además, se trata de las torres que se emplazan al sur de la faja de la Av. Claudio Blest, en donde existen viviendas de hasta cuatro pisos, junto a las cuales se levantan las torres y además donde las líneas conductoras se proyectan sobre redes viales y sobre espacios verdes angostos. Lo mismo ocurre con las torres que comprenden la faja que llega a la subestación Santa Elena, las que se levantan sobre espacios verdes y muy próximas a las viviendas del lugar.

Por otra parte, las torres ubicadas en la Av. Grecia en las proximidades de la Av. Consistorial, son también de color blanco y rojo y a pesar de ser tubulares y de gran altura (aproximadamente 35 a 40 metros), se visualizan plenamente en el entorno inmediato y fondo escénico. La vegetación que se encuentra junto a ellas y a lo largo de toda la faja, es arbustiva y en su mayoría de más de cuatro metros de altura, pero a pesar de ello, no impide capturar la visual de las torres.

Por otra parte, las torres ubicadas en la Av. Grecia en las proximidades de la Av. Consistorial, son también de color blanco y rojo y a pesar de ser tubulares y de gran altura (aproximadamente 35 a 40 metros), se visualizan plenamente en el entorno inmediato y fondo escénico. La vegetación que se encuentra junto a ellas y a lo largo de toda la faja, es arbustiva y en su mayoría de más de cuatro metros de altura, pero a pesar de ello, no impide capturar la visual de las torres.



Fot. 3: Torre emplazada en un condominio de Av. Las Perdices, La Reina.

Asimismo, se emplazan torres con esta característica en la Av. Las Perdices o dentro de los recintos residenciales y estudiantiles de esa avenida, lo que genera en su población un alto grado de incertidumbre, pues las personas que viven, estudian y trabajan en estos lugares, se encuentra permanentemente con la presencia de torres que invaden el espacio y que se imponen en el medio todo.

Finalmente, existen las torres de la Av. Cuarto Centenario, que también generan un alto impacto, pues se trata de estructuras que visualmente afectan notablemente el medio y además se trata de torres que se emplazan a escasos metros o centímetros algunas, de las viviendas, como asimismo en plena vereda u orilla de calle, espacios públicos sobre los cuales las personas deben transitar.



Fot. 4: Torres emplazadas en Av. Francisco Bulnes Correa, Las Condes.

El 56% de las torres genera un nivel medio de impacto, las que predominan en la zona urbana de la provincia. Estas torres se emplazan en gran parte del cerro San Cristóbal (78%), como asimismo en la Av. Cuarto Centenario, a lo largo de las rutas al norte y sur de la subestación Cerro Navia, en casi el total de la faja de la Av. Francisco Bulnes Correa (92%), a lo largo de casi toda la Av. Las Perdices (81%), en casi el 75% de la faja que existe en Av. Grecia, a lo largo de casi toda la faja que se emplaza en la Av. Las Torres (86%), en casi toda la faja que existe en la Av. Tobalaba (92%), en casi el 75% de la faja que se levanta en la Av. Claudio Blest, en casi el 75% de la faja de la subestación General Velásquez, en casi el 50% de la

faja de la subestación San José y a lo largo de toda la faja de la subestación Altamirano.

Por otra parte, el 29% de las torres genera un nivel de impacto bajo, las que se emplazan a los pies del cerro San Cristóbal, en casi el 75% de la faja emplazada en la Av. Valenzuela Puelma, al sur de la faja emplazada en la Av. Tobalaba, en medio de la Av. Las Torres de Macul, al sur de la comuna de Cerrillos, al poniente de la faja de la subestación General Velásquez, al poniente de la faja de Cerro Navia poniente, al norte de la Costanera Norte por la faja que se inicia en la subestación Cerro Navia, al norte de la faja que cruza la comuna de Recoleta y las que se

emplazan entre el cruce hacia la subestación Altamirano hasta la ribera norte del río Mapocho antes de cruzar al parque de Los Reyes.

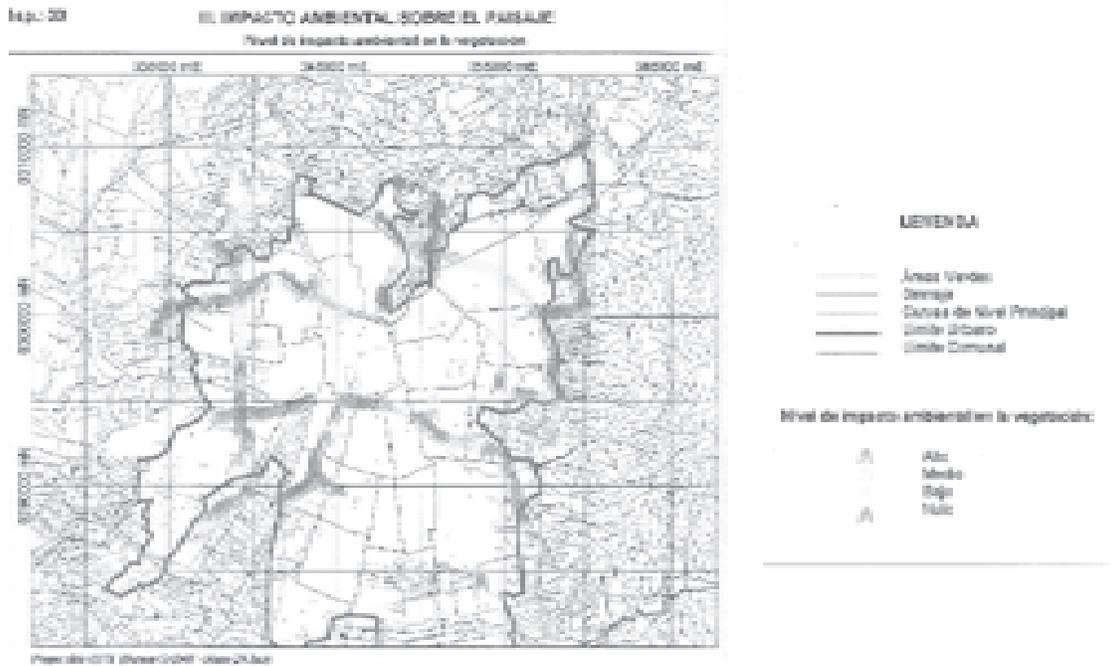
Finalmente, el 2% de las torres genera un nivel de impacto muy bajo, las que se emplazan al sur de la comuna de Cerrillos.

5.2. La red eléctrica en la zona urbana provincial

Más del 65% de las torres proyecta sus líneas sobre áreas verdes, en el sector urbano de la provincia de Santiago. Tanto sobre parques, plazas, como sobre bandejones que las municipalidades han

permitido que se transformen en fajas verdes en las que la población transita y descansa. Esta situación es frecuente en la ciudad, muchas áreas de diversos estratos socioeconómicos han sido transformadas para que la población las considere como zonas de esparcimiento, sin pensar en el riesgo que puedan correr bajo las líneas conductoras de energía eléctrica. Dentro de estas áreas verdes, están consideradas además las canchas deportivas que se emplazan generalmente en los barrios populares y sobre las cuales la población ha generado verdaderos centros de recreación familiar, los que son aéreamente supervisados por largas fajas de cableado eléctrico.

Mapa 2: Proximidad de torres de alta tensión a áreas verdes



Por otra parte, se aprecia en el Mapa 2, que el 68% de las torres se encuentra a menos de 50 metros de áreas verdes. Existen torres en esta situación que se encuentran en la faja que une la

subestación Cerro Navia con la comuna de Cerrillos. A lo largo de casi la totalidad de esta faja de torres se han establecido espacios verdes que no sólo se encuentran próximos sino que además

incorporan a las torres en medio de ellos. La población se ha preocupado de mantener estas áreas al igual que los municipios, ocupándolos como sitios de recreación en los que han incorporado asientos y juegos infantiles, todas estas actividades junto a las estructuras y bajo las líneas conductoras de energía. También se aprecia área verde a lo largo de la faja de la Av. Grecia, en que las torres se emplazan en medio de bandejones verdes, como asimismo a lo largo de la faja en la Av. Tobalaba, Av. Francisco Bulnes Correa, en la faja que sube por el cerro San Cristóbal, la faja del cordón de Chacabuco y parte de la Av. Cuarto Centenario.

Asimismo, el 72% de las torres se emplaza a menos de 10 metros de las redes viales de la ciudad. Esta situación permite que los que transitan por ellas, visualicen en su entorno directo las torres que sirven como agentes distractores en el medio y que pueden significar un componente negativo en la seguridad de los usuarios de la vía.

Los corredores viales, permiten que las personas que transitan por ellos, aprecien las largas fajas de torres en forma continua y directa. Estas fajas, se transforman en parte del paisaje cumpliendo el rol de ejes viales y aéreos que acompañan al conductor permanentemente y que en casos puntuales logran confundir la ruta de la red vial en el fondo escénico, que proyectan las estructuras aglomeradas y convergentes visualmente, en el escenario panorámico.

Más del 91% de las torres afecta al substrato directamente con un nivel de impacto alto. Esto quiere decir que la estructura misma ha sido levantada sobre diversos suelos de la provincia pero en igualdad de condiciones dado las

características de las estructuras. Para cimentarlas, hubo que excavar más de dos metros en el lugar y ocupar el espacio con cemento y base estructural metálica para lograr sostener verticalmente la torre. Con esta obra hubo más de 800 perforaciones en el subsuelo desde donde los diversos ecosistemas situados originalmente en ellos, desaparecieron. A gran detalle la problemática es grave y el impacto persiste producto de aquellas estructuras que comienzan a oxidarse sin evitar que este óxido se deslice por los metales para caer en el suelo que sostiene la torre, quemando así la vegetación que crece a los pies de sus pilares.

Por otra parte, casi el 100% de las torres genera un alto nivel de impacto visual en el paisaje. Esta problemática se aprecia a lo largo de todas las fajas de la provincia, pues las torres son apreciadas desde diversos puntos de observación y muchas de ellas son visualizadas por completo. Más del 96% de ellas, genera un alto impacto en el entorno inmediato, quiere decir que las personas, independiente del punto de observación, pueden percibir la presencia de la torre de manera fácil y relevante. La estructura pasa a formar parte importante del conjunto de elementos que se encuentran en el paisaje, esto dado sus características estructurales y su propósito.

Y el 88% de las torres genera un alto impacto en el fondo escénico de la ciudad, situación que también incide en la percepción de las personas y que de alguna manera afecta en su comportamiento y sentido de apego a la ciudad. Asimismo, más del 98% de las torres es visualizada a más de 100 metros de distancia. Por lo tanto, casi el total de las más de 800 torres pueden apreciarse como complemento del paisaje que

percibimos en la ciudad. Las estructuras se emplazan en medio de redes viales, sobre recintos privados y residenciales, junto a recintos educacionales y de salud, en medio de áreas verdes, etc., sin parámetros que las condicionen. Las torres no respetan estrato socio económico, ni uso de suelo, ni capacidad social que logre asimilarlas, están levantadas en toda la ciudad para responder al crecimiento demográfico explosivo de la urbanización y sus estructuras diversas a lo largo de la provincia, quedan grabadas como sinónimo de consumismo energético obligatorio para el desarrollo y la calidad de vida, que tantas veces son confundidos en su interpretación.

En síntesis, más del 75% de las torres afecta directamente a la población, generando sobre ella un nivel de impacto alto. Esto quiere decir que considerando todas las variables, la población que se encuentra próxima a las torres y por más cantidad de tiempo, es la que percibe mejor los efectos negativos visuales y ambientales que esta le puede generar. Dado las actividades de las personas y el lugar de residencia, estarán más cercanas o no a estas estructuras, lo que las hará más vulnerables a los efectos que científicamente aun no se comprueban y que probablemente inciden en la mente y el organismo del ser humano. En resumen, todas las características ambientales ejercen efectos en las personas y por lo tanto si la presencia de las torres afecta a una determinada variable ésta afectará a su vez a la población. El punto de análisis debe detenerse en el nivel de afectación y determinar si esta es directa o indirecta espacial y temporalmente.

VI. CONCLUSIONES

6.1. Medición del Impacto Ambiental

El paisaje es un recurso difícilmente renovable. El paisaje visual depende directamente de la capacidad perceptiva que tiene el observador, en donde, si bien intervienen los cinco sentidos, el más relevante es el visual. La Política Ambiental de Chile debiera establecer claros y específicos planes de acción en bien de resguardar el paisaje urbano, controlando así los impactos ambientales que ciertos planes o proyectos ocasionan sobre el paisaje.

Para evaluar el paisaje urbano con la presencia de torres de alta tensión, se utilizó un método directo, que consistió en contemplar cada torre, fotografiarla desde diversos ángulos y a diferentes distancias, definir las diferentes características del suelo que la ampara y describir las cualidades técnicas del tipo de estructura que la compone. La determinación del impacto visual, se definió dado el tipo de composición escénica. En las zonas urbanas, un gran número de torres se inserta en una composición cerrada, pues existen límites que obstaculizan la visión de la misma a una distancia de 100 metros. El entorno de las torres sufre la presencia de barreras visuales, como edificaciones que impiden la completa visual de la estructura, lo que es favorable en algunos casos a la mitigación del impacto generado. Sin embargo, existen escenarios singulares, donde la torre es un elemento dominante en el paisaje. Generalmente esta situación la sufre el paisaje con las torres emplazadas en medio de las avenidas principales, en medio de áreas de recreación y en algunas comunas en les

que están levantadas a escasos dos metros, o menos, de las viviendas.

En otros casos se manifiesta una composición escénica focalizada, pues se trata de fajas de torres que parecen converger hacia un punto focal que domina la escena.

Existe la composición escénica filtrada, que también se da en este análisis, en el que se produce la ocultación parcial de la torre. En este caso, en zonas urbanas esta ocultación se debe en gran medida a las edificaciones que entornan la torre y a la presencia de zonas arbóreas.

En el análisis reflejado a través de las matrices, pudo verificarse además, que el fondo escénico es relevante a la hora de determinar el impacto visual. Pues, una torre de alta tensión que está situada contra el cielo o el agua, destaca más que a nivel del terreno. Por el contrario, cuando una torre está rodeada de elementos antrópicos de gran envergadura, por ejemplo, es fácilmente absorbida por el paisaje. Es indiscutible que para determinar estas propiedades, fue relevante la posición desde la cual se observaron las torres.

Si analizamos la presencia de las torres a nivel comunal, podemos determinar que el mayor número de torres de zonas urbanas se concentran en la comuna de Las Condes, cuyo porcentaje a nivel provincial corresponde al 11.67%.

Uno de los métodos para diagnosticar y analizar los fenómenos antrópicos que se presentan en el medio, corresponde al de las matrices de evaluación de impacto, método considerado en esta investigación para ser aplicado en toda la provincia de Santiago, para lo cual se realizaron largos

y continuos terrenos, en los cuales la información fue recogida en períodos continuos, sin interrupciones, dado que Santiago en los últimos años ha sufrido grandes cambios en relación a la construcción y ampliación de redes viales en la ciudad y por lo tanto extensión de líneas de energía con un creciente número de torres involucrado.

Puede afirmarse que el crecimiento de la ciudad ha generado una fuerte demanda de servicios urbanos e infraestructuras, así como de vialidad y servicios de transporte público, pero principalmente el abastecimiento, en crecimiento, de energía eléctrica. Esta suministración depende de la capacidad de generación que tienen las empresas eléctricas que abastecen al país y con un precio ambiental bastante alto. En las 25 comunas donde se emplazan las torres, las actividades que realiza la población conviven obligatoriamente con los impactos que desencadenan las torres y las líneas conductoras de energía. Antaño, a lo largo de grandes fajas de suelo comunal, se sostenía el trazado de torres de alta tensión, ocupando largos espacios para converger en la ciudad pero sin llegar directamente a ella, pues el centro urbano era protegido en ese entonces por el soterramiento de las líneas conductoras de la energía eléctrica.

El crecimiento de la ciudad, permitió no sólo que los suelos rurales fueran perdiendo propiedad, sino además que en éstos la población se encontrara con elementos que hasta ese entonces no habían sido motivo de análisis para lograr calidad y desarrollo en la vida de los usuarios. Por ello, los llamados barrios, fueron construyéndose en torno a fajas de torres que parecían indefensas en medio de la ciudad. Al norte, al poniente, en todas

direcciones, el trazado de fajas fue consumido por la urbanización de la provincia. En torno a cada estructura, se planificaron zonas de uso residencial, de servicios, industriales, mixtos, etc. Una planificación espontánea que no fue capaz de alcanzar la rapidez que el crecimiento demográfico tuvo en la provincia y región. Por esta razón es que en la actualidad, la provincia es sostenedora de más de 800 torres en zona urbana, cuya capacidad de asimilación escapa a lo que podría denominarse calidad ambiental. Dado la amplia demanda de energía eléctrica que la ciudad exige, puede suceder que el número de torres aumente en virtud de la eficiente mantención de las líneas conductoras, como asimismo puede ocurrir que en los próximos años, parte

de las torres que hasta hoy se encuentran insertas en zonas rurales de la provincia, sean catalogadas como torres de suelo urbano, debido al evolutivo crecimiento de la ciudad.

La expansión de la ciudad de Santiago da cuenta de importantes transformaciones económicas y sociales que el país ha vivido en las últimas décadas. Una de éstas se traduce en la construcción de viviendas en condominios dirigidos a grupos socioeconómicos medios y medios altos, que migran hacia los territorios periurbanos en búsqueda de nuevos espacios residenciales, de mayor tamaño e inmersos en una especial "cercanía" a la natura.



Fot. 5: Tipo de vivienda emplazada en los últimos 10 años en la comuna de Huechuraba.

En la fotografía 5, se aprecia el tipo de vivienda que se está construyendo en una comuna tradicionalmente pobre, Huechuraba. Hoy, la heterogeneidad de condición socio económica se visualiza bastante bien en comunas periféricas como ésta, que se localiza al norte de la provincia de Santiago. Esta transformación es la que se aprecia hoy día en las zonas periféricas de la ciudad

de Santiago, principalmente al norte y oriente de la provincia de Santiago, lo que permite que comunas como Quilicura, Huechuraba, Lo Barnechea, Peñalolén y La Florida, asienten cada día a mayor número de habitantes en los faldeos e incluso sobre la cota de los 800 metros de los cordones montañosos que forman parte de su cobertura comunal.



Fot. 6: Oferta residencial en Comuna de Las Condes

En la fotografía 6, se aprecia otro ejemplo de urbanización. Este sector corresponde a la comuna de Las Condes. Puede observarse en la fotografía la oferta comercial por parte de una inmobiliaria para comprar en pleno pie cordillerano. Resulta impresionante ver la faja de torres de alta tensión que se emplaza a lo largo de estos futuros terrenos residenciales.

La antropización de estos suelos ha degradado fuertemente, a través de la historia, los bosques nativos de la provincia. Hoy día, las torres de alta tensión imponentes se distinguen de entre los escasos arbustos y familias arbóreas que han logrado sobrevivir.

El procedimiento cartográfico se complementó con la identificación y valoración a través de las matrices, con ello se representó cómo se proyecta el impacto en el territorio, cómo interviene cada torre en el paisaje y cuál es el conjunto impacto en toda el área de estudio. Con esta herramienta pueden proyectarse además rutas alternativas de

las líneas conductoras y principalmente, pudo comprobarse la necesidad de disminuir el impacto visual generado por las torres, para lo cual necesariamente la solución sería el soterramiento de las líneas conductoras, gracias a lo cual no se necesitaría el levantamiento de torres.

En relación a lo anterior, se utilizaron modelos para manejar virtualmente el área de estudio de acuerdo a la propuesta de solución, que es el soterramiento de las líneas conductoras, así como la creación de corredores verdes sobre los espacios comprometidos.

Este procedimiento fue efectuado luego de aplicar las matrices de valoración visual, aplicación que determinó el tipo de paisaje en el cual se levantan las torres, su fragilidad y cómo se ve expuesto a la transformación. Sobre el diagnóstico que en ese momento se tuvo del paisaje de la Provincia de Santiago, en relación a la conducción de energía, esta herramienta permite pronosticar su transformación dada la propuesta de solución.

La base pura de información fue generada gracias a la aplicación de matrices, en las cuales pudo obtenerse un detallado informe de datos acerca de cada torre y su entorno. Estos datos fueron representados en distintos productos cartográficos, los que permitieron analizar en forma eficaz y objetiva, gracias a la correlación entre las múltiples variables que fue posible integrar, el impacto que generan las torres de alta tensión y la posible solución de soterramiento de las líneas conductoras de energía eléctrica, en la Provincia de Santiago, generando así un instrumento viable a la hora de gestionar el territorio con información ambiental sustentable.

· VII. BIBLIOGRAFÍA

- ARAMBURU MAQUA, M. Paz; et al. "Cálculo de índices de calidad visual del paisaje de la Comunidad de Madrid". Ponencia en el IV Congreso de Ciencia del Paisaje. Castelló d'Empúries, España. 2003
- DE LA FUENTE, Gonzalo., ATAURI, José A. y DE LUCIO, José. "El paisaje en el proyecto: metodología para la valoración de la fragilidad visual." Departamento Interuniversitario de Ecología, Sección de Alcalá, Edificio de Ciencias, Universidad Alcalá de Henares. España. 2004
- ESCRIBANO BOMBÍN, Rafael. Universidad Politécnica de Madrid. Publicación en "Paisaje y Ordenación del Territorio". Desarrollos instrumentales y metodológicos. España. 2000
- HARWOOD, Jeremy. "Los Confines del mundo" Editorial Blume. Barcelona, España. 2008
- FRANCO GONZÁLEZ, Fidel y REUS PINILLA, Jordi. "Análisis y conclusiones acerca del impacto medio ambiental creado por una línea de alta tensión a través del núcleo urbano de Cercs". Universidad Politécnica de Catalunya, España. 2003
- MARTÍNEZ DE PISÓN, Eduardo. "El concepto de Paisaje como instrumento de conocimiento ambiental". Publicación en "Paisaje y Medio Ambiente". España. 2004
- SALINAS, T. Marcela; RUBIO R. Patricio "Impacto ambiental de las torres de alta tensión en el paisaje urbano de Santiago de Chile" Publicada por la Sociedad Geográfica Española, en el mes de abril de 2009 en "Cuadernos Geográficos" N°43 de Desarrollos prácticos para la implementación de la Convención Europea del Paisaje. www.ugr.es/~cuadgeo España. 2009
- SALINAS, T. Marcela "Las torres de alta tensión y su impacto ambiental en Santiago (Chile)" Tesis para optar al Grado de Doctora en Geografía, Paisaje y Medio Ambiente. Universitat de Barcelona. Barcelona, España. 2006
- SALINAS, T. Marcela "Estudio comparativo entre realidad objetiva y percepción subjetiva de los efectos derivados de la Central Termoeléctrica Nueva Renca" Tesis para optar al Grado de Magíster en asentamientos Humanos y Medio Ambiente. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 2001

«Consumo de energía y crecimiento económico: explorando la curva ambiental de Kuznets»

*

Roberto Contreras
Departamento de Economía, Universidad Tecnológica Metropolitana
Angela Cancino
Ingeniero Comercial, Universidad Tecnológica Metropolitana
Krysthel Martínez
Ingeniero Comercial, Universidad Tecnológica Metropolitana



Resumen

En el presente artículo empleamos un modelo de datos de panel para investigar la relación causal entre el consumo de energía y el crecimiento económico para una muestra de 83 países a nivel mundial durante el período 1971-2006. El modelo asume una estructura común para todos los países, encontrándose una relación en forma de U. Sin embargo, mediante un modelo de coeficientes aleatorios con mínimos cuadrados generalizados para

observar las diferencias entre países, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de estructuras. Los resultados muestran que existen países en los que la componente cuadrática resulta significativa, dando lugar a estructuras en forma de U o U invertida.

Palabras claves: <Curva Ambiental de Kuznets>, <Coeficientes Aleatorios>, <Crecimiento Económico>, <Consumo de Energía>

Clasificación JEL: C22; Q43; Q53; Q58.

..... * Deseamos agradecer los valiosos comentarios y sugerencias de Luis Valenzuela, Carlos Gutiérrez y Oscar Mercado. No obstante, todos los errores u omisiones son de exclusiva responsabilidad nuestra. Para correspondencia escribir a e-mail: roberto.contreras@utem.

Abstract

We used a panel data model to investigate the causal relationship among energy consumption and economic growth for a sample of 83 countries worldwide during the period 1971-2006. In the modeling process, which assumes a common structure, a U-shaped relationship was found. In addition, we used a random coefficient model with GLS that enabled us to observe the differences between countries; in this way, the test of constancy of parameters allowed us to conclude that the common structure is inappropriate in this case. The results showed countries in which the quadratic component is significant, where the relationship may be either U-shaped or U-inverted.

Keywords: <Environmental Kuznets Curve> <random coefficients> <economic growth> <energy consumption>

1. Introducción

Desde que Simon Kuznets (1955) estudiara, en un contexto de largo plazo, el carácter y las causas de los cambios en la distribución del ingreso personal, su forma de entender el problema se ha extendido a otros ámbitos, siendo uno de los más importantes el ambiental.

En su estudio, se preguntaba si la desigualdad en la distribución del ingreso se incrementaba o disminuía a través del crecimiento económico de los países. Encontró que el problema de la desigualdad era solo una cuestión temporal, en la medida que los países presentaran un crecimiento sostenido de la renta per cápita. Así, los países

evidencian en su primera etapa de desarrollo una relación equidad-ingreso que se deteriora paulatinamente hasta un determinado punto, a partir del cual el nivel de equidad comienza a estabilizarse y mejorar.

Esta relación, que se entiende como una U invertida entre la desigualdad y el ingreso real per cápita, en su extensión hacia el ámbito ambiental ha logrado sobresalir llevando su nombre. Es lo que se conoce como Environmental Kuznets Curve¹ (EKC), término que según Gitli y Hernández (2002) habría sido introducido por Panayotou (1993).

Sin duda el hecho del que el Banco Mundial adoptara como válida esta tesis, impulsó una gran discusión a favor y en contra de tal relación. Generalmente se menciona el trabajo Grossman y Krueger (1991) como punto de partida de la discusión ambiental, donde el foco de atención estaba en los impactos ambientales de un tratado de libre comercio en Norte América. El citado estudio establece que una reducción de las barreras comerciales por lo general afecta al medio ambiente mediante la ampliación en la escala de actividad económica, alterando la composición del producto y modificando las técnicas de producción.

Moran (2005) ofrece un análisis histórico de la hipótesis de la curva en forma de U invertida de Simon Kuznets: las cambiantes interpretaciones y consideraciones de la hipótesis a través del tiempo, desde su condición de supuesto especulativo en 1955 hasta su ascenso y caída como una ley

..... 1 Traducido como Curva Ambiental de Kuznets.

socioeconómica por su postura controvertida en las ciencias sociales, demuestra cómo los argumentos de Kuznets, que originalmente eran poco avanzados y en limitadas condiciones, se transformaron en teoría general.

La temática no ha estado exenta de polémica. Así por ejemplo, Stern (2004) hace referencia al auge y declive de los factores ambientales presentando una historia crítica de la EKC. La EKC propone que los indicadores de la degradación ambiental primero aumentan y luego caen con el aumento de los ingresos per cápita. Una explicación para dicho fenómeno es que los países privilegiarían el crecimiento económico en su primera fase de desarrollo, pero a medida que su nivel de renta se incrementa la sensibilidad y preocupación ambiental también aumenta con los incrementos de la renta. Indica que la evidencia reciente muestra, que los países en desarrollo que se ocupan de cuestiones ambientales, adoptando estándares de países desarrollados, en ocasiones obtienen mejores resultados. Por otro lado, este mismo autor (en 2001) nos señala que la mayoría de las estimaciones existentes de la EKC para el azufre en países de altos ingresos, obtienen un punto de inflexión de las emisiones cuando el GDP per cápita se encuentra en niveles medios o bajos. Pero, cuando se utilizan muestras más grandes y globales, encuentran que las emisiones de azufre presentan una función monótona creciente con incrementos de la renta.

Roca y Alcántara (2001) analizan el papel de la intensidad energética y la relación entre emisiones de CO₂ y las emisiones de energía primaria, con el fin de explicar la evolución de las emisiones de CO₂ por unidad del producto interno bruto real

(PIBR). Distinguen dos significados diferentes de las emisiones de CO₂ para la hipótesis de la EKC: un sentido débil y uno fuerte; en ambos casos no encuentran evidencia que apoye esta hipótesis en uno u otro sentido, y concluyen que la EKC no se cumple en el caso de España para el CO₂.

En un trabajo recientemente publicado, Pastén y Figueroa (2009) exponen que las estimaciones que utilizan datos de grupos de países para comprobar la existencia de la EKC, en general asumen una estructura común para todos los países, supuesto que no se deriva de la teoría económica y contradice la intuición. Ellos emplean un modelo de coeficientes aleatorios, propuesto por Swamy (1970), para estimar empíricamente las EKC para el dióxido de sulfuro (SO₂) y los respectivos puntos de quiebre específicos, a partir de una muestra de 73 países de altos y bajos niveles de ingreso. Un hallazgo crucial es que existen amplias desigualdades entre los puntos de quiebre estimados de las EKC para diferentes países de la muestra, lo que demuestra la relevancia del enfoque empleado.

Otras consideraciones podemos encontrarlas en Maddison (2006), quien utilizando un enfoque econométrico espacial da a conocer que la mayoría de los investigadores suponen implícitamente que las emisiones per cápita de un determinado país no se ven afectados por acontecimientos en los países vecinos. Analizando el comportamiento de las emisiones de dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y monóxido de carbono, encontró que las emisiones de dióxido de azufre y óxido de nitrógeno son influenciadas por las emisiones de los países vecinos. Desde una perspectiva microeconómica,

Andreoni y Levinson (2001) analizan los efectos de los rendimientos crecientes en la relación tecnológica entre el consumo de un bien deseado y la reducción de su subproducto indeseable. Encuentran que la curva no depende de la dinámica de crecimiento, las instituciones políticas, o incluso las externalidades y puede ser compatible con mercados eficientes o con presencia de fallos de mercado; en este contexto muchas de las explicaciones existentes para la EKC pueden ser consideradas como ejemplos particulares de los rendimientos crecientes a escala en la reducción. Por último, el modelo no es compatible con el argumento de la EKC o de que el crecimiento económico por sí solo va a resolver los problemas de contaminación. Por el contrario, se muestra que en ausencia de regulaciones ambientales la relación entre el ingreso y la contaminación puede tener forma de U invertida, pero la cantidad de contaminación en todos los niveles de ingresos será ineficientemente alta. En la misma línea, Khanna y Plassmann (2006) analizan la relación entre la productividad total de factores y la EKC. Indican que la diferencia entre la productividad total de factores de los países puede generar la EKC. Los cambios recientes de la tasa marginal de sustitución entre la calidad ambiental y el consumo por el lado de demanda, y la tasa marginal de transformación entre estos bienes por el lado de la oferta, conducen a una relación de ingresos por contaminación. Mencionan que no se tiene conocimiento de que algún análisis empírico o modelo teórico de la EKC sugiera que el crecimiento económico por sí mismo pueda conducir a la EKC, independientemente de las preferencias de la gente sobre la calidad ambiental. Haciendo referencia a un trabajo anterior, muestran que bajo determinados

supuestos muy generales sobre las preferencias de los consumidores y la tecnología, el crecimiento económico y los avances tecnológicos por sí solos no pueden asegurar que la contaminación disminuya a medida que aumenta la renta. El crecimiento económico permite a los consumidores incrementar sus gastos en materia de reducción o protección del medio ambiente sin tener que reducir el consumo. Así, el progreso tecnológico generado por tecnologías que permiten una reducción de contaminantes disminuye el precio relativo de la mejora ambiental.

Grossman y Krueger (1994) abarcan cuatro tipos de indicadores que van más allá del aire: las concentraciones de contaminantes fecales en las cuencas hidrográficas, las concentraciones de contaminación del aire urbano, las medidas del Estado sobre el régimen de oxígeno en las cuencas hidrográficas y las concentraciones de metales pesados en las cuencas de los ríos. En el estudio no se encontró evidencia alguna de que la calidad ambiental se deteriorara de manera constante con el crecimiento económico. Más bien, para la mayoría de los indicadores, el crecimiento económico experimentaba una fase inicial de deterioro seguida de una fase posterior de mejora. El punto de inflexión para los distintos contaminantes varía, pero en la mayoría de los casos se lograba antes de que un país alcanzara un ingreso per cápita de 8.000 dólares.

Antes del estudio y verificación de la EKC, se discutía sobre los límites del crecimiento. Según el informe de Meadows y otros (1972), el crecimiento económico ejerce un efecto escala sobre el medioambiente. Así, un aumento en el volumen de actividad económica conduce

a un aumento de la degradación, ya que el incremento de la producción requiere una mayor cantidad de inputs, incluidos recursos naturales no renovables como el petróleo. Además, una mayor producción conlleva un incremento de las emisiones y de los residuos que también contribuyen a la degradación ambiental. De esta forma, el propio desarrollo acaba representando un peligro para la propia supervivencia del esquema de producción y consumo. En este contexto, el informe llega a recomendar un crecimiento 'cero' para evitar mayores daños y el colapso del sistema.

En cambio, Dinda (2004) revisa algunos desarrollos teóricos y empíricos que tratan con el fenómeno de EKC y sus posibles explicaciones; entre éstas se encuentran: (a) el progreso del desarrollo económico, que va desde la economía agraria limpia a la contaminación de la economía industrial, para ir a la economía limpia de servicios, (b) la tendencia de las personas con mayores ingresos, que tienen una preferencia mayor por la calidad del medio ambiente.

En lo que respecta a la existencia de la EKC y su impacto sobre las negociaciones internacionales, Gitli y Hernández (2002) realizan un análisis de los argumentos en pro y en contra de la existencia de tal relación virtuosa entre el ingreso y el ambiente, abordando tanto elementos teóricos como la validez empírica de algunos estudios, y concluyendo que: la evidencia sobre la existencia de la EKC es contradictoria, los modelos econométricos son altamente sensibles a cambios en su especificación, los ingresos a los que las emisiones empiezan a disminuir están aún lejos del alcance de gran parte de la población del mundo en desarrollo, y dado que no existe evidencia

clara de la existencia de la EKC, resulta necesario considerar el papel de la temática ambiental dentro de las negociaciones comerciales, como una forma de atacar la tendencia creciente de la contaminación en los países del sur. El apoyo decidido de los países del norte, mediante programas de cooperación, pareciera fundamental para lograr el objetivo de un desarrollo sostenible.

Estudios sobre el cumplimiento de la EKC, que analicen el consumo de energía con el crecimiento económico han sido escasamente explorados. Luzzati y Orsini (2008) investigan la relación existente entre el consumo de energía y el crecimiento económico utilizando un modelo paramétrico y otro semi-paramétrico, determinando que las estimaciones realizadas no pueden soportar el cumplimiento de la hipótesis de EKC. En cambio, para el mundo como una sola unidad, la relación es monótona positiva. Los análisis comparativos entre países son un poco más abiertos a la interpretación; sin embargo, muestran que los beneficios potenciales de crecimiento del PIB en el entorno natural no se presentaron en el lapso de tiempo considerado.

Siguiendo con el mismo lineamiento de la discusión sobre el consumo de energía y el PIB, Lise y Van Montfort (2007) realizaron un estudio para Turquía, encontrando dos hallazgos importantes: primero, que las variables están cointegradas y, en segundo lugar, que existe una relación de causalidad bidireccional entre ambas variables, lo que interpretan como una dependencia energética.

La actual situación ambiental del mundo, derivada de una sociedad que privilegia

el consumo, una población creciente que utiliza más allá de lo socialmente deseable los recursos que nos proporciona el medio ambiente y las crecientes inquietudes que se plantean sobre los límites que la naturaleza impone al crecimiento económico, nos han motivado para realizar un análisis sobre la relación existente entre el consumo de energía y el crecimiento económico a nivel mundial. Frente a esta realidad y según los estudios presentados con anterioridad, nos planteamos si el consumo de energía siempre será mayor mientras más alto sea el crecimiento económico de un país, o si es posible que el crecimiento económico logre despegarse del consumo de energía. En este último caso, lo relevante será el nivel de ingreso per cápita donde el consumo de energía podría comenzar a disminuir, tanto a nivel mundial como particular de cada país. La forma de la relación funcional entre el crecimiento económico y el consumo de energía nos permitirá entender la relevancia de las políticas energéticas establecidas por los gobiernos y como éstas repercutirían en el bienestar de los ciudadanos.

El trabajo continúa de la siguiente forma: en la sección 2 se realiza una descripción de la modelación econométrica de la EKC, una definición de las variables y una descripción de los datos; en la sección 3

se efectúa un análisis teórico y se muestran los resultados empíricos; y en la sección 4 se presentan las principales conclusiones.

2. Modelación econométrica de la EKC, definición de variables y descripción de datos

En los primeros estudios realizados donde se intenta determinar el cumplimiento de la curva ambiental de Kuznets los datos se utilizaron sin transformaciones previas, como por ejemplo en Dinda (2004)², que utiliza la siguiente especificación:

$$Y_{it} = a_i + b_1 X_{it} + b_2 X_{it}^2 + b_3 X_{it}^3 + b_4 Z_{it} + e_{it} \quad 1$$

Donde Y representa los indicadores ambientales, X los ingresos, Z corresponde a otras variables que pueden influir en la degradación ambiental y, por último, los subíndices " i " y " t " corresponde al país y al tiempo, respectivamente. En esta formulación el punto de inflexión³ que representa el nivel de renta, donde las emisiones de contaminantes o el consumo de energía alcanza el máximo nivel. La EKC existe si $b_1 > 0$ y $b_2 < 0$, entonces el punto de inflexión viene dado por la siguiente expresión:

$$TP = ((-b_1)/(2b_2)) \quad 2$$

..... 2. Esta es una especificación cúbica que permite comprobar la forma de la relación que presentan los indicadores ambientales con el crecimiento económico. Las diferentes formas funcionales vienen determinadas por el signo de los parámetros. Así, las diferentes especificaciones vienen determinadas por las siguientes condiciones:

- a) Si $b_1 = b_2 = b_3 = 0$, en este caso no existe relación entre x e y .
- b) Si $b_1 > 0$, y $b_2 = b_3 = 0$, en éste la relación es monótona creciente entre x e y .
- c) Si $b_1 < 0$, y $b_2 = b_3 = 0$, en éste la relación es monótona decreciente entre x e y .
- d) Si $b_1 > 0$, $b_2 < 0$ y $b_3 = 0$, en éste la relación es una parábola en forma de U invertida (EKC).
- e) Si $b_1 < 0$, $b_2 > 0$ y $b_3 = 0$, en éste la relación es una parábola en forma de U .
- f) Si $b_1 > 0$, $b_2 < 0$ y $b_3 > 0$, en éste la relación es en forma de N invertida.
- g) Si $b_1 < 0$, $b_2 > 0$ y $b_3 < 0$, en éste la relación es en forma de N .

3. Turning Point (TP) o Punto de Inflexión.

Este modelo de forma reducida es usado para probar las posibles relaciones entre el nivel de contaminación del medio ambiente y los ingresos.

En cambio, Stern (2004) sostiene que el modelo de regresión estándar de la EKC viene dado por la siguiente función logarítmica:

$$\ln(E/P)_{it} = a_i + \alpha_t + b_1 \ln(X_{it}) + b_2 (\ln(GDP/P))_{it}^2 + e_{it} \quad 3$$

En este caso E representa las emisiones, P la población, y \ln representa el logaritmo natural. Los dos primeros términos del lado derecho representan los parámetros de intersección, que pueden variar entre países o a lo largo del tiempo. La hipótesis es que, aunque el nivel de emisiones per cápita pueda diferir entre países en un nivel particular de ingresos, la elasticidad ingreso es la misma en todos los países en un nivel dado del ingreso. El parámetro de intersección específico del tiempo refleja las variables omitidas y los shocks estocásticos comunes para todos los países.

En esta especificación, el punto de inflexión donde las concentraciones o emisiones alcanzan su máximo viene dado por la siguiente expresión:

$$TP = \exp((-b_1/(2b_2)) \quad 4$$

En nuestro análisis utilizaremos el modelo de regresión estándar de la EKC, de una función logarítmica similar a la descrita en

la ecuación 3, para una muestra de 83 países a nivel mundial. Los datos fueron obtenidos de World Development Indicator (WDI) y cubre el período de 1971 a 2006, expresando todas las variables en logaritmos naturales, con el propósito de explorar la relación existente entre consumo de energía equivalente⁴, medido en kilogramos de petróleo per cápita (EC), y el Producto Interno Bruto Real per cápita (PIBPC), expresado en dólares del año 2000, para comprobar el cumplimiento de la hipótesis de la EKC. En aquellos casos o países que se logre verificar el cumplimiento de la EKC, se determinará el punto de inflexión para cada caso, a partir de la formulación descrita en la ecuación 4, lo que es parte del interés de nuestro estudio. Se debe considerar que la componente asociada al tiempo t no resultó ser significativa, por tanto, se determina un modelo solo con la constante que permite capturar las diferencias entre países i .

3. Análisis teórico y resultado empíricos

La muestra es similar a la de Stern y Common (2001). Los resultados reportados muestran los parámetros que explican como varía el consumo de energía respecto del PIB real per cápita de cada país dentro del periodo 1971-2006. Encontramos un total de 21 países que cumplen con la hipótesis de la EKC, y en cada caso se determinan los puntos de inflexión específicos para cada país.

..... 4. El consumo de la energía medido en kilogramos de petróleo equivalentes (energy use of oil equivalent) por dólar de Producto Interno Bruto (PIB), representa el uso industrial de la energía medido en unidades equivalentes de petróleo por cada dólar del PIB, convertido a partir de las monedas nacionales utilizando factores de conversión de la Paridad del Poder Adquisitivo (PPA).

En la tabla N° 1, denominada “Modelos de Datos de Panel”, se reportan los resultados de la estimación para determinar el cumplimiento de la EKC. Se utilizaron tres técnicas distintas para poder comprobar la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets con modelos de datos de panel⁵: efectos fijos (fixed effects), efectos aleatorios (random effects) y coeficientes aleatorios (random coefficient). En la primera columna se señalan los elementos de la investigación utilizados a nivel mundial, se muestran los parámetros

obtenidos, incluida la constante, el coeficiente de determinación múltiple (R^2) y los distintos tests realizados para validar los modelos de cada una de las técnicas utilizadas.

En la primera fila se describe la técnica utilizada en la estimación, y en las siguientes tres filas aparecen datos generales de la muestra, que en todos los casos posee 2.988 observaciones agrupadas en 83 países con 36 períodos de tiempo para cada país.

Tabla 1: Modelos de Datos de Panel			
Efectos	Efecto Fijo	Efecto Aleatorio	Coefficiente Aleatorio
Núm. Observaciones	2988	2988	2988
Num. Grupos	83	83	83
Num. Periodos	36	36	36
Constante	4,69*	4,74*	0,13*
	(-14,45)	(15,04)	(0,01)
b_1	-0,02*	-0,04*	0,60*
	(-0,20)	(-0,52)	(0,16)
b_2	0,04*	0,04*	0,03*
	(7,34)	(8,02)	(0,13)
R^2	0,30	0,30	
Breusch y Pagan	24647,05 (P=0)		
Test de Hausman	$\chi^2=4,07$ (P=0,13)		
Test de Constancia de Parámetros			χ^2 (246)=150.000 (P=0)

En el caso de efectos fijos y aleatorios, b_1 no resulta significativo pero sí b_2 , en

cambio con coeficientes aleatorios tanto b_1 como b_2 no resultan significativos.

- 5 Entre las ventajas de los modelos de datos de panel se encuentran:
- Disponer de un mayor número de observaciones totales, obteniendo parámetros más fiables.
 - Permite especificar modelos más sofisticados que incorporan un número menor de supuestos restrictivos.
 - Disminuye el problema de la multicolinealidad, porque cuando las variables explicativas varían en dos dimensiones es mucho menos probable la correlación de éstas.
 - Se posibilita la identificación y medición de ciertos efectos que no se pueden detectar cuando tratamos con datos transversales o con series temporales.

Respecto al signo, tanto en el modelo de efectos fijos como en el de efectos aleatorios b_1 es menor que cero, con lo cual se rechaza la hipótesis de la EKC, encontrando una relación en forma de U. Por otra parte, el coeficiente de determinación R^2 es relativamente bajo (tan sólo se explica un 30% de la variación de la variable endógena), mientras el test de Breusch y Pagan indica que es mejor la técnica de datos de panel que mínimos cuadrados ordinarios.

En relación al test de Hausman⁶, no se rechaza la hipótesis nula de igualdad, proporcionando el modelo de efectos aleatorios la misma consistencia, pero mayor eficiencia, al estimar un menor número de parámetros.

Siguiendo la metodología de Pastén y Figueroa (2009), empleamos el modelo de coeficientes aleatorios propuesto por Swamy (1970) para estimar empíricamente la hipótesis de la EKC. Esta metodología permite obtener una estructura común para todos los países, pero también permite validar este supuesto estadísticamente a través de un test de constancia de parámetros; si el supuesto de la constancia de parámetros se rechaza, entonces será posible determinar el valor de los parámetros para cada uno de los países.

La aplicación del test de constancia de parámetros⁷ nos indica que no podemos

rechazar la hipótesis nula, encontrando diferencias en los parámetros de cada país. Por lo tanto, las estimaciones realizadas a través de efectos fijos o efectos aleatorios, y que determinan una estructura común, no resultan apropiadas en este caso. Será necesario entonces analizar la hipótesis de la EKC país por país, utilizando el modelo de coeficientes aleatorios (Random Coefficient Model). En el modelo de coeficientes aleatorios los parámetros no resultan significativos, y en este sentido se rechaza la hipótesis de la EKC. Sin embargo, no es posible rechazar el cumplimiento de la hipótesis de la EKC para algunos países de la muestra en forma individual. En términos globales, la estimación a través de coeficientes aleatorios se puede apreciar en la ecuación 5:

$$\ln(EC_{it}) = 0,13 + 0,60 \ln(PIBPC_{it}) - 0,03 (\ln(PIBPC))_{it}^2 + e_{it} \quad 5$$

La Tabla N° 2 reporta la estimación a través de coeficientes aleatorios para todos aquellos países en que se cumple la hipótesis de la EKC con un 95% de confianza para los parámetros. Esta relación se cumple si $b_1 > 0$ y $b_2 < 0$, y si ambos parámetros son estadísticamente significativos, entonces existe una relación de U invertida entre el ingreso per cápita y el consumo de energía per cápita. En tal caso, dicho consumo aumenta conforme aumentan los ingresos en la primera etapa de desarrollo, hasta alcanzar un máximo,

..... 6 El valor de la prueba compara las estimaciones del modelo de efectos fijos y el de efectos aleatorios. Cuando se encuentran diferencias sistemáticas, se rechaza la hipótesis nula de igualdad, siendo preferible elegir el modelo de efectos fijos.

7 El test es reportado cuando se estima a través del método de coeficientes aleatorios, donde la hipótesis nula H_0 nos indica que los parámetros son distintos para cada país, mientras la hipótesis alternativa H_1 nos indica que los parámetros son similares o idénticos para todos los países. Es una prueba de contraste χ^2 . Si el valor del test es bajo (p -value $e^{0.95}$) la hipótesis nula se confirma y por lo tanto los parámetros son distintos para cada país (p $d^{0.05}$).

a partir del cual comienza a disminuir el consumo de energía a medida que aumentan los ingresos. En la última columna de la tabla se muestra el nivel de

renta en dólares constantes del año 2000, donde el consumo de energía alcanzaría el máximo, considerado como el punto de inflexión.

Tabla 2: Cumplimiento EKC con Coeficientes Aleatorios (GLS)				
País	Const.	(b1)	(b2)	Pto. de Inflexión $\hat{x} = \exp(-b_1 / 2b_2)$
Global	0,13 (0,01)	0,60 (0,16)	0,03 (0,13)	
Australia	-36,90 (-2,78)	8,80 (3,23)	-0,42 (-3,04)	31.976
Dinamarca	-38,72 (-1,64)	9,72 (2,01)	-0,50 (-2,02)	15.827
Alemania	79,99 (-6,36)	18,11 (7,07)	-0,93 (-7,07)	17.419
Ghana	-29,21 (-3,22)	12,46 (3,77)	-1,10 (-3,67)	283
Grecia	-179,35 (-5,66)	38,89 (5,68)	-2,02 (-5,46)	15.278
Hungría	-59,48 (-5,54)	15,87 (6,12)	-0,93 (-5,97)	4.868
India	-6,02 (-6,69)	3,56 (11,50)	-0,26 (-9,71)	997
Irán	-156,30 (-3,50)	45,83 (3,79)	-3,21 (-3,92)	1.259
Corea del Sur	-7,22 (-3,26)	2,26 (4,40)	-0,06 (-2,17)	39.137.802
México	-158,73 (-8,42)	37,90 (8,53)	-2,16 (-8,26)	6.423
Marruecos	-30,17 (-2,38)	8,83 (2,45)	-0,53 (-2,08)	4.074
Nueva Zelanda	-224,85 (-4,66)	48,36 (4,71)	-2,51 (-4,59)	15.502
Noruega	-21,26 (-2,20)	5,26 (2,77)	-0,23 (-3,46)	93.775
Omán	-123,08 (-2,59)	26,20 (2,40)	-1,29 (-2,06)	25.575
Senegal	-44,65 (-2,65)	14,90 (2,75)	-1,10 (-2,52)	899
España	-42,24 (-4,78)	9,58 (5,04)	-0,45 (-4,43)	39.794
Suecia	-104,49 (-6,07)	22,15 (6,46)	-1,08 (-6,34)	27.386
Suiza	-135,81 (-4,61)	27,00 (4,73)	-1,27 (-4,58)	43.141
Túnez	-28,14 (-7,09)	8,43 (7,79)	-0,51 (-6,88)	4.118
Turquía	-32,73 (-5,88)	8,77 (6,35)	-0,48 (-5,60)	9.381

Este resultado es consistente con el trabajo realizado por Stern y otros (1996) y el trabajo de Pastén y Figueroa (2009), por lo que se puede señalar que la hipótesis de la EKC no se cumple en términos globales, pero sí para algunos países considerados en la muestra. Esto, ya que se cumplen las pruebas de significancia y las pruebas de condición de los parámetros ($b_1 > 0$ y $b_2 < 0$), que se pueden ver en la tabla anterior.

Además, se entregan los resultados correspondientes al punto de inflexión, es decir, del nivel de renta a partir del cual el consumo de energía comienza a disminuir conforme aumenta la renta per cápita.

De un total de 83 países utilizados en la muestra, en 21 de ellos se cumple la hipótesis de la EKC, de los cuales se aprecia que un 47% de dichos países son de renta alta, pertenecientes al grupo de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Esta característica explica la teoría de que son países con renta alta los que tienen una mayor probabilidad de cumplir la hipótesis de la EKC. Siguiendo con el análisis, hay países de bajos ingresos que destacan, como es el caso de Ghana, que es uno de los países más pobres del mundo⁸. Además, se destacan los casos de

Venezuela⁹ y Corea del Sur. El primero es el único país de Latinoamérica que cumple la hipótesis de la EKC y en el segundo, a pesar de que los parámetros resultan significativos, el punto de inflexión se logra con un nivel de renta tan elevado que es muy improbable que esto ocurra.

En aquellos donde se cumple la hipótesis de la EKC, se puede destacar que 14 de los 21 países no han alcanzado el nivel de renta a partir del cual el consumo de energía comienza a disminuir, es decir, no han llegado a su punto de inflexión. Por tanto es necesario acelerar las políticas ambientales y de eficiencia energética para alcanzar mejoras ambientales globales y oportunas.

En la Tabla N° 3 se entrega un cuadro resumen, donde se muestran los resultados, expresados en términos numéricos, obtenidos para las distintas formas funcionales existentes en los países con su respectivo nivel de confiabilidad. Cabe señalar que la relación lineal puede ser de tipo positiva¹⁰ o negativa¹¹. La mayoría de los casos tiene una relación lineal, es decir, el parámetro b_2 no resulta ser significativo. En la relación lineal, b_1 representa la elasticidad respecto al consumo de energía.

..... 8 Base de datos internacional (International date base, IBD). Basado en las estimaciones del CIA World Factbook. Ghana es el 47° país más poblado y el 79° más grande del planeta; para efectos comparativos su población es la mitad de la española (aproximadamente 23.382.848 habitantes el año 2008).

9 Es la quinta economía de América Latina, con características monoproductoras, donde su principal materia prima de exportación es el petróleo.

10 Algeria, Benín, Bolivia, Canadá, Ecuador, Egipto, Finlandia, Francia, Gabón, Irlanda, Israel, Jamaica, Luxemburgo, Malasia, Malta, Holanda, Nicaragua, Nigeria, Panamá, Perú, Filipinas, Portugal, Arabia Saudita, Singapur, Sudáfrica, Togo, Trinidad y Tobago, Reino Unido, Estados Unidos y Zambia.

11 Relación lineal negativa: Benín, Luxemburgo, Nigeria, Arabia Saudita y Togo.

Tabla 3: Resumen de las formas funcionales encontradas (considerando significancia y signos de los parámetros)			
	EKC	FORMA DE U	LINEAL
95% de Confianza	21	22	23
90% de Confianza	2	6	2
Total	23	28	25

Como ha sido mencionado, existen otras formas funcionales que pueden darse. Una de ellas corresponde a la relación en forma de U; ésta indica que en la primera etapa el desarrollo económico no depende del consumo de energía, alcanzando un mínimo en un determinado nivel de renta¹², a partir del cual el consumo de energía comenzará a aumentar con el crecimiento económico. Estos países deberán hacer un esfuerzo importante para asegurar el adecuado suministro energético si no desean ver mermada su capacidad de crecimiento. Del total de la muestra 22 países presentan esta forma funcional, donde destaca un importante número de países de América Latina y Asia. Entre ellos destaca el caso de Chile, que tiene como desafío desarrollar nuevas tecnologías tendientes a mejorar la eficiencia energética y el abastecimiento. Una de las posibles explicaciones sobre esta relación es que la mayoría de los países de América Latina vivieron procesos de desindustrialización, permitiendo un mayor desarrollo del sector agrícola; sin embargo, luego de esta primera etapa, los sectores minero e industrial vuelven a tener una relevancia mayor. Estos sectores son más intensivos,

en términos relativos, en el uso de energía que el sector agrícola.

4. Conclusiones

Hay que tener presente que cuando se cumple la hipótesis de la EKC, es posible afirmar que el crecimiento económico puede evolucionar por encima de la senda del consumo de energía, por lo que esto sería solo un problema temporal hasta que la renta alcance el nivel adecuado. Se presenta cuando los países mejoran la eficiencia energética y generan importantes cambios tecnológicos, y también cuando el crecimiento de la economía se da en sectores menos intensivos en el uso de energía, como el sector servicios.

Cuando la relación es en forma de U en la primera etapa de desarrollo, el crecimiento económico se puede dar independiente de lo que pase con el consumo de energía hasta un determinado nivel de renta, a partir del cual el crecimiento económico depende del consumo de energía. Esto implica que en la etapa de desarrollo nos encontraremos con un problema de dependencia energética que será

..... ¹² También representa un punto de inflexión

necesario enfrentar. Finalmente, cuando la relación es lineal, la dependencia energética se da en cualquier momento y en cualquier renta, lo cual implica que no es posible crecer sin que aumente el consumo de energía.

En consideración a la actual situación ambiental del mundo, y referente al cuestionamiento sobre que tan relacionado está el consumo de energía y el crecimiento económico a nivel mundial, podemos decir que frente a esta realidad existe la posibilidad de adelantarnos con políticas de eficiencia energética. Estas políticas permiten acelerar el cumplimiento de la EKC. Aquellos países que tardan en mejorar sus procesos productivos no podrán beneficiarse del desarrollo económico para mejorar su condición ambiental.

La mejora de la eficiencia energética genera una mejora ambiental. El dilema está en lograr abastecer eficientemente cada uno de los sectores productivos. La disyuntiva está en seguir utilizando más petróleo o preocuparnos del medio ambiente con fuentes energéticas renovables, tanto convencionales como no convencionales. Lo que no significa necesariamente que va a disminuir el consumo energético, sino que se debe buscar la disminución de la contaminación ambiental. En el caso de Chile se dependerá mucho más de fuentes de energías hidroeléctricas, abundantes y poco explotadas. Será posible lograr un mejor abastecimiento energético invadiendo otros ecosistemas con la generación eólica y solar.

Cuando se logra un determinado nivel de desarrollo la sensibilidad de las personas por el medioambiente es mucho más alta, incentivando la eficiencia en el consumo

de energía. En la mayoría de los países pobres o de renta media, la evidencia nos indica que su crecimiento económico depende del consumo de energía, y que su principal foco de atención es cómo alcanzar lo antes posible el desarrollo. En cambio, en los países de renta alta es mayor la inversión en tecnologías productivas más eficientes, pero también han desplazado procesos productivos industriales altamente contaminantes a otros países más pobres, dada la preocupación por su calidad de vida.

Desde esta perspectiva, es importante estimular el abastecimiento energético y anticipar la aplicación de políticas ambientales y de conservación energética, sin perjudicar el desarrollo del país. Así, en un contexto de largo plazo los países requieren seguridad del suministro energético con costos competitivos en cada uno de los sectores productivos, impulsar reformas que incrementen la competencia de los mercados energéticos y generar estímulos que permitan hacer un uso racional de los recursos con impactos significativos en la calidad ambiental. Existe un enorme potencial para mejorar la eficiencia energética en las etapas de producción, mejorando el uso de la energía y los combustibles. Chile estimuló el cambio de ampolletas más eficientes que disminuyen el consumo, una de varias medidas que evitó el racionamiento eléctrico. En el sector transporte, la eliminación de los lomos de toro puede ayudar a disminuir el consumo de combustible, pavimentación y adecuada mantención de rutas especialmente en el sector rural, propiciar la renovación de equipamiento con indicaciones claras sobre objetivos de ahorro y emisiones de contaminantes a través de exenciones tributarias. Favorecer proyectos de generación hidroeléctrica,

eólica y solar mediante la utilización de primas para energías renovables y gravámenes para producción no renovable que internalicen las externalidades negativas de su uso y aumentar la competitividad en la generación, transmisión y distribución facilitando y estimulando el ingreso de nuevos competidores.

5. Referencias

- Andreoni, J. and Levison, A. (2001). The simple analytics of the environmental Kuznets curve. *Journal of Public Economics*, 80: 269-286.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics* 49: 431-455.
- Gitli, E. y Hernández, G. (2002). La existencia de la curva de Kuznets ambiental (CKA) y su impacto sobre las negociaciones internacionales. Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible de la Universidad de Costa Rica. Documentos de Trabajo 009-2002.
- Grossman, G.M. and Krueger, A.B. (1991). Environmental impacts of the North American Free Trade Agreement. NBER, Working paper 3914.
- Grossman, G.M. and Krueger, A.B. (1994). Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. In P. Garber (Ed.). *The US-Mexico Free Trade Agreement*. Cambridge MA: MIT Press.
- Khanna, N. and Plassmann, F. (2006). Total factor productivity and the Environmental Kuznets Curve: A comment and some intuition. *Ecological Economics* 63 (2007), 54-58.
- Kuznets, P. and Simon, P. (1955). Economic growth and income inequality. *American Economic Review* 45 (1), 1-28.
- Lise, W. and Van Montfort, K. (2007). Energy consumption and GDP in Turkey: Is there a cointegration relationship?. *Energy Economics* 29 (2007), 1166-1178.
- Luzzati, T. and Orsini, M. (2008). Investigating the energy-environmental Kuznets curve. *Energy* 34(2009), 291-300.
- Maddison, D. (2006). *Journal of Environmental Economics and Management* 51, 218-230.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. and Behrens, W. (1972). *The Limits to Growth*. Universe Books, New York.
- Moran, T.P. (2005). Kuznets's Inverted U-Curve Hypothesis: The Rise, Demise, and Continued Relevance of a Socioeconomic Law. *Sociological Forum*, Vol. 20 (2), 209-244.
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. ILO, *Technology and Employment Programme*, Geneva.
- Pastén, R. and Figueroa, E. (2009). Country-specific environmental Kuznets curve: A random coefficient approach applied to high-income countries. *Estudios de Economía*, 36 (1), 5-32.

- Roca, J. and Alcántara, V. (2001). Energy intensity, CO₂ emissions and the environmental Kuznets curve: The Spanish case. *Energy Policy* 29, 553-556.
- Stern, D.I., Common, M.S. and Barbier, E.B. (1996). Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development* 24, 1151-1160.
- Stern, D.I. and Common, M.S. (2001). "Is there an environmental Kuznets curve for sulfur?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 41 (2), 162-178.
- Stern, D.I. (2004). "The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve". *World Development*, Vol. 32, N° 8: 1419-1439.
- Swamy, P. (1970). Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model". *Econometrica*, 38: 311-23.
- World Bank (2009). World Development Indicators on line (WDI). Datos obtenidos el 16 de noviembre de 2009 desde <http://data.worldbank.org/indicator>

R Reutilización Integral de edificios como acto de Sustentabilidad

Juan Carlos Cavieres

Arquitecto UTEM, Magíster en investigación, Centro de Investigación y Estudios de posgrado, Facultad de Arquitectura (CIEP), Universidad Nacional de México; 2010.

María Eliana Pino Neculqueo

Prof. Titular UTEM, geógrafa (PUC), Magíster en Urbanismo y Ordenamiento Territorial (U de Cantabria, España), Dra. en Gestión y Valoración Urbanística (UPC, Barcelona/España)



⋮ Resumen

El siguiente artículo presenta los resultados obtenidos en una línea de investigación pionera que une dos temáticas de gran relevancia en el pensamiento arquitectónico post-moderno.

El patrimonio constituido por las edificaciones preexistentes y la reutilización integral de estos edificios como actos de sustentabilidad.

Esta línea de investigación pretende incorporar de manera virtuosa aquellos valores arquitectónicos que deben permanecer en el tiempo y otorgarles una

nueva significación de manera de aportar al desarrollo sustentable desde este ámbito experto que sintetiza elementos de diseño arquitectónico, constructivo, económico y social.

Palabras claves: <Arquitectura>, <reutilización integral>, <sustentabilidad>

⋮ Abstract

The following paper presents the outcomes obtained from a pioneering line of research which relates two themes of huge relevance in postmodern architectural theory - heritage made up of pre-existing buildings and the integral reuse of these buildings as an act of sustainability.

This line of research aims to virtuously integrate those architectural values which must remain in time while providing a new meaning to them. In this way, it contributes to sustainable development from a specialized area, which synthesizes architectural design, construction, economic and social issues.

Keywords: <Architecture> <integral reuse> <sustainability>

∴ Contextualización Temática

El futuro está aquí, pero su impacto sobre la arquitectura sólo está empezando. En la medida en que nuestros edificios vuelvan a aceptar los ciclos de la naturaleza, la arquitectura volverá a sus auténticas raíces" (1)

El daño medioambiental producido por la interpretación del desarrollo económico desde una perspectiva de sustentabilidad débil no ha sido convenientemente estudiado. Tanto desde su connotación instrumental como axiológica y epistemológica. Aún cuando existen crecientes niveles de conciencia ambiental, aún prima la visión de un planeta como una fuente inagotable de recursos. La creencia de esta naturaleza infinita junto a la exaltación del factor económico hace difícil la tarea de comprender la gravedad de la problemática ambiental y generar propuestas adecuadas para la construcción de una ciudadanía consciente.

La rentabilidad material, aspecto sumamente valorado en la actualidad, nos dicta a corto plazo lo que debemos hacer, determinando nuestra elección. La tendencia actual es la de la inmediatez, la simplificación y la exaltación de lo

cuantitativo, sin pensar en propuestas elaboradas **que se sustenten a lo largo del tiempo** y que otorguen reales beneficios a toda la comunidad. *"La destrucción de los recursos naturales y la proliferación del despilfarro es una prueba de su opulencia y de los altos niveles de bienestar. La comunidad está demasiado satisfecha para preocuparse."*(2) Modelos recientes como la reiterada modificación del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), que plantea la extensión de la metrópoli de Santiago de Chile (3), marcan una visión unidimensional que posesiona y valida una forma de hacer ciudad (crecimiento por extensión) que plantea su expansión física como medio de solución a diversas problemáticas sociales, dejando abierta la puerta para la generación de una megalópolis que agudizará y multiplicará la problemática medioambiental de hoy.

Sumado a lo anterior, podemos ver una fuerte actividad destructiva dentro de nuestras ciudades expresadas por la demolición de un valioso patrimonio edificado con su consiguiente derroche energético y material, junto a su enorme producción de desechos.

Al parecer *"algunos consideran que lo nuevo es, necesariamente, mejor que lo anterior, que lo antiguo, y con ese criterio justifican la demolición de edificios o de barrios enteros. Sin embargo, suponer que algo es bueno porque es nuevo, es un grave error. Ni todo lo antiguo es bueno, ni todo lo nuevo es mejor."* (4)

Como contrapartida han surgido propuestas que intentan hacer frente a la problemática medioambiental y que entregan herramientas a la arquitectura, conscientes con el medioambiente. Estas han recogido de cierta forma el malestar

de un sector de la ciudadanía y las tendencias mundiales en cuanto a energías limpias.

La incorporación de sistemas pasivos al diseño arquitectónico ha adquirido un gran auge desde hace algún tiempo, reposicionando una estrategia vernácula basada en un aprovechamiento eficiente de las condiciones naturales de nuestro entorno territorial.

Las estrategias arquitectónicas se orientan tanto en los procesos como en los resultados esperados siendo la imagen objetivo de convergencia, la calidad ambiental, la salud y el bienestar aportado a los usuarios de un proyecto arquitectónico (5). Ello nos plantean un panorama de preocupación por el entorno ambiental que muestra una forma responsable de hacer arquitectura. Pero surgen algunos cuestionamientos en torno a la duración efectiva de estos elementos, a su relación con la moda del momento y a su real compromiso con el *Desarrollo Sustentable* (6), entendiéndola de forma completa y a largo plazo. Por ejemplo, los costosos paneles fotovoltaicos poseen una duración en el mediano plazo y hay poca información de precisión en cuanto a su reciclamiento o biodegradabilidad.

De la misma forma aparece el reciclaje de materiales provenientes de la construcción y demolición como una estrategia usual para reducir los distintos desechos de la industria e incorporarlos nuevamente al ciclo productivo, lo que se convierte en una acción beneficiosa ya que logra el aprovechamiento y rescate de una parte de los desechos. En la actualidad existen iniciativas valiosas como por ejemplo, Concretos Reciclados S.A., empresa mexicana ubicada en la delegación Iztapalapa, en México Distrito

Federal, que con una inversión de dos millones de dólares ha puesto en marcha recientemente la primera planta recicladora de materiales de desechos de la construcción y demolición en Latinoamérica, específicamente de pétreos y áridos, con una capacidad de 2 mil toneladas diarias. Esta planta recibe a un costo de \$40 pesos mexicanos por metro cúbico (\$2.000 pesos chilenos aproximadamente) cualquier camión con desechos de construcción y demolición. El reciclaje se lleva a cabo por medio de máquinas de trituración y clasificación logrando reciclar y generar nuevos productos para la estabilización de terrenos y rellenos principalmente, los que tienen un costo de un 50% por debajo del costo comercial, convirtiéndose así en una alternativa ecológica y económicamente válida.(7)

Pero es necesario tener en cuenta que en el proceso de reciclaje hay que incluir gran cantidad de energía nuevamente. *“La recuperación de material impone costes de energía, espacio, nuevo material y trabajo humano. No obstante, no podemos tirarlo todo, puesto que ya no existe dicha posibilidad. Hasta donde llega nuestra experiencia, aunque los materiales pueden cambiar de forma, no pueden desaparecer.”*(8) Este largo proceso se inicia con la acción misma de la demolición de un determinado edificio, donde seguidamente se tienen que transportar los escombros o cascajos producidos a las plantas de reciclaje, y posteriormente llevar a cabo el proceso de transformación de estos en nuevas materias primas o materiales. Luego, los *“nuevos materiales”* tendrán que volver a ser transportados a las diferentes obras, para finalmente ser utilizados en la construcción de nuevos edificios.

Es por esto que es necesario fomentar la **Reutilización de Edificios como una estrategia cierta y consciente con el medioambiente**, mostrando una opción en contra del consumo desmedido, haciendo prevalecer el aprovechamiento por sobre la destrucción y la demolición, sin negar la posibilidad a lo nuevo pero sí entregando una alternativa de diseño arquitectónico que plantea una innovación a partir de las preexistencias. Arquitectos como los franceses *Druot, Lacaton y Vassal*, por citar un ejemplo claro, han abordado el tema de la reutilización de edificios en diversos proyectos, enfrentándolos con una actitud decidida y bajo la premisa de *“no derribar nunca, no restar ni remplazar nunca, sino añadir, transformar y reutilizar siempre.”* (9)

La gran cantidad de edificios subutilizados o en desuso insertos en nuestras ciudades nos llaman a reflexionar sobre formas o estrategias para poner en valor estos espacios por medio del uso y así aprovechar su enorme potencial, lo que mostraría alternativas ciertas frente a las actuales formas de hacer ciudad. *“En todos lados se necesita insertar un nuevo tejido en el hueco dejado por la guerra, el desastre, el abandono o la destrucción deliberada.”* (10) Por medio de la reutilización, un edificio deteriorado y/o en desuso puede adquirir una nueva vida apoyada por el surgimiento de una revaloración. *“El tiempo hace inservibles ciertas estructuras a algunas empresas, pero las sirve en bandeja a otras. El tiempo puede hacer que lo que para una generación eran espacios mínimos, sean auténticos lujos para otra.”* (11)

⋮ Reutilización Integral de Edificios

El entorno construido de nuestras ciudades esta conformado por las distintas

y variadas edificaciones y espacios que se van generando a lo largo del tiempo con la finalidad de servir y albergar la vida de sus habitantes, siendo este una representación de la heterogeneidad social que lo habita. Dentro de este entorno aparecen los monumentos o arquitectura de valor patrimonial como **obras arquitectónicas especiales**, que marcan *“con su presencia el tejido colectivo de la arquitectura y han dado la pauta simbólica a la estructura de los asentamientos humanos.”* (12) En la mayoría de las ocasiones, estos tipos de edificios han sido reconocidos por su indudable valor, conservados y protegidos por las entidades oficiales encargadas del patrimonio arquitectónico, a través de obras de restauración (intervención restauradora) y/o *intervención arquitectónica modificadora* (13), las que buscan de distinta forma su preservación para las futuras generaciones.

Este entorno construido también esta compuesto por la **arquitectura común**, la que al entrar en procesos de obsolescencia con su consiguiente deterioro, también pueden ser analizadas bajo distintos criterios que buscan su conservación y el aprovechamiento de estas por medio de la reutilización (14). Es importante considerar y valorar la coexistencia de los distintos edificios emplazados en una zona determinada, antiguos y nuevos, ya que ambos se transforman en testigos de las distintas épocas de la ciudad siendo capaces de significar el tiempo.

“El patrimonio es una metáfora entrañable: una idea trasladada a un objeto, a una práctica, a un vínculo, a un modo de hacer, que decidimos convertir en medio y depositario de creencias estimadas.” (15) **La Reutilización de Edificios puede llevarse a cabo sobre todo el patrimonio edificado,**

actuando sobre un marco amplio que abarca tanto las obras arquitectónicas especiales o patrimoniales como la arquitectura común, yendo más allá de una declaratoria o catalogación oficial que lo acredite como inmueble histórico o patrimonial. De esta forma se convierte en una **acción integral**, ampliando así la visión y la posible actuación de los arquitectos frente a las preexistencias, a diferencia de la restauración que actúa sobre edificios singulares y con ciertos atributos estéticos e históricos. Con esta visión, la acción reutilizadora puede ampliar su rango de actuación, causando una mayor incidencia en la ciudad, vale decir, generando una mayor cantidad de efectos positivos desde el punto de vista medioambiental.

Podemos mencionar que reutilizar edificios reduce el impacto ambiental ya que estamos empleando elementos fabricados con anterioridad, lo que nos habla claramente de la búsqueda del máximo aprovechamiento de una preexistencia, donde además se puede incorporar la idea de aplicar nuevos sistemas y materiales compatibles con la conservación del medioambiente. *“Es indiscutible que el edificio que menos daña el entorno es el que ya está construido.” (16)* Podemos decir también que un edificio *“supone un gran gasto en recursos e inversiones que las futuras generaciones deberían poder reutilizar y adaptar a nuevos usos.”(17)*

Valor Medioambiental de la Reutilización Integral de Edificios

Como se ha mencionado, es necesario aplicar estrategias desde la disciplina arquitectónica que permitan mejorar las actuales condiciones de vida del ser humano y su relación con el medioambiente, vale decir, optimizar la

calidad de vida de este, sobre todo las de los sectores con menores recursos, pero esto sin causar un impacto ambiental irreversible tal y como ha sido registrado en más de un espacio natural a lo largo y ancho del mundo.

Para esto, una estrategia que se posiciona sostenidamente en los últimos años es la incorporación de una fase adicional al proyecto de arquitectura, la inclusión de un eslabón adicional, el repensar el proyecto incluyendo en su ciclo de vida la reutilización de una parte significativa del mismo. Ello es, la Reutilización Integral de los Edificios, donde podemos dar soluciones a las necesidades actuales junto con disminuir el impacto ambiental de las siguientes formas:

∴ Recuperación de espacios

Como primer punto de importancia está la utilización de terrenos ocupados actualmente por edificios que se podrían reutilizar, lo que posibilita **recuperar espacios al interior de la actual ciudad** (muchas veces degradados) para poder llevar a cabo ahí nuevos proyectos, sin la necesidad de buscar nuevos lugares para la construcción de estos, lo que en muchas ocasiones se toma como única posibilidad para el crecimiento urbano, la gestión urbanística, que permite reutilizar el suelo que ya ha sido catalogado como urbano, rediseñando los espacios y sus edificios de manera de optimizar lo preexistente evitando en crecimiento por extensión. De esta forma se contrarresta la actual tendencia de permanente expansión de las ciudades o el aumento de esta mancha urbana, que trae consigo la un conjunto de problemas funcionales y ambientales en el territorio periurbano, lo que daña de forma irreversible estas áreas.

Un ejemplo de esto es el serio deterioro y casi secado de los ríos de Ciudad de México, o la utilización desmedida de tierras agrarias en Santiago de Chile, urbanizando una gran cantidad de hectáreas de las tierras cultivables más fértiles del país, fenómeno preocupante que cada cierto tiempo se ve reforzado por las presiones del mercado inmobiliario para incorporar suelos de bajo precio, no disponibles en áreas urbanas consolidadas.

Según el informe de la Cámara Chilena de la Construcción, denominado *Disponibilidad de suelo urbano en la ciudad de Santiago (18)*, en Febrero de 2006 la cifra de disponibilidad de suelo dentro del límite urbano era de 2.850 hectáreas, mientras que en Agosto de 2007 solo quedaban disponibles 1.650 hectáreas de suelo dentro de aquel límite urbano para uso habitacional o mixto, lo que demuestra la escasez de terreno y la creciente expansión de la ciudad de Santiago. Además al tratar de neutralizar la expansión de las ciudades y su aumento de tamaño, se reducirían las distancias de viaje que las personas tendrían que realizar y el tráfico al interior de las urbes, y con esto la disminución del uso del transporte como automóviles, buses y otros, fuentes contaminantes y gastadoras de recursos no renovables como el petróleo.

Junto a lo anterior los edificios y terrenos deshabitados o abandonados que están insertos dentro de nuestras ciudades son utilizados con frecuencia como basureros por algunos de sus habitantes, constituyéndose en focos de insalubridad y fuentes que propician la generación de plagas, atentando contra la salud y el bienestar del ser humano. Al recuperar y reutilizar estos espacios ya no se

propiciará el uso de estos como basureros en complicidad con la indolencia de los propietarios y la falta de leyes que sancionen duramente la despreocupación por estos espacios.

⋮ **Reducción de la demanda de recursos**

En segundo lugar, por medio de la Reutilización Integral de Edificios podemos **reducir la demanda de los recursos renovables y no renovables** utilizados en el proceso de extracción de materias primas, producción, traslado y utilización de materiales de la construcción, asegurando así recursos para las futuras generaciones junto con disminuir la contaminación ambiental generada por estos procesos. Basta analizar cada uno de ellos para darnos cuenta que generan una gran cantidad de daños, residuos y emisiones que contaminan el ambiente. La extracción de materias primas genera la erosión del territorio y la sobreexplotación de recursos naturales, además de la emisión de polvo, ruido y de gases contaminantes junto con el gasto energético de la maquinaria utilizada para esos fines, contribuyendo también al calentamiento global.

De la misma forma, los siguientes procesos de esta cadena como los de producción de materiales, el transporte y la utilización de estos en la construcción, producirán gastos energéticos y daños derivados del uso de maquinarias junto a la producción de emisiones contaminantes. Algunas estadísticas exponen que, por ejemplo, la Unión Europea consume el 40% del total de la energía y de los materiales, generando además el 30% de las emisiones de CO₂ y el 40% de los residuos provenientes de la actividad humana (19) Estas cifras son

alarmantes y muestran a la industria de la construcción como un sector que causa considerables niveles de contaminación y consumo.

⋮ Reducción de residuos

Todas las actividades humanas producen residuos o desechos. La construcción y la destrucción de edificios se hacen presentes generando una gran cantidad de estos, junto con la posterior eliminación, tan importante para asegurar nuestra supervivencia. Estos desechos en muchas ocasiones se acumulan sin descomponerse en los vertederos de las ciudades, en su mayoría atestados de basura resultante del crecimiento de la población y del aumento de la producción material, lo cual dificulta su eliminación y hace escasear el espacio para su almacenamiento.

En este tercer punto es preciso hacer referencia a la Reutilización Integral de Edificios como una alternativa a la demolición, con lo cual se **reducen los residuos** derivados de ésta que terminan en los vertederos causando toda una problemática asociada a la actividad destructiva. Demoler edificios es una práctica bastante usual en las ciudades, que busca la simplificación en las soluciones de corto plazo, la que muchas veces pone fin abruptamente al ciclo de vida de una obra, y por ende a sus materiales constructivos, causando el desaprovechamiento de estos y de toda la energía que se utilizó en su producción (concepto reconocido como *energía contenida*).

En la Región Metropolitana de Santiago se generan anualmente 5 millones de toneladas de desechos provenientes de la construcción y demolición, junto con

estimarse que en el año 2007 habían 923 hectáreas dentro de la región ocupadas por microbasurales y vertederos ilegales, donde entre el 65 y 80% de la basura correspondía a desechos de construcciones y demoliciones, mientras que entre un 15 y un 20% son desechos voluminosos como neumáticos y muebles, y finalmente entre el 5 y el 10% restante está compuesto por residuos peligrosos como aceites y desechos químicos. Estos basurales se ubican principalmente en los sectores periféricos de la ciudad, en lugares donde habita la población de menos recursos económicos.(20) Además de estas cifras, un estudio referente a la composición de los residuos provenientes de la construcción realizado por la institución del estado chileno CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) arrojó que un 78,7% de estos residuos correspondían a áridos, un 11,25 a cementos, un 5,4% a ladrillos, un 2,4% a revestimientos plásticos, mientras que también un 2,4 % correspondió a materiales variados como maderas, yeso, fierros, tejas, planchas de zinc y cañerías de cobre entre otras, pudiendo observar así cuales materiales son los más y menos desechados.(21)

La acción de demoler facilita la implantación de un nuevo proyecto pero genera múltiples problemas que van más allá de la eliminación de los desechos, como lo son el retiro y traslado de éstos a través de medios de transportes con sus respectivas emisiones de gases contaminantes y gasto energético, al igual que en los dos puntos señalados anteriormente. *“Si tenemos en cuenta que el 50% de los residuos son generados por la industria de la construcción, resulta evidente que los profesionales tienen la responsabilidad ética de abordar este problema”* (22), ya que este afectará

directamente al clima, a la biodiversidad y por supuesto a la salud de los seres humanos.

∴ Conclusiones

Todo lo anterior apoya, argumenta y justifica el uso de la Reutilización Integral de Edificios como una estrategia válida que responde a realidades actuales trascendentales. El valor medioambiental, que cada vez adquiere mayor relevancia, exige la generación y puesta en marcha de acciones como esta para la protección y la generación de una relación equilibrada entre ciudad y entorno, debido a la actual crisis ambiental que estamos viviendo en el planeta. La reutilización plantea una preocupación clara por el medioambiente en comparación a las ideas destructivas promotoras de la demolición y del constante hacer y volver a hacer, las que contribuyen y acrecientan esta crisis. Por medio de la Reutilización Integral de Edificios podemos propiciar la recuperación de espacios, de la reducción de la demanda de recursos y la reducción de residuos, estableciendo una relación más equilibrada y responsable con el medioambiente.

Debemos ser capaces de enfrentar el desuso y el deterioro de los edificios y poder adaptar sus espacios a las nuevas exigencias, sin ver a estos como lugares sin salvación y sin vida que ya no merecen existir, si no más bien como lugares con un enorme potencial. La destrucción no reconoce lo continuo negando los posibles legados para la ciudad, los que se pueden renovar y transformar por medio de la acción modificadora del edificio y no solamente a través de la contraposición y la destrucción como medida de rápido cambio. Al sustituir el desuso y el deterioro de los edificios por la reutilización de

estos, podemos apreciar soluciones concientes, acordes y flexibles al problema de la obsolescencia, proponiendo un nuevo ciclo o continuidad que reemplace lo lineal y finito, mostrando un camino alternativo para prolongar la vida de los edificios.

Es necesario que no entendamos a la Reutilización de Edificios solo como un simple acto formal o de salvaguarda del patrimonio, primeramente es un acto de sustentabilidad. Comprender a la reutilización de esta forma nos llevará a generar propuestas de mayor peso y pensadas a largo plazo, logrando no solo una sustentabilidad energética propiamente tal, sino también una sustentabilidad económica y social-cultural, respetuosa por el medioambiente.

∴ Referencias Bibliográficas

- [1] ROGERS, Richard. *Ciudades para un pequeño planeta*. Barcelona, Ed. Gustavo Gili, 2000, p. 101.
- [2] MARCUSE, Herbert. *El hombre unidimensional*. Barcelona, Ed. Planeta-De Agostini, 1993, p. 114.
- [3] *Datos extraídos: BLOG DEL INSTITUTO DE LA VIVIENDA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE (INVI)*. *Vivienda al Día*. En: <http://infoinvi.uchilefau.cl> Santiago, Abril 2011.
- [4] TOCA FERNÁNDEZ, Antonio. *El valor de la memoria*, en revista *Enlace* n° 199. México DF, Colegio de Arquitectos de I Ciudad de México A.C. – Sociedad de Arquitectos A¹

- [5] PINO, TORRES Y VENEGAS. *Los Sistemas de Certificación Ambiental Aplicados a Arquitectura: Estado de Situación UTEM 2009 S/P*
- [6] Definido como: Aquel que satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. En: SERRANO, Pedro. *Desarrollo sostenido y sustentable. Definiciones para el proyecto ROMBO MECESUP*. Departamento de Arquitectura Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Dic. 2007.
- [7] Datos extraídos: www.concretosrecicladados.com Consulta on line: 2010.
- [8] LYNCH, Kevin. *Echar a perder*. Barcelona, Ed. Gustavo Gili, 2007, p. 89.
- [9] DRUOT, Frédéric, Anne Lacaton y Jean- Philippe Vassal. *Plus. La vivienda colectiva. Territorio de excepción*. Revista Cuicuilco Nueva Época, volumen 11, n° 30. México DF, Escuela Nacional de Antropología e Historia ENAH, 2004
- [10] JACOBS, Jane. *Vida y muerte en las grandes ciudades*. 2ª Ed. Madrid, Ed. Península, 1973, p. 205.
- [11] MARTIN JUEZ, Fernando. *Patrimonios* Revista Cuicuilco Nueva Época, Escuela Nacional de Antropología e Historia, Vol. 11, número 30, México, (2004). (ISSN 1405-7778)
- [12] SALDARRIAGA, Alberto. *Arquitectura para todos los días*. 1a. Ed.. Bogotá Ed. Universidad Nacional de Colombia, 1988, p. 17.
- [13] Se define como: Acción de modificar los límites físico-espaciales de un edificio preexistente a través de la adición y/o sustracción de elementos arquitectónicos, en busca de satisfacer las necesidades o subsanar las falencias de la preexistencia. En: CAVIERES, Juan Carlos. *Tesis de Investigación: Criterios de Diseño para la Reutilización de Edificios por medio de la Intervención Modificadora*. Centro de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Arquitectura (CIEP), Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, México D.F., 2010, p. 58.
- [14] Se define como: Acción para volver a utilizar un edificio o espacio preexistente, ya sea con la función que desempeñaba originalmente (rehabilitación) o con nuevos usos distintos al destino inicial. En: *Ibidem*, p. 65
- [15] SORIA LÓPEZ, Javier, Leonardo Meraz Quintana y Luis Fernando Guerrero. *En torno al concepto de reutilización arquitectónica*, en revista *Bitácora Arquitectura* n° 17. México DF, UNAM: Facultad de Arquitectura, 2007, p. 34.
- [16] EDWARDS, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona, Edit. Gustavo Gili, 2008, p. 135
- [17] *Informe técnico realizado por la Gerencia de Estudios de la Cámara Chilena de la Construcción que da a conocer la problemática de la escasez de terrenos urbanos en la ciudad de Santiago de Chile*

- [18] Informe técnico realizado por la Gerencia de Estudios de la Cámara Chilena de la Construcción que da a conocer la problemática de la escasez de Terrenos urbanos en la ciudad de Santiago de Chile en Revista electrónica Ecoamérica n°68, <http://www.ecoamerica.cl>. Santiago, 2007, p. 10.
- [19] Datos extraídos de: www.cibworld.nl INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB). Agenda 21 on Sustainable Construction. CIB Publication 237, 1999, p. 25.
- [20] Datos extraídos: RUNGRUNGSKOM, Carlos. Microbasurales y vertederos ilegales, en Revista electrónica Ecoamérica n°68, <http://www.ecoamerica.cl>. Santiago, 2007, p. 10.
- [21] Datos extraídos: www.conama.cl Residuos de la Construcción. Santiago, mayo 2009.
- [22] Reciclaje en la Región Metropolitana, Estudios de Caso. Área Gestión de Residuos y Materiales Peligrosos, CONAMA R.M., 2004. www.conama.cl
- [23] Reciclaje en la Región Metropolitana, Estudios de Caso. Área Gestión de Residuos y Materiales Peligrosos, CONAMA R.M., 2004.p.:47

A Agroindustria y Medio Ambiente¹

René R. Guerrero Faquiez
rene.guerrero@utem.cl
Luis A. Valenzuela Silva
luis.valenzuela@utem.cl

*Académicos Departamento de Economía, Recursos Naturales y Comercio Exterior
Facultad de Administración y Economía, Universidad Tecnológica Metropolitana*



⋮ Resumen

El objetivo de este trabajo es revisar la relación entre agroindustria y medio ambiente, exponiendo los problemas asociados, particularmente lo relativo a sus residuos líquidos (RILES) y residuos sólidos (RISES), así como los aspectos positivos y las declaraciones de algunas empresas agroindustriales que están inmersas en dichos problemas.

Palabras claves: <residuos industriales líquidos> <residuos industriales sólidos> <tecnología ambiental>

⋮ Abstract

The purpose of this paper is to check the relationship between the agro-industry and the environment, presenting the problems associated, particularly those regarding its liquid waste (ILW) and solid waste (ISW), as well as to display the positive aspects and the statements made by some agro-industrial companies involved in these problems.

Keywords: <industrial liquid waste> <industrial solid waste> <environmental technology>

..... 1 Los autores agradecen los comentarios de Oscar Mercado Muñoz, Roberto Contreras Marín y Cristián González Rojas.

∴ I. Introducción

El problema medioambiental expresa la preocupación de diversos organismos e instituciones por el futuro de las reservas naturales, los recursos y la degradación a que han sido sometidos la mayoría de los ecosistemas mundiales. De acuerdo a López (1997), los problemas de degradación del medio no han surgido repentinamente, sino que se han ido gestando a lo largo de la historia reciente, especialmente a partir de la Revolución Industrial del siglo XIX, pero han experimentado un auge espectacular en las últimas décadas a raíz del despegue tecnológico experimentado en todos los campos de la actividad humana, lo que ha tenido consecuencias de suma gravedad en algunos de ellos y que todavía son desconocidas en otros.

Borregaard (2005) señala que economistas y políticos de todo el mundo frecuentemente destacan el éxito económico alcanzado por Chile gracias a un modelo de desarrollo basado en políticas de libre mercado y en la integración activa a los mercados mundiales. Agrega que a partir de la segunda mitad de los setenta y durante los años ochenta, el régimen militar implementó reformas económicas que implicaron el fomento a las exportaciones y su diversificación, la generación de condiciones favorables para la inversión extranjera directa y la reducción gradual de los aranceles, de un 35% en 1984 a un 11% en 1991. En los noventa los gobiernos democráticos complementaron estos elementos destinados a la inserción global

con la firma de una gran cantidad de tratados y acuerdos comerciales bilaterales y regionales, que incorporaron a los Estados Unidos, China y la Unión Europea, por citar los más relevantes.

En efecto, la apertura comercial iniciada en los años setenta, complementada por un proceso de liberalización y desregulación de los mercados, fue produciendo en el país una profunda transformación social, económica, política y ambiental. El incentivo a las exportaciones dinamizó el crecimiento de la economía, pero la hizo fuertemente dependiente de la explotación de recursos naturales, sin mayor consideración, por largos años, de los costos ambientales en que se incurría. A la par de este crecimiento económico y exportador, el país comenzó a mostrar problemas medioambientales en aquellos frentes donde se realizaba una explotación irracional –depredación- de los recursos naturales, correspondientes a actividades donde hubo sobreinversión y sobreexplotación.² La explotación o utilización indiscriminada de recursos que alguna vez fueron de fácil acceso se asocia con una ineficiente asignación de recursos y con el fenómeno que la literatura denomina “tragedia de los comunes” (The Tragedy of the Commons).³ Tales problemas no se abordaron con la prontitud requerida, debido a la existencia de un pobre marco de regulación ambiental. Lo último conspiró para frenar con la fuerza debida el deterioro medioambiental, dado que el crecimiento y las exportaciones en sí no pueden visualizarse como hechos negativos si existe un marco legislativo adecuado -y su

..... 2 Véase Valenzuela y Guerrero (1994).

3 Véase Hardin (1968).

correspondiente cumplimiento y monitoreo- que garantice tasas socialmente óptimas (y racionales) de explotación de los recursos naturales.

La competencia internacional de aquellos años mostró la incapacidad de la economía por internalizar los costos que significaban los daños al medioambiente; no era exigible compensación ni sanción alguna, esto es, la contaminación se producía a costo cero (o muy bajo) y el medio ambiente se visualizaba como un receptáculo gratuito para la disposición de residuos. Se debe recordar que la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) se creó mediante decreto N° 249 del Ministerio de Bienes Nacionales recién en junio de 1990, y su actuar siempre fue limitado y no exento de críticas. Por su parte, la Ley de Bases del Medio Ambiente (LBMA; ley N° 19.300) - conocida también como "ley marco"- fue una iniciativa del Poder Ejecutivo, presentada al Congreso en septiembre de 1992 y promulgada sólo en marzo de 1994, la que por ausencia de reglamentos que hicieran posible su aplicación no operó sino hasta 1996. Frente a todo lo señalado surgieron diversas voces, de grupos ecologistas primero y luego de medioambientalistas, que alertaron sobre el deterioro de los ecosistemas, señalando que ello comprometería la sustentabilidad y/o sostenibilidad de la economía chilena y del modelo vigente.⁴

Hubo que esperar hasta el 12 de enero de 2010 para que se promulgara la ley que creó el Ministerio del Medio Ambiente en Chile. Esta nueva institucionalidad

establece el derecho de los ciudadanos a conocer materialmente la información ambiental, además de poder hacer observaciones y recibir respuestas de la autoridad. La nueva ley permite, en teoría, que todo ciudadano pueda participar en materia ambiental. Es decir, pueda fiscalizar, denunciar y participar en los procesos de la Superintendencia de Medio Ambiente. La ciudadanía tiene el derecho a saber de los riesgos ambientales y de pedirle al Estado que tome las medidas adecuadas. De acuerdo con esto, también se podrá hacer seguimiento del cumplimiento de las autoridades ambientales y llevarlas al Tribunal Ambiental.⁵

Dentro de este escenario global, las industrias vinculadas a la agricultura, y particularmente lo que se reconoce como agroindustria hortofrutícola, tuvieron su despegue en la década de los ochenta. El aumento de la oferta agrícola, tanto exportable como no exportable (uso y/o consumo interno), derivado del proceso de apertura comercial iniciado en la década previa, se tradujo en un rápido crecimiento de la producción agroindustrial. Colaboró con esto el abandono, en junio de 1982, del sistema cambiario rígido que había sido impuesto desde julio de 1979. De acuerdo con las cifras fob de Chilealimentos (2010), el país exportó en 1981 la suma de US\$ 32 millones en frutas y hortalizas procesadas, incrementándose en 2008 a US\$ 1.555 millones, año que marcó el peak de estas exportaciones. Todos los componentes de la industria de frutas y hortalizas mostraron esta tendencia ascendente en

..... 4 *En este trabajo los términos "sustentabilidad" y "sostenibilidad" se usarán como sinónimos. Sin embargo, hay bastante discusión sobre este particular en el mundo de habla hispana.*

5 *Aún en tramitación a abril 2011.*

el valor de sus exportaciones en igual período: las conservas, los deshidratados, los congelados y los jugos. La recesión (crisis subprime) declarada abiertamente el último cuatrimestre del año 2008, que trajo aparejada una caída en la demanda mundial por la gran mayoría de bienes, tuvo un impacto negativo sobre estas cifras para el año siguiente. Las exportaciones de frutas y hortalizas procesadas retrocedieron a US\$ 1.244 millones el año 2009, sufriendo una caída del 20% respecto del año anterior.

Cabe agregar que los principales destinos de las exportaciones agroindustriales hortofrutícolas chilenas son Estados Unidos y Canadá en el hemisferio norte, la Unión Europea y el Lejano Oriente (Japón). Chile se ubica como el primer exportador a nivel mundial de manzanas deshidratadas, el segundo en ciruelas secas, el tercero en frambuesas congeladas y pasas, el cuarto en conservas de duraznos, y el 5° en uva mayor a 30° brix y pulpas, purés y jaleas (Valenzuela, 2011).

La agroindustria hortofrutícola, al igual que la mayoría de las actividades productivas del país, enfrenta problemas medioambientales, pero de menor envergadura que las actividades consideradas para este efecto como las de mayor riesgo (minería e industria metalúrgica, industria química e industria del papel, por citar algunas en el caso chileno).⁶ La industria procesadora de frutas y hortalizas genera importantes cantidades de residuos líquidos y residuos sólidos, siendo de menor importancia las

demás formas de contaminación. Aún así, el carácter estacional de esta actividad se traduce en una alta generación de contaminantes en un período relativamente breve, dependiendo claro del tipo de vegetal o fruta procesada.

El objetivo de este trabajo es revisar la relación entre agroindustria y medio ambiente, exponiendo los problemas asociados, particularmente lo relativo a sus residuos líquidos (RILES) y residuos sólidos (RISES), así como los aspectos positivos y las declaraciones de algunas empresas agroindustriales que están inmersas en dichos problemas.

El trabajo se dividió en cinco secciones: I. Introducción; II. Relación entre Agroindustria y Medio Ambiente; III. Los Problemas Asociados; IV. Aspectos Positivos y Declaraciones de Algunas Empresas del Rubro; y V. Conclusiones.

II. Relación entre Agroindustria y Medio Ambiente

De acuerdo con la definición de medio ambiente, el entorno consta de dos componentes: el medio físico o natural y el medio humano o socioeconómico. El primero comprende el relieve, la atmósfera, las aguas, los suelos, la vegetación, la fauna y el paisaje. El segundo abarca los asentamientos humanos, las formas de explotación económica y en general toda aquella actividad del hombre que constituye una ocupación del espacio. El crecimiento demográfico en algunos casos, y/o el aumento en el nivel de vida en otros, sólo

.....⁶ El sector de envase y conservación de frutas y legumbres en la Argentina también ocupa uno de los lugares más bajos en el ranking de toxicidad de sus emisiones de acuerdo a lo expuesto por Chidiak y Murrms (2003), en base al trabajo de otros autores.

son posibles gracias a una explotación creciente de los recursos naturales y energéticos. No está demás agregar que alteraciones de un medio impactan al otro.

Por su parte, agricultura e industria habían sido consideradas tradicionalmente como actividades muy diferentes, tanto por sus características como por su función en el crecimiento económico. Se estimaba que la agricultura era el elemento característico de la primera etapa del desarrollo de un país, mientras que al grado de industrialización se le reconocía como el indicador más pertinente de su avance al desarrollo. Por lo mismo, durante décadas se afirmó que la estrategia adecuada de desarrollo es la que permite pasar de modo gradual desde una economía basada en la agricultura hacia una economía industrial, dejando a la agricultura financiar la primera etapa de la industrialización. Esta mirada y argumentos han dejado de ser pertinentes en la actualidad. No sólo se ha reconsiderado la función de la agricultura en el proceso de desarrollo de un país, sino también su contribución como tal a la industrialización, cuya importancia queda demostrada por el despegue y evolución de la agroindustria chilena.

Si bien toda actividad humana afecta al medio ambiente, incluida la agricultura y la agroindustria, su impacto puede ser muy negativo cuando no hay leyes, normas, reglamentos, filtros y otras tecnologías anticontaminantes, estándares de emisión y contaminación, multas, sanciones, compensaciones forzosas por daño causado y toda una institucionalidad dispuesta a resguardar el tema. De esto se tomó mayor conciencia al evaluar la apertura y desregulación del comercio iniciada a mediados de los años setenta, así como las inversiones que se

fueron realizando casi en paralelo, todo en un contexto de falta de protección y regulación de los recursos naturales. Se estimó que la expansión exportadora del país caminaba a la par con el deterioro del medio ambiente y la sobreexplotación de los recursos naturales, y que la competitividad internacional que mostraba el país tenía buena parte de su explicación en la externalización de los costos ambientales, es decir, en la falta de incorporación de los mismos a la contabilidad empresarial y a los precios finales pagados por el consumidor.

Como la actividad agroindustrial se nutre de los cultivos hortofrutícolas, la producción de materia prima para la agroindustria debe considerar los posibles efectos ambientales negativos derivados de la intensificación de la actividad agrícola. La naturaleza y magnitud de estos impactos dependerá de las prácticas existentes en cuanto al uso del suelo, de la cantidad de materia prima requerida por la agroindustria, del sistema de producción utilizado, y del manejo del suelo y el agua. Los efectos ambientales potenciales causados por la intensificación de la agricultura son la mayor erosión de los suelos, la contaminación del agua superficial y freática por los insumos agrícolas (como fertilizantes y pesticidas), los cambios en las características físicas y químicas del suelo, y los impactos sobre la fauna y vegetación nativa.

Quiroga y Van Hauwermeiren (1996) visualizan así el problema: "... la expansión frutícola también ha provocado serios problemas ambientales y de salud humana por el uso excesivo e inadecuado de agroquímicos de progresiva toxicidad. En el proceso de manipulación y aplicación de los agrotóxicos, los

trabajadores temporeros de la fruta, así como las comunidades humanas y el medio ambiente circundante, reciben la contaminación directa y quedan expuestos a sus efectos de corto y largo plazo". Indican, por otra parte, que la agricultura chilena enfrenta serios problemas de uso no sustentable de los recursos agua y suelo. A esto se suma la contaminación del agua por los procesos productivos de la agroindustria. Existen varios problemas ambientales en el subsector de cultivos tradicionales, como la ubicación de zonas marginales, quema de rastrojos y sistemas de riego de baja eficiencia en el uso del recurso agua. Pero, los problemas que destacan por su magnitud son los impactos ambientales y sociales ligados a la fuerte expansión del sector agroindustrial y sobre todo del sector frutícola. Estos autores agregan que Chile exporta principalmente commodities, productos que se caracterizan por su bajo nivel de procesamiento o valor agregado, por su escaso nivel de diferenciación cualitativa internacional, por enfrentar una gran competencia y sobreoferta cíclica en los mercados internacionales, y por basar su competitividad en la minimización de los costos ambientales (y laborales), hasta el nivel que la regulación lo permita en la práctica. En consecuencia que sigue importando bienes manufacturados, de capital y de consumo, de alto valor agregado, de alto nivel de diferenciación cualitativa, y que en sus países de origen internalizan una proporción mayor de los costos ambientales (y laborales).

La misión de la agroindustria es conservar y transformar las materias primas, al igual que extraer, enriquecer y concentrar los componentes que dan valor a las mismas. En la actividad agroindustrial se relacionan estrechamente el desarrollo y el medio ambiente. Como ya se señaló más arriba,

la agroindustria hortofrutícola, sin pertenecer a las categorías de industrias que producen mayor contaminación en el país, también puede tener efectos negativos sobre el medio ambiente. Sin un control, la agroindustria, lo mismo que las demás industrias, puede crear contaminación ambiental o riesgos ecológicos en distintas formas. Estos derivan principalmente de las cantidades de residuos líquidos y residuos sólidos que generan. La contaminación atmosférica y la contaminación acústica también están presentes, pero ocupan un lugar de menor importancia en esta actividad. Otero y Larios (1999) señalan que si la industrialización conduce a operaciones altamente concentradas geográficamente y a la emisión de una gran cantidad de residuos por unidad de área, lo más probable es que en esas localidades los niveles mínimos de contaminación sean excedidos.

Los residuos industriales constituyen focos potenciales de contaminación y riesgo para la salud. Actualmente existe mayor conciencia, aunque parcial y a veces distorsionada, de la existencia de este problema, que se asocia generalmente a impactos negativos sobre el medio. El mejoramiento en el nivel de vida lleva aparejado ineludiblemente la generación de residuos, algunos de los cuales pueden significar una agresión potencial al medio. Los residuos que genera la industria abarcan una amplia gama, dada la gran variedad de productos, procesos y materias primas utilizadas. Esta variedad de elementos que pueden ser considerados como residuos hace difícil su clasificación. En principio y aplicando un criterio amplio, los residuos industriales pueden dividirse en tres grupos: a) inertes, que son aquellos que no presentan riesgo para el medio y cuyo

único tratamiento consiste en el reciclaje, cuando no su depósito en lugares adecuados al efecto; b) asimilables a urbanos, como resultado de actividades semejantes a las domésticas que transcurren en las plantas industriales, especialmente en los comedores, oficinas, servicios de limpieza y otros generales, y que requieren el mismo tratamiento de las basuras urbanas; y c) especiales, que tienen características singulares y en no pocas ocasiones afectan negativamente al medio o a la salud humana, requiriendo de tratamientos específicos. Este último grupo es el más complejo, por razones obvias, y recibe especial atención en las legislaciones sobre la materia. Los residuos agroindustriales caen en esta categoría y sus orígenes pueden ser tan diversos como la gama de procesos que los generan.

III. Los Problemas Asociados

Los costos sociales y medioambientales que produce la explotación inadecuada de recursos naturales y sus tratamientos posteriores son asumidos por los grupos poblacionales afectados, muchas veces por toda la sociedad, así como por las generaciones futuras y las demás especies involucradas. Es por esto que no resulta lógico la externalización total o gratuidad de los mismos.

Respecto a la falta de internalización de los costos ambientales, y siguiendo la línea de pensamiento de Quiroga y Van Hauwermeiren (1996), cabe la pregunta: ¿Cuánto costarían realmente nuestros productos de exportación basados en recursos naturales si las empresas tuvieran que compensar a todos quienes sufren daño o externalidades negativas por este efecto? ¿Qué tan sustentable es nuestro crecimiento y desarrollo económico si el

sentido común y la evidencia empírica o científica indican que buena parte de él se basa en la socialización de los costos? Ejemplos de este tipo sobran, pero uno típico de la externalización de costos es la no imputación de los costos de salud relacionados al uso de agroquímicos en la fruticultura de exportación. La no consideración de costos ambientales se traduce efectivamente en una ventaja comparativa, pero con fecha de vencimiento a nivel internacional, para el posicionamiento comercial de un país en el exterior. Una manera de ir incorporando en parte importante los costos ambientales es la inversión y uso de tecnologías limpias o de menor impacto ambiental, así como el optimizar procesos y considerar criterios avanzados de gestión ambiental; lo cual también refleja cambios en las preferencias de los consumidores, cada vez más concientes de proteger el medio ambiente.

Un concepto ligado a lo anterior es el de "desarrollo sostenible". La sustentabilidad del medio ambiente ha pasado a ser en los últimos años un requisito importante para la competitividad internacional, dado que la preocupación medioambiental influye en las relaciones económicas internacionales y condiciona, quíerese o no, el acceso a los mercados externos. Visto así, el cumplimiento de las exigencias medioambientales es ahora una ventaja comparativa. Sin embargo, como advierten Weinberger y Lumpkin (2007), los temas relativos al acuerdo sanitario y fitosanitario de la Organización Mundial de Comercio (OMC) son a veces utilizados como herramientas proteccionistas contra las importaciones, toda vez que los tratados y acuerdos de comercio multilaterales han reducido la capacidad de proteger la producción doméstica con aranceles y cuotas. Chudnovsky y Chidiak

(1995) y Cerda (2003) son parte del interés suscitado en la literatura económica en torno al tema de la competitividad y el medio ambiente.

Los aspectos ambientales de mayor preocupación para la agroindustria dicen relación con sus residuos líquidos y sólidos. Valdés y Foster (2005) señalan que la agroindustria tiene una responsabilidad importante en la contaminación del agua, tanto en las fuentes superficiales como subterráneas; los efectos de la contaminación ocurren tanto en la fase de cultivo (agrícola) como en la de procesamiento. Leal (2006) confirma lo anterior al indicar que la agroindustria procesadora de frutas y hortalizas es una de las ramas particularmente perniciosas para el medio ambiente en materia de residuos industriales líquidos.⁷ Las emisiones atmosféricas provenientes de las operaciones agroindustriales quedan, en general, con un menor nivel de importancia y pueden incluir material pulverizado, dióxido de azufre, óxidos nitrosos, hidrocarburos y otros compuestos orgánicos. Dado que la agroindustria incrementa la demanda de determinadas materias primas, o bien genera otras formas de uso y aplicaciones del recurso suelo, hay impactos ambientales en el ámbito de la producción agrícola, como la caída en la fertilidad de los suelos, la pérdida de suelos y sedimentación, los problemas de desertificación y de riego, la salinización de los suelos y aguas, la fluctuación del nivel de las aguas y la contaminación, todo lo cual repercute en un descenso de su productividad.

El desarrollo agroindustrial tiende a evitar la migración y la mayor concentración en centros urbanos. Pero, desde el punto de vista del trabajador agroindustrial, los puestos de trabajo, donde sea que estén localizados físicamente, pueden contener elementos negativos. Con frecuencia las agroindustrias producen olores repulsivos. Las molestias por polvo, humedad, malos olores y ruidos pueden alcanzar niveles nocivos para su salud, aún en medios rurales con espacios más amplios y abiertos, representando una amenaza. Y desde el punto de vista del consumidor, la inocuidad de los alimentos y los productos amigables con el medio ambiente son hoy temas relevantes.

Los riesgos de contaminación son relativamente menores en las etapas iniciales de conservación y transformación, pero pueden aumentar al crecer los niveles de alteración física y química, especialmente en aquellas industrias que utilizan maquinaria y tecnologías anticuadas. Las nuevas tecnologías contaminan menos que las antiguas en cuanto a residuos y emisiones por unidad de producto. Las agroindustrias grandes y centralizadas pueden ser fuentes importantes de contaminación local, pero las industrias de menor escala pueden también producir contaminantes dispersos con efecto acumulativo en una determinada región geográfica, especialmente cuando carecen de recursos financieros para utilizar tecnologías modernas y limpias. Los riesgos y peligros causados por la contaminación agroindustrial pueden percibirse muy rápido si tales industrias

..... 7 *La política de producción limpia impulsada por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) ha ido atacando sector por sector sobre la base de diagnósticos.*

tienden a concentrarse cerca de las zonas urbanas. Por último, la incidencia de la contaminación agroindustrial y sus residuos depende en gran medida de la eficiencia del marco legislativo y de las medidas reglamentarias que se adopten para proteger el medio ambiente. Los países que carecen de un marco adecuado de política ambiental, así como de las estructuras institucionales, jurídicas y de seguimiento, tienen grandes dificultades para aplicar de un modo eficaz las medidas necesarias para combatir la contaminación.

Siempre hay aguas residuales allí donde este elemento se utiliza con fines industriales. La evolución agroindustrial de las décadas pasadas ha conducido a un considerable aumento en la generación de aguas residuales. Esto no representa mayor problema si se aplica una disposición apropiada de las aguas residuales, es decir, si se tienen en cuenta los aspectos ambientales de las respectivas instalaciones y la situación local específica que se enfrenta. La agroindustria, como cualquier industria, ha mostrado una evidente prioridad en favor del suministro de agua por sobre la disposición de las aguas residuales.

En la contaminación de aguas por actividad agroindustrial, los problemas ambientales se relacionan principalmente con los residuos industriales líquidos (RILES), que contienen sustancias tóxicas como el cromo, taninos y cloro, y una gran cantidad de sólidos en suspensión, sedimentables y disueltos. La contaminación en los caudales de aguas servidas varía conforme al tipo y magnitud de la operación agroindustrial. Estas aguas tienen un alto nivel de demanda de oxígeno bioquímico y químico, y de sólidos suspendidos o disueltos. Además,

puede haber otros contaminantes, como residuos de pesticidas, aceites complejos, compuestos alcalinos o ácidos y otras sustancias orgánicas presentes en las aguas servidas. Los efluentes pueden ser focos potenciales de infección para los seres humanos y los animales.

La principal fuente de generación de residuos líquidos en la industria procesadora de frutas y hortalizas radica en el proceso de lavado. Los residuos líquidos generados en el lavado de frutas y hortalizas se caracterizan por contener, principalmente, sólidos suspendidos y materia orgánica disuelta. También es común encontrar pesticidas, insectos y jugos provenientes de la materia prima, hojas, tallos y otras partes de las plantas. Adicionalmente, existen procesos característicos generadores de residuos líquidos; entre ellos destaca el proceso de pelado, donde se generan importantes cantidades de aguas con alto contenido orgánico soluble y sólidos suspendidos. Las aguas del proceso de blanqueado y del proceso de evaporación también tienen alto contenido de materia orgánica soluble. En las aguas de lavado de equipos es común encontrar detergentes y materia orgánica disuelta.

La descarga de residuos líquidos sin tratamiento, de la industria de procesamiento de productos hortofrutícolas, puede provocar una importante contaminación de las aguas receptoras. Dado que el material orgánico constituye el principal componente contaminante, los problemas de contaminación de aguas se relacionarán principalmente con la descomposición de dicho material, lo que puede traducirse en una disminución del oxígeno, muerte de peces, producción y emisión de biogás y formación de una capa de material

flotante. Si las descargas líquidas tienen una alta concentración de sólidos, puede formarse una capa de sedimento en el fondo de los cauces receptores, donde se producirá una degradación anaeróbica, con la consecuente formación de gases malolientes.

A continuación se muestra un ejemplo reciente sobre este tema. En el Diario Electrónico El Cachapoal (Región de O'Higgins), con fecha 23 de marzo de 2011, se formula una grave denuncia por contaminación contra una importante empresa agroindustrial, exportadora de frutas y verduras congeladas, en la cual se da cuenta de malos olores, existencia de roedores y contaminación de aguas desde San Fernando hasta San Vicente, las que a su paso riegan predios de gran tamaño con plantaciones de frutas y hortalizas que después son consumidas por la población. Las aguas se enturbian por los desechos industriales que bota dicha empresa y son arrastradas, a través de variadas ramificaciones, a sectores poblacionales, con el consiguiente riesgo de salud. Esta circunstancia habría sido informada a las autoridades sanitarias, pero a la fecha de su denuncia a ese diario no habría solución (www.elcachapoal.cl).

Durante el primer trimestre del año 2011 la Superintendencia de Servicios Sanitarios aplicó 14 multas a establecimientos industriales generadores de RILES, de las cuales 3 corresponden a empresas agroindustriales (entre 10 y 12 unidades tributarias anuales; véase Boletín de Sanciones Trimestre 1/2011 en www.siss.cl).⁸

Hasta ahora nada se ha dicho sobre el agua consumida directa o indirectamente en la producción. El agua es un bien cada vez más escaso, pero el problema será aún mucho mayor en el futuro.⁹ La cantidad de agua invertida en producir alimentos (denominada por algunos como "agua virtual") resulta sorprendente: 1 kilo de queso ocuparía alrededor de 5.000 litros de agua, 1 kilo de carne de vaca unos 15.500 litros de agua y 1 kilo de arroz unos 3.400 litros de agua (véase www.eco13.net). La huella del agua (o hídrica) es un indicador creado por Hoekstra y Chapagain en el año 2002, el cual puede servir para ir caminando hacia una utilización más eficiente de este recurso (ISO 14044). La "huella gris" del agua se refiere al volumen de agua contaminada como resultado de los procesos de producción. Más temprano que tarde el volumen de agua ocupado en los procesos será un tema de relevancia para la agroindustria (véase www.waterfootprint.org).

La positiva evolución agroindustrial también ha conducido a un considerable incremento en la generación de residuos sólidos. Los residuos industriales sólidos (RILES) son bienes muebles de los cuales su propietario desea desprenderse (concepto "individual" de residuo sólido) o a cuya disposición ordenada se está obligado para conservar el bienestar de la comunidad, especialmente velando por la protección del medio ambiente (concepto "social" de residuo sólido).

El almacenamiento incorrecto de materias primas y la eliminación inadecuada de

..... 8 Para una revisión de las últimas estadísticas nacionales anuales sobre residuos industriales líquidos véase INE 2011.

9 Véase recuadro sobre "Agriculture and virtual water" en Speers (2004), y CEPAL y otros (2002).

desperdicios sólidos pueden perjudicar los recursos terrestres, ya sea en el lugar de instalación de la agroindustria o en los depósitos de desechos. Los potenciales impactos sociales incluyen la posterior restricción de acceso a los recursos dañados (por ejemplo, a ciertos recursos acuáticos), desplazamientos de población, trastornos sociales, y efectos sobre los trabajadores y consumidores.

En la agroindustria, los residuos sólidos provienen generalmente de las etapas de limpieza, lavado, corte, deshuesado, pelado y descorazonado. Otra fuente de generación de residuos sólidos son las plantas de tratamiento de riles. En la etapa de pre-tratamiento (rejas) se generan restos de frutas y verduras que deben ser eliminados antes de pasar a las otras etapas del proceso de tratamiento. Entre los residuos sólidos más comunes producidos por este tipo de industria se encuentran restos de frutas, frutas en mal estado, semillas, envases y embalajes. Sin embargo, la gran mayoría de ellos son reutilizados como suplemento alimenticio para animales o como mejoradores de suelo. La contaminación tiene relación principalmente con la putrefacción de material orgánico, lo que ocasiona malos olores y lixiviación de contaminantes hacia el suelo y las aguas superficiales y subterráneas. Por otra parte, la disposición de estos residuos en rellenos sanitarios puede provocar serios problemas de operación en el relleno, debido al alto contenido de humedad que presentan. También puede producir molestias (olores) a la población aledaña al relleno. La contaminación atmosférica es generalmente un problema menor en estas industrias; sin embargo, en algunos casos se pueden producir problemas de olores producto del inadecuado manejo de los residuos sólidos (CONAMA, 1998).

IV. Aspectos Positivos y Declaraciones de Algunas Empresas del Rubro

Desde un punto de vista ambiental, se puede decir que las grandes empresas agroindustriales chilenas poseen maquinaria y equipos de origen importado, principalmente desde Estados Unidos y Europa, que mantienen estándares de calidad elevados, en cuanto responden a las exigencias internacionales y a las que el país posee en materia de emisiones de residuos líquidos, sólidos y gaseosos. Las empresas agroindustriales mantienen una constante revisión y modernización de su infraestructura y de sus procesos productivos, motivadas no sólo por las exigencias que deben cumplir con la normativa local existente, sino también porque la dinámica de las inversiones en que se desenvuelve la actividad mundial así lo exige. La agroindustria en Chile está orientada al abastecimiento de los mercados externos, por lo que el cumplimiento de las normas sanitarias y ambientales es una condición que ha debido cumplir y que deberá mantener y mejorar en forma ineludible (Figueroa, 2002). Borregaard (2005) complementa este párrafo al establecer que la agroindustria parece haberse adaptado más rápidamente (cuando se la compara con otras actividades), por su calidad de exportadora neta, a los desafíos implícitos en términos de consideraciones ambientales, así como también en términos de cambios estructurales por fusiones y adquisiciones, de nuevas formas de asociación y contratos de abastecimiento de materias primas.

El país cuenta hoy en día con una serie de leyes y normativas que consideran el tema ambiental desde sus diferentes perspectivas. En el caso del sector agrícola, proveedor de materias primas para la

agroindustria, se pueden destacar: la Constitución Política de la República de Chile (1980), en sus artículos 19 (N° 8) y 20; el decreto ley N° 3.557 (1980), artículos 11, 12 y 13, sobre ley de protección agrícola; y la ley N° 18.378 (1984) sobre técnicas y programas de conservación en predios agrícolas ubicados en áreas erosionadas o en inminente riesgo de erosión, sin perjuicio de otras normas, como las ISO 14.000 (sistema de gestión ambiental)¹⁰ e ISO 9.000 (modelo de aseguramiento de la calidad), y de otras acciones como las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).¹¹ En el caso de la agroindustria hay que destacar: la ley N° 3.133 (1916), artículos 3 al 5, sobre neutralización o depuración de residuos industriales; el decreto N° 609 (1998) y sus modificaciones (2004), que establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado; el decreto N° 90 (2001), que establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales; el D. S. N° 594 (1999; actualizado el 2003) que modifica el decreto supremo N° 745 (1992), que en su título II, párrafo III, habla sobre la disposición de residuos industriales líquidos y sólidos; y la resolución N° 5.081 (1993), que establece sistema de declaración y seguimiento de desechos sólidos industriales.

El decreto 609 (1998) y sus modificaciones (2004) tiene como objetivo mejorar la calidad ambiental de las aguas servidas que los servicios públicos de disposición de éstas vierten a los cuerpos de agua terrestres o marítimos mediante el control de los contaminantes líquidos de origen industrial, que se descargan en los alcantarillados. Así, esta norma de emisión establece los límites máximos de contaminantes permitidos para residuos industriales líquidos, descargados por la industria a los servicios públicos de recolección de aguas servidas de tipo separado o unitario. Los métodos de medición de estos parámetros deben ajustarse a las normas chilenas vigentes. Dentro de los elementos con límite máximo por número de habitantes/día se encuentran los aceites y grasas, los sólidos sedimentables, los sólidos suspendidos, los sulfatos disueltos y los sulfuros.

El decreto N° 90 (2001) tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la nación, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a esos cuerpos receptores. Al igual que en el decreto anterior, se establecen límites máximos permitidos. Dentro de los elementos con constituyentes orgánicos mencionados están los compuestos azufrados y clorados, particularmente importantes en el caso de la agroindustria, los cuales son difíciles de biodegradar, requiriendo de un

..... ¹⁰ Para varios de los temas tratados aquí y de las normas ISO 14000 se recomienda la lectura de Sayre (1997), y de Cascio, Woodside y Mitchell (1997).

¹¹ El Acuerdo de Producción Limpia para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en el sector hortofrutícola nacional se firmó el 10 de abril de 2002.

estricto control que asegure su correcto tratamiento antes de ser vertidos al receptor.

El D. S. N° 594 (1999), modificadorio del D. S. N° 745 (1992), señala que en todos los casos, sea que el tratamiento y/o disposición final de los residuos industriales se realice fuera o dentro del predio industrial, la empresa, previo al inicio de tales actividades, deberá presentar a la autoridad sanitaria una declaración en que conste la cantidad y calidad de los residuos industriales que genere, diferenciando claramente los residuos industriales peligrosos. Estos últimos son: antimonio y compuestos de antimonio, arsénico y compuestos de arsénico, asbesto (polvo y fibras), berilio y compuestos de berilio, bifenilos policromados, bifenilos policlorados, cadmio y compuestos de cadmio, cianuros inorgánicos, cianuros orgánicos, compuestos de cobre, compuestos de cromo hexavalente, compuestos de zinc, compuestos inorgánicos de flúor con exclusión del fluoruro cálcico, compuestos orgánicos de fósforo, dibenzoparadioxinas policloradas, dibenzofuranos policlorados, desechos clínicos, éteres, fenoles, compuestos fenólicos con inclusión de clorofenoles, medicamentos y productos farmacéuticos, mercurio y compuestos de mercurio, metales carbonilos, nitratos y nitritos, plomo y compuestos de plomo, productos químicos para el tratamiento de la madera, selenio y compuestos de selenio, soluciones ácidas o ácidos en forma sólida, soluciones básicas o bases en forma sólida, solventes orgánicos, sustancias corrosivas, sustancias explosivas, sustancias infecciosas,

sustancias inflamables, talio y compuestos de talio, y telurio y compuestos de telurio. La resolución N° 5.081 (1993) tiene como objetivo disponer de un catastro de los residuos sólidos industriales generados en la Región Metropolitana, que contenga información sobre cantidad y tipos de residuos, discriminando si se trata de residuos peligrosos o inocuos, y mantener un registro actualizado de la generación, transporte y destinación de los residuos sólidos industriales en la Región Metropolitana. Esta resolución se aplica a los establecimientos industriales que generan como resultado de sus procesos u operaciones, desechos o residuos sólidos de tipo industrial, como así también a los transportistas y destinatarios.

Los países desarrollados cuentan con una política bastante detallada para el control de la contaminación de las aguas, para el control de la contaminación del aire, para la producción, manejo y disposición de sustancias tóxicas y peligrosas, para los desechos sólidos, para el reciclaje, para el control de uso de suelos y para las aguas subterráneas. Chile va por la senda de ampliar su normativa e incorporar cada vez mayores aspectos, y más modernos, en cada uno de estos temas. En materia económica, se dispone de diversos instrumentos y estrategias que se pueden utilizar para atacar el problema medioambiental: los de regulación directa y control, como los estándares de emisión y la ejecución de leyes; aquellos basados en incentivos, como los impuestos a las emisiones (no utilizados en Chile), los subsidios para la reducción y los permisos o bonos transables de contaminación.¹² El Sistema Nacional de Información

..... ¹² Para un mayor detalle de estas estrategias véase Field y Field (2009).

Ambiental (SINIA) destaca como instrumentos de gestión ambiental la educación ambiental, el fondo de protección ambiental, las normas de calidad, las normas de emisión, la participación ambiental ciudadana, los planes de prevención y descontaminación, y el sistema de evaluación de impacto ambiental.

La gravedad de los problemas de contaminación provocados por la actividad agroindustrial varía mucho, pero parece evidente que los procedimientos de elaboración de alimentos son en general de menor utilización intensiva de energía, y liberan menos dióxido de carbono y residuos metálicos que la mayoría de las demás actividades industriales. De hecho, las industrias de transformación de productos agrícolas podrían llegar a ser no sólo autosuficientes en energía mediante la conversión de los residuos de biomasa, sino también productores de electricidad para abastecerse y reducir así las emisiones de dióxido de carbono. Gran parte de los residuos industriales puede ser objeto de recuperación. Cualquier elemento físico de naturaleza industrial puede considerarse como residuo si no es posible asignarle un valor de uso o no lo tiene como materia prima para procesos posteriores. Esto va a depender en definitiva de las posibilidades de reutilización económica de dicho elemento.

La gestión de los residuos industriales es un aspecto crucial del tema medioambiental. Una gestión adecuada en este sentido puede considerarse un aspecto positivo, por lo que vale la pena conocer sus alcances. Para llevar a cabo una gestión correcta de los residuos hay que someterlos a tratamientos adecuados

con el fin de eliminar o minimizar el factor riesgo que traen consigo. Estos tratamientos se realizan en plantas apropiadas para este fin.

El manejo de aguas residuales industriales comprende la suma de todas las medidas adoptadas para el aprovisionamiento de la industria con agua potable, así como su disposición luego de haber sido utilizadas (disposición de efluentes líquidos). La disposición de aguas residuales comprende esencialmente la recolección, la evacuación, el tratamiento y/o la eliminación de las mismas. Las cuestiones de disposición de aguas residuales industriales deben ser tratadas caso a caso, debido a su complejidad y volumen.

Los residuos líquidos de los diferentes procesos de industrialización de frutas y hortalizas se pueden clasificar como efluentes reciclados de procesos, efluentes con alta carga de contaminantes y efluentes finales de la planta. Las aguas de lavado y de transporte de materias primas pueden someterse a pre-tratamientos, como rejillas para remover los materiales gruesos; desarenadores para la remoción de arena, polvo y otras sustancias gruesas; procesos biológicos (digestores anaeróbicos y filtros percoladores); y procesos físicos-mecánicos (tanques de clarificación y desinfección con rayos UV o clorificación).

El fundamento prioritario de cualquier proyecto de disposición de aguas residuales es la decisión sobre si procede llevar a cabo un saneamiento descentralizado o individual por establecimiento, con fosas sépticas, fosas y/o plantas depuradoras, letrinas, etc., versus un saneamiento centralizado o colectivo en forma de una red de canalización, con las construcciones

necesarias, que capte las aguas residuales que se generen en la industria, las evacue y las conduzca a una o varias plantas (centrales) de tratamiento de aguas residuales. Cada alternativa tiene sus riesgos y distintos impactos sobre el medio ambiente.

Las medidas de disposición de aguas residuales industriales deben planificarse teniendo en cuenta las condiciones locales, el cumplimiento de las reglas técnicas universalmente aceptadas en tecnología de aguas residuales y los conocimientos actuales sobre la materia. En las distintas etapas de disposición de aguas residuales se desarrollan los siguientes procesos: 1) la recolección de aguas residuales: captación de las aguas residuales en la industria con ayuda de conducciones conectadas, bajantes y de subsuelo, así como fosas sépticas y plantas depuradoras, letrinas y otras; 2) la evacuación de aguas residuales: transporte de las aguas residuales a través de canalizaciones que trabajan por procesos de separación, mezcla o suciedad; 3) el tratamiento de aguas residuales: aplicación de procesos físicos, biológicos (aeróbicos o anaeróbicos) y químicos, a fin de reducir en la medida necesaria las sustancias de riesgo para el medio ambiente, especialmente para las aguas, o al menos sus efectos nocivos; 4) la eliminación de aguas residuales: reconducción de las aguas residuales, generalmente después de un tratamiento, al circuito natural del agua (por ejemplo, con ayuda de rebosamientos de plantas depuradoras en caso de pilas de rebosamiento recíproco en sistemas

mixtos, de desagües pluviales en sistemas de separación o en canalizaciones de desagüe en plantas depuradoras); y 5) el tratamiento de lodos: reciclaje del lodo para su explotación o eliminación.¹³

Los impactos sobre el medio ambiente de las etapas de disposición reseñadas deben estudiarse de forma aislada, con el fin de evaluar su grado de relevancia individual. Para la disposición de aguas residuales industriales hay que anteponer todavía una etapa de disposición decisiva, a saber, aquella que comprende la prevención y/o reducción de las aguas residuales, teniendo en cuenta la cantidad o flujo y la carga de sustancias nocivas (flujo de masa). En este contexto tienen especial importancia tanto las materias primas utilizadas en la producción como la producción misma, es decir, los procesos de producción. A pesar de que la disposición de aguas residuales persigue objetivos principalmente ecológicos, puede generar problemas difíciles de controlar, como emisiones residuales, mayor cantidad de aguas sucias por aumentos de producción, oscilaciones y arreglos de temporada, fenómenos de eutrofización en el sistema de los cauces de evacuación y compost de lodos de depuración.

Por su parte, la gestión de residuos sólidos agrupa todas las medidas para la prevención y reducción, así como para la disposición ordenada y compatible desde un punto de vista ambiental de los residuos sólidos de todo tipo, en este caso industriales. La disposición ordenada de residuos sólidos industriales es parte

..... 13 *El lodo puede ser reutilizado (CONAMA, 1998). Para Dolgen, Alpaslan y Delen, (2004) el lodo de las plantas procesadoras de vegetales contiene elementos útiles para la producción agrícola: tiene aplicación como acondicionador de suelos y puede ser usado como sustituto parcial de fertilizantes químicos.*

esencial de la gestión de residuos, cuyos objetivos son proteger la salud humana y contribuir a la calidad de vida, conservar el equilibrio ecológico del medio ambiente, garantizar la disposición segura de los residuos sólidos de la industria, y permitir la permanente conservación y cuidado de los recursos que sirven al bienestar general de la sociedad.

En el ámbito de la disposición de residuos sólidos se distinguen las etapas de recolección y transporte de los mismos (general y selectiva), tratamiento, almacenamiento provisional, disposición propiamente tal, y aprovechamiento cuando ello es posible. El transporte de residuos sólidos en vehículos de recolección apropiados al efecto comprende, además del transporte mismo, los procesos para su descarga en estaciones de transbordo, plantas de tratamiento, vertederos y similares. En el marco del tratamiento de residuos sólidos se aplican procesos aeróbicos, en fase líquida (ventilación) y en fase sólida (transformación en compost), y procesos anaeróbicos (como fermentación y producción de biogás). La disposición propiamente tal de los residuos sólidos es un método de eliminación final ordenada, por ejemplo, en vertederos, siempre que se realice de acuerdo con los conocimientos técnicos actuales, como la impermeabilización de la base, la disposición y aprovechamiento de los gases de vertedero, etc. La disposición misma de los residuos sólidos representa en cierto sentido la estación final de cualquier vía de disposición, con independencia de su estructura tecnológica detallada. Una excepción son los residuos que se pueden aprovechar, en parte o casi en su totalidad, para otros fines productivos. El almacenamiento provisional de residuos sólidos ocurre

cuando éstos deben guardarse por un tiempo en instalaciones locales, porque no pueden pasar inmediatamente a una etapa de aprovechamiento, tratamiento o disposición final, por razones técnicas o económicas. El aprovechamiento de residuos sólidos comprende todos los procedimientos o métodos para la recuperación y posterior utilización de sustancias útiles de los residuos.

En Inglaterra se habría encontrado un nuevo uso para los residuos de la fruta: convertirlos en energía limpia. Dos empresas se asociaron para instalar una planta de digestión anaeróbica, donde los restos de fruta son convertidos en electricidad (www.portalfrutícola.com 2011). Para Pandey, Soccol, Nigam y otros (2000), la aplicación de residuos agroindustriales en bioprocesos provee por un lado sustratos alternativos y, por otro, ayuda a resolver los problemas de polución que genera su disposición. Lee, Park y Brissonneau (2003) avalan el potencial que tiene la aplicación de tecnología de biogás a partir del tratamiento de aguas residuales en algunas agroindustrias.

El suelo, a su vez, puede aprovechar gran parte de los residuos agrícolas, pues poseen valor como elementos incorporables a la superficie de cultivo, a la que le aportan elementos nutrientes, agua, materia orgánica y otros elementos necesarios en los procesos fisiológicos de las plantas. En la agricultura tradicional la única fuente de fertilización del suelo es el aprovechamiento de los residuos de todo tipo, tanto animales como vegetales. En la agricultura moderna, más tecnológica, la fuente de fertilización son los abonos químicos, lo que a menudo provoca dificultad para la eliminación de sus residuos. Otros residuos agrícolas

constituyen materia prima a ser utilizada por determinadas industrias (aprovechamiento industrial). Por ejemplo, los residuos leñosos sirven para obtener aceites, alcoholes y una variedad amplia de productos químicos.

En materia agrícola hay que destacar la creciente utilización de riego tecnificado, el uso de tensiómetros para un mayor cuidado del recurso agua, la adopción del concepto "manejo integrado de plagas", lo que va en directa relación con la disminución de las aplicaciones de pesticidas, y el uso constante de análisis foliar para disminuir o dosificar de mejor manera las aplicaciones de fertilizantes. Además, es sabido que para conservar los suelos, o al menos para detener su daño, se debe optimizar la intensidad con que se usan aquellos que poseen aptitud agrícola, evitar los monocultivos, incorporar programas de conservación de suelos, como los cultivos establecidos en curvas de nivel, la construcción de terrazas, el cultivo en franjas, y la difusión de los barbechos secos y verdes; también, hay que combatir la erosión hidráulica y eólica.¹⁴

Otro aspecto positivo es la mayor conciencia que tienen las empresas agroindustriales sobre el tema, por lo que es interesante saber qué están haciendo algunas de ellas, importantes a nivel nacional e internacional, por el medio ambiente en Chile o, al menos, su declaración de principios en este sentido.¹⁵

Watt's S.A. declara enmarcarse en el principio de desarrollo sustentable, con un uso eficiente y responsable de los recursos naturales y energéticos, a fin de asegurar el cuidado del medio ambiente y garantizar la visibilidad de su negocio en el largo plazo. La empresa adopta una gestión medioambiental preventiva y se compromete a controlar que todas sus emisiones atmosféricas y sus residuos líquidos y sólidos cumplan con los requisitos establecidos por la normativa ambiental. Respecto del Acuerdo de Producción Limpia (APL), y con el objetivo de contribuir al desarrollo sustentable de San Bernardo, en el año 2005 esta empresa junto a otras veinte de la comuna firmaron un acuerdo voluntario en el que se comprometieron a reducir sus residuos sólidos (sitio web 2011 de la empresa).¹⁶

Por su parte, Empresas Iansa S.A., que además del negocio del azúcar participa en la producción de derivados de tomate, jugos de fruta y hortalizas congeladas, entre otros, evidenció su preocupación por el medio ambiente al incorporar un tranque para el tratamiento primario de aguas residuales, compromiso que ha mantenido y fortalecido en el transcurso de los años en cada una de las fábricas construidas. Adicionalmente, entre 1994 y 1996 la empresa invirtió US\$ 3,4 millones de dólares en filtros de fango (impurezas del proceso industrial) de moderna tecnología en las fábricas de Curicó, Linares y Los Angeles. La progresiva toma de conciencia sobre la importancia de

..... 14 *Respecto del suelo, Casas (2001) propone volver a la siembra directa como el sistema que controla su erosión, incrementa su contenido de materia orgánica y mejora su fertilidad. En cambio, autores como Baker, Saxton y otros (2008) se inclinan por el sistema de "Cero Labranza".*

15 *Las empresas que se mencionan más adelante son reconocidas como firmas importantes en Silva (1999).*

16 *El Acuerdo de Producción Limpia, a nivel nacional, de la industria procesadora de frutas y hortalizas se firmó con fecha 16 de diciembre de 2005.*

preservar el medioambiente libre de contaminación le ha permitido establecer planes de mejoramiento continuo en estas materias (sitio web 2011 de la empresa).

Para Empresas Carozzi S.A., importante elaboradora chilena de pastas, pero también de salsa de tomate, pulpas de frutas y otros alimentos, el compromiso con las políticas medioambientales no sólo trae beneficios para la gestión de la compañía, sino para toda la comunidad. La empresa cuenta con modernas plantas de tratamiento de residuos industriales líquidos en sus plantas de producción ubicadas en Nos, Teno y Reñaca, y ha sido pionera en instalar una nueva tecnología de tratamiento llamada "biofiltro". Prunesco S.A. (ASPROCICA), productora de ciruelas, pulpas, jaleas, mermeladas y jugo de ciruela, señala haber realizado importantes esfuerzos para cumplir con las exigencias medioambientales, disponiendo actualmente de dos plantas de tratamiento de residuos, las que mediante tratamientos bacteriológicos aseguran el respeto que la empresa posee con el medio ambiente. Nestlé Chile S.A., otra empresa conocida por todos los chilenos, declara orientarse a desarrollar productos saludables y nutritivos, que no dañen el medio ambiente, junto con disminuir y tratar los residuos industriales líquidos (sitio web 2011 de estas empresas).

Finalmente y en cuestiones ya más específicas de la agroindustria se encuentran también varios ejemplos positivos, de los cuales se muestran en breve dos: 1) En materia de energía no puede dejar de mencionarse la introducción del desecador solar, con el que se puede reducir considerablemente el consumo de la misma para la

preparación de productos deshidratados y secos de calidad; y 2) El tarro metálico utilizado para las conservas se lleva bien con el medio ambiente. No necesita frío, ni refrigeración ni congelación, lo que supone un considerable ahorro de energía. El material con el que están hechas la mayoría de las latas de conserva (hojalata, a partir de la industria del hierro-acero) es el metal que más se recicla en el mundo. Los desechos orgánicos domésticos (restos de verduras y otros) acaban en el vertedero, si en las cercanías no hay una planta de compostaje. Las latas de acero se recuperan por simple separación magnética en todo tipo de plantas de tratamiento de residuos sólidos urbanos.

⋮ V. Conclusiones

El presente trabajo revisó la relación entre agroindustria y medio ambiente, exponiendo los problemas asociados, particularmente lo relativo a sus residuos líquidos y residuos sólidos, así como los aspectos positivos y las declaraciones de algunas empresas agroindustriales que están inmersas en dichos problemas.

La modernización de las grandes empresas agroindustriales exportadoras, la conciencia medioambiental progresiva de personas y agroindustrias, la implementación de tecnología ambiental en los procesos y en el tratamiento de los residuos, y la existencia de un marco institucional y legal para la protección del medio ambiente en el país son los aspectos positivos del tema. Debe recalcarse que se notan esfuerzos concretos por parte de las empresas agroindustriales en cuanto a la protección medioambiental.

La utilización de exigencias medioambientales como herramienta

proteccionista es probablemente su aspecto más negativo, especialmente en el caso de la agroindustria chilena, la cual ha ido ajustándose gradualmente a la normativa internacional.

De la bibliografía revisada se desprenden algunas recomendaciones: la necesidad de generar un clima de mayor confianza y cooperación entre actores públicos y privados, a través de la creación de instancias pertinentes, así como una mayor participación de actores privados en las actividades de evaluación ambiental; un mejor manejo en el uso del suelo o una política sobre esta materia; mayores avances dentro del marco institucional y legal para la protección del medio ambiente, a objeto de ir captando las nuevas exigencias a nivel internacional; una mayor educación ciudadana sobre consumo excesivo de recursos y energía (caso californiano); y mejoras en los procesos de monitoreo, fiscalización y control de la contaminación industrial.

· Bibliografía

- BAKER C., SAXTON K. y OTROS 2008. Siembra con Labranza Cero en la Agricultura de Conservación. Publicado por FAO y Editorial Acribia (Zaragoza-España), y editado por Baker y Saxton, edición en español, 391 p.
- BORREGAARD, N. 2005. Liberalización del Comercio en Chile: ¿Qué Evidencias se Tienen de sus Efectos y Cómo Puede Salvaguardarse el Desarrollo Sustentable? En libro Globalización y Medio Ambiente, Santiago de Chile, RIDES-GDAE, pp. 201-247.
- CASAS R. 2001. La Conservación de los Suelos y la Sustentabilidad de los Sistemas Agrícolas. Disertación Premio Ing. Antonio Prego - 2000, INTA - Castelar (www.inta.gov.ar).
- CASCIO J., WOODSIDE G. y MITCHELL Ph. 1997. Guía ISO 14000: Las Nuevas Normas Internacionales para la Administración Ambiental. McGraw-Hill, 224 p.
- CEPAL y otros 2002. La Sostenibilidad del Desarrollo en América Latina y el Caribe: Desafíos y Oportunidades. Libros de la CEPAL N° 68, capítulo IX, julio, pp. 211-228.
- CERDA A. 2003. Empresa, Competitividad y Medio Ambiente. Panorama Socioeconómico N° 026, Universidad de Talca, mayo, 11 p.
- CHIDIK M. y MURMIS M. 2003. Gestión Ambiental en la Agroindustria, Competitividad y Sustentabilidad. CEPAL-ONU, Estudio 1.EG.33.4, marzo, 86 p.
- CHILEALIMENTOS 2010. Exportaciones Alimentos Elaborados 1981-2009. Asociación de Empresas de Alimentos de Chile (sitio web de Chilealimentos).
- CHUDNOVSKY D. y CHIDIK M. 1995. Competitividad y Medio Ambiente: Claros y Oscuros en la Industria Argentina. UNCTAD/CENIT, Documento de Trabajo N° 17, Buenos Aires, abril, 24 p.
- CONAMA 1998. Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial: Industria Procesadora de Frutas y Hortalizas. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Región Metropolitana, marzo, 50 p.

- DOLGEN D., ALPASLAN N. y DELEN N. 2004. Use of an Agro-industry Treatment Plant Sludge on Iceberg Lettuce Growth. *Ecological Engineering* 23, pp. 117-125.
- FIELD B. y FIELD M. 2009. *Environmental Economics: An Introduction*. McGraw-Hill Higher Education, quinta edición, 512 p.
- FIGUEROA P. 2002. Internalización de Costos Medioambientales en las Exportaciones Agroindustriales Chilenas. Seminario Título Ingeniero en Administración Agroindustrial, UTEM, 249 p.
- HARDIN G. 1968. The Tragedy of the Commons. *Science* 162, pp. 1243-1248.
- INE 2011. Medio Ambiente: Informe Anual 2009. Publicación Anual del Instituto Nacional de Estadísticas (Dharmo Rojas Díaz), marzo, 240 p.
- QUIROGA R. y VAN HAUWERMEIREN S. 1996. Globalización e Insustentabilidad, Una Mirada desde la Economía Ecológica. Programa de Economía Ecológica, Instituto de Ecología Política (IEP), abril, 199 p.
- LEAL J. 2006. PYME y Medio Ambiente en Chile: Desafíos Públicos y Oportunidades Privadas. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo RIAT*, vol. 2, N° 2, octubre, pp. 40-49.
- LEE S., PARK J. y BRISSONNEAU D. 2003. Biogas Generation and Recovery Potential within Selected Agro-industries and Solid Waste Management Sector in Thailand. *Environmental Engineering Research*, vol. 8, N° 3, pp. 107-115.
- LOPEZ, D. 1997. *El Medio Ambiente*. Ediciones Cátedra, segunda edición, Madrid, 385 p.
- OTERO M. y LARIOS F. 1999. La Industrialización de la Agricultura: Riesgos y Desafíos para América Latina frente a la Globalización y la Apertura. *Agroalimentaria* N° 8, junio, pp. 73-77.
- PANDEY A., SOCCOL C., NIGAM P. y OTROS 2000. Biotechnological Potential of Agro-industrial Residues II: cassava bagasse. *Bioresource Technology* 74, pp. 81-87.
- SAYRE D. 1997. Dentro de ISO 14000: La Ventaja Competitiva de la Gestión Ambiental. Ediciones Castillo, primera edición, Monterrey-Mexico, 191 p.
- SILVA F. 1999. La Inversión en el Sector Agroindustrial Chileno. Serie Reformas Económicas N ° 46, CEPAL, noviembre, 80 p.
- SPEERS A. 2004. Water and Industry: Challenges and Opportunities. *UNEP Industry and Management*, january-march, pp. 13-16.
- VALDES A. y FOSTER W. 2005. Externalidades de la Agricultura Chilena. Ediciones Universidad Católica de Chile, PUC, julio, 290 p.
- VALENZUELA L. 2010. Una Revisión de las Variables Relevantes para la Agroindustria Hortofrutícola. *Revista Chilena de Economía y Sociedad*, vol. 4, N° 1-2, diciembre, pp. 45-62.
- VALENZUELA L. y GUERRERO R. 1994. Nuestros Recursos Naturales Renovables y el Medio Ambiente: Problemática Actual. Cuadernos

Docentes Escuela de Administración,
Primavera 1994, Universidad
Tecnológica Metropolitana, 7 p.

- WEINBERGER K. y LUMPKIN Th. 2007.
Diversification into Horticulture and
Poverty Reduction: A Research Agenda.
World Development, vol. 35, N° 8, pp.
1464-1480.

Energía Nuclear y Medio Ambiente

Rafael Correa Devés

*Licenciado en Ciencias mención en Física, Facultad de Ciencias,
Universidad de Chile.*

*Master of Science (M.Sc.) en Física Nuclear y de las Partículas,
Universidad de Sofía, Bulgaria.*

*Doctor (Dr) en Computación Avanzada e Inteligencia Artificial,
Universidad de Granada, España.*

*Académico Departamento de Física,
Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile.*



Resumen

El diseño de una política energética a nivel de cada país y región está ligada al desarrollo socioeconómico, mejoramiento de la calidad de vida de la población y reducción de la pobreza en el mundo. Es un tema que si bien tiene sus particularidades locales, debe ser tratado de manera global ya que el impacto que provoca en el corto, mediano y largo plazo está ligado a situaciones tan importantes para el conjunto de la humanidad como es el cambio climático y el efecto invernadero, los que si no se tratan como corresponde pueden traer graves consecuencias para la supervivencia de

muchas especies animales y vegetales. En este trabajo se realiza un breve análisis de las distintas fuentes generadoras de energía eléctrica en el mundo y su impacto directo e indirecto en el medio ambiente, sobre todo en lo relativo a la emisión de gases de efecto invernadero, invasión de territorios en su implementación y la generación de residuos sólidos contaminantes e inseguros. En este contexto se analiza el rol que debe jugar la energía nuclear como fuente generadora de energía eléctrica; energía que se caracteriza por ser limpia, con emisión insignificante de gases contaminantes, segura y regulada en su aplicación y en el tratamiento de los residuos sólidos

radiactivos. La energía nuclear debe ser considerada como un componente importante en la matriz energética a nivel regional y mundial debido al bajo impacto ambiental y a sus ventajas comparativas de costos.

Palabras clave: <energía nuclear>
<desarrollo> <efectos ambientales>

⋮ Abstract

The design of energy policies in each region and in the world is related to economic and social development, improvement of living conditions and the decrease of poverty in the world. This is a matter that we must try globally due to the fact that its short, medium and long term consequences are connected to key issues to humanity, such as the climate change and the greenhouse effect - serious threats to several animals and vegetable species. This work presents a brief analysis of the impact of different energy sources in the change of the environmental conditions. In this context, we analyse the role of nuclear power as an electric generating source without direct environmental effects and advantageously low comparative costs. In this sense, the nuclear energy must be considered an important component in the grid of energy sources at regional and world level.

Key words: <nuclear energy>
<development> <environmental effects>

⋮ Introducción

El desarrollo de políticas energéticas acordes a las necesidades actuales de la población es uno de los desafíos más importante que debe resolver el conjunto de los países y cada uno en particular. Este es un tema que debe enfrentarse ahora y no dejarlo para las generaciones futuras,

ya que la toma de decisiones desfasadas en el tiempo puede traer consecuencias insospechadas. En este ámbito de decisiones se conjugan aspectos importantes como desarrollo económico social sustentable, medio ambiente, cambio climático, calidad de vida de la población y disminución de la pobreza.

Por cierto, este tema está abordado en forma desigual en distintas regiones del planeta y también en el contexto de cada continente y podríamos afirmar que soluciones más adecuadas en la estructuración de la matriz energética en cada país y región está muy relacionada con el grado de desarrollo económico social que presenta cada país y región, más allá de la capacidad individual de recursos energéticos disponibles. Y a la inversa, el desarrollo futuro de un país o región depende sin lugar a dudas de la manera en que se diseña para las próximas décadas y el presente siglo un planteamiento energético estratégico que considere los factores antes mencionados.

Se puede hablar de que el mundo se encuentra en una fase de crisis energética global [1] si se considera el hecho que los recursos disponibles disminuyen respecto a la creciente demanda. Por ello, es necesaria una política energética que permita que los países desarrollados se mantengan como tal y que los países en desarrollo – como el nuestro, no vean truncadas sus posibilidades de alcanzar el desarrollo debido a políticas y decisiones en el campo energético insuficientes e inadecuadas.

El tema energético es un tema que atañe directamente a nuestro país ya que como es de público conocimiento no cuenta con recursos energéticos naturales suficientes y los que se han explotados, los hídricos y

el carbón, son insuficientes para responder a las expectativas racionales de crecimiento económico y contienen fuerte consecuencias de impacto ambiental negativo. Por otro lado, las energías renovables "limpias" como la eólica, solar, mareomotriz o geotérmica, son a todas luces insuficientes para ser un factor decisivo en la solución del diseño de una matriz energética nacional que permita alcanzar los niveles de crecimiento proyectados. En este contexto, es esencial tratar con la mayor objetividad posible el tema de incorporar en nuestra matriz energética en el mediano plazo, la generación de energía nuclear de potencia lo que permitirá pensar en un desarrollo sustentable y soberano del país, considerando los factores y variables socioeconómicas y ambientales. Se debe resaltar que esta decisión debe ser tratada como una política de estado que se sustente en el más amplio consenso de todos los actores sociales, y por ende, el necesario debate no puede ser eludido por cálculos políticos contingentes y de corto plazo.

Generación eléctrica, costos y efecto invernadero

La relación entre energía y desarrollo económico y social, en el amplio sentido de la palabra, se entiende en el contexto de que el desarrollo no se puede sustentar, en el caso de los países que ya lo han alcanzado sin disponer de la adecuada matriz energética y los países en desarrollo

no lo alcanzarán sin tomar las decisiones correctas en este campo, que considere los factores previamente explicados.

Se debe tener presente en el instante de pensar en el futuro a corto, mediano y largo plazo que la demanda energética está en permanente aumento y que los recursos energéticos disponibles son limitados. Estos últimos se pueden clasificar en general, en cuatro grupos:

- Recursos orgánicos renovables, como la madera y los biocombustibles.
- Recursos orgánicos no renovables (combustibles fósiles), como el carbón, petróleo y el gas natural.
- Recursos renovables, como la energía solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, hidráulicos.
- Recursos nucleares, como el uranio, plutonio, torio.

Considerando las fuentes energéticas más usadas y analizando las ventajas comparativas en los ámbitos de costos [4] (ver Figura 1 y Tabla 1) de generación, impacto en el medio ambiente y en el cambio climático, es que aparece la opción de generación de energía nuclear de potencia como una fuente energética atractiva y conveniente en el contexto de toma de decisiones de estado estratégicas con vista a alcanzar el desarrollo sustentable y sostenible.

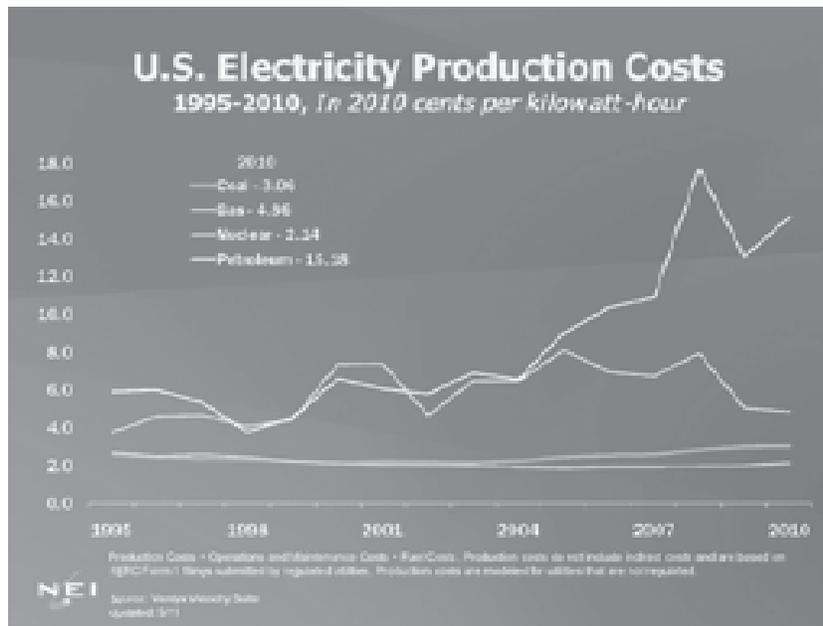


Figura 1. Comparación de costos de producción de electricidad en USA mediante distintas fuentes energéticas [2]

Tabla 1. Componentes del costo de producción de electricidad en USA [2]

U.S. Electricity Production Costs and Components
1995 - 2007, In 2007 cents per kilowatt-hour

NEI
NATIONAL ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION

Year	Total Production Costs				Operations & Maintenance Costs				Fuel Costs			
	Coal	Gas	Nuclear	Petroleum	Coal	Gas	Nuclear	Petroleum	Coal	Gas	Nuclear	Petroleum
1995	2.48	3.80	2.89	5.94	0.99	0.89	1.80	1.98	1.89	2.92	0.79	4.05
1996	2.23	4.40	2.44	5.73	0.92	0.88	1.79	1.91	1.81	3.23	0.70	4.42
1997	2.25	4.48	2.54	5.15	0.90	0.85	1.85	1.82	1.75	3.51	0.69	4.03
1998	2.21	3.83	2.37	3.82	0.89	0.89	1.89	0.70	1.67	3.34	0.67	2.92
1999	2.12	4.23	2.10	4.25	0.91	0.93	1.91	0.99	1.62	3.23	0.62	3.95
2000	2.07	3.80	2.09	6.28	0.90	0.90	1.90	0.78	1.57	6.46	0.58	5.51
2001	2.10	3.88	1.98	5.78	0.90	0.82	1.40	0.79	1.60	6.47	0.58	4.99
2002	2.10	4.52	1.95	5.54	0.90	0.82	1.44	0.90	1.57	3.99	0.51	4.64
2003	2.08	6.16	1.92	6.61	0.90	0.94	1.40	1.05	1.55	5.50	0.51	5.95
2004	2.16	6.42	1.89	6.35	0.95	0.93	1.38	0.95	1.61	5.99	0.51	5.41
2005	2.24	6.04	1.81	6.71	0.95	0.91	1.34	0.99	1.60	7.50	0.47	7.39
2006	2.44	6.98	1.79	10.07	0.97	0.97	1.32	1.29	1.68	6.41	0.47	8.78
2007	2.47	6.78	1.75	10.28	0.95	0.49	1.29	1.28	1.91	6.28	0.47	8.98

Production Costs = Operations and Maintenance Costs + Fuel Costs
 Source: Global Energy Services
 Updated: 5/08

Es relevante tener presente el impacto que tienen las distintas componentes de la

matriz energética mundial en el denominado efecto invernadero, el cual se

entiende como el sobrecalentamiento de la superficie terrestre debido al aumento de la energía solar contenida por la atmósfera. Los principales gases relacionados con este fenómeno climático son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido de nitrógeno (NO), los clorofluorocarbonos (CFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6). El de mayor impacto en el efecto invernadero es el dióxido de carbono (CO_2) alrededor de un 55%.

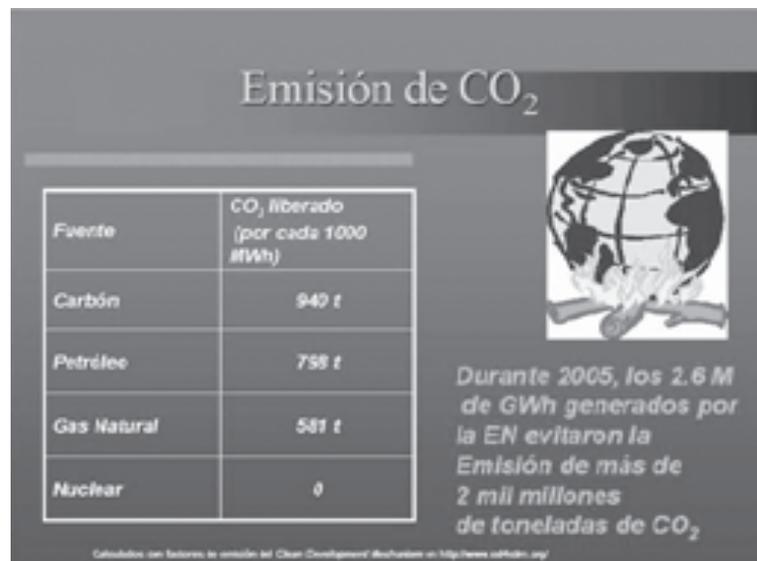
En la siguiente Tabla 2 se puede observar las emisiones de CO_2 a la atmósfera terrestre proveniente de distintas fuentes de energía al generar una cantidad 1000 MWh.

Es importante considerar que el SO_2 y los NO_x están directamente relacionados con las lluvias ácidas, y a modo de ilustración se tiene que una central térmica de carbón de 1000 MW de potencia lanza anualmente alrededor 40 mil toneladas de SO_2 y 20 mil toneladas de NO_x .

En un informe emitido por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) dependiente de las Naciones Unidas se plantea: "Este calentamiento no tiene precedente en los últimos 10 mil años. La mayor parte se viene observando a lo largo de la última mitad del siglo XX y es atribuido al aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero, fundamentalmente del CO_2 , proveniente principalmente de la utilización de petróleo, del gas y del carbón".

Los efectos del calentamiento global producido por un incremento en la temperatura de la atmósfera obligan a los países desarrollados a plantearse cambios sustantivos en lo relativo a la forma de satisfacer la creciente demanda energética. En particular, la matriz energética de estos países debe modificarse paulatinamente con el objeto de disminuir las emisiones de gases causantes de un cambio climático tendiente a desarrollar el efecto invernadero.

Tabla 2. Emisión de CO_2 por cada GWh producido según fuentes de energía.[3]



La matriz energética de los países desarrollados se ha construido principalmente considerando criterios de costos, y por ello, se puede observar que una componente sustancial en la matriz de generación eléctrica la constituyen las centrales de carbón, combustible que se caracteriza por su alta emisión de gases de efecto invernadero. En el Protocolo de Kyoto suscrito en 2008, por los países industrializados a excepción de EEUU, insta a considerar como factor esencial el medio ambiental a la hora de decidir las políticas energéticas para el Siglo XXI. Es decir, se relaciona directamente este factor con un desarrollo socioeconómico sustentable que derive en un mejoramiento global de la calidad de vida en la tierra y una disminución considerable de los actuales niveles de pobreza. De no considerarse las variantes medioambientales se pone en riesgo, en el mediano plazo, la existencia de múltiples especies en la flora y fauna.

Las principales causas del cambio climático antes mencionado se

comprenden en el tipo de matriz energética diseñada por los países industrializados durante el siglo XX, como se ve en la Figura 2, donde el componente de la generación en base a carbón es muy alta.

En este contexto es que la energía nuclear, considerada como fuente de energía limpia al no ser una fuente emisora de gases que provocan el efecto invernadero, debe potenciarse como un componente creciente de la matriz energética mundial y en especial en la de los países industrializados, y también en los países en desarrollo, como el nuestro.

Por ejemplo, en EEUU, donde se proyecta que la demanda de energía eléctrica al 2030 aumentará en un 30, en el Nuclear Energy Institute (NEI) se prevé una significativa expansión de la energía nuclear como fuente componente de la matriz energética del país con mayor demanda de energía en el mundo, con el objeto de reducir emisiones de gases tipo efecto invernadero.

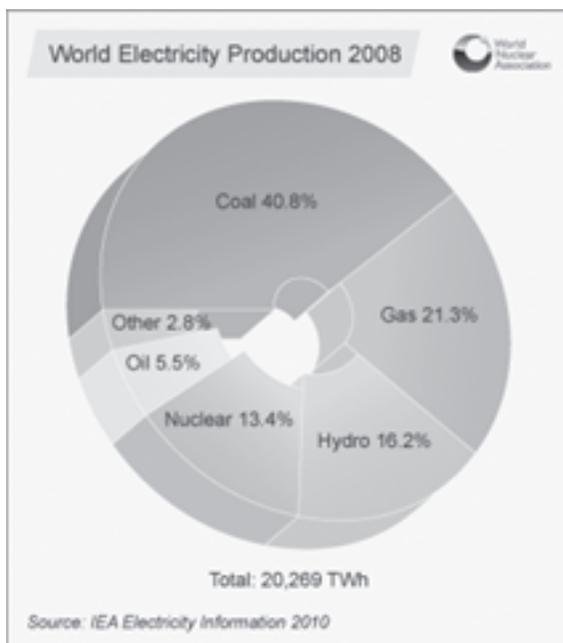


Figura 2. Fuentes principales de energía eléctrica mundial [5]

Sin embargo, el NEI plantea que el desarrollo futuro de la energía nuclear en USA debe considerar algunos elementos, como:

- Desarrollo de políticas que comprenda la construcción de centrales nucleares avanzadas.
- Incentivar la investigación en el ámbito de reactores de última generación con el objeto de optimizar su eficiencia.
- Implementar tecnologías que permiten aumentar la tasa de reciclaje del combustible nuclear, reduciendo significativamente la generación anual de residuos nucleares.

En general, se plantea que la generación de energía en base al combustible nuclear es relativamente nueva, aun no globalizada, y que requiere un constante desarrollo en la investigación de desarrollo de tecnologías que la potencien como una energía más eficiente, limpia y segura.

Para comprender mejor el impacto positivo del uso de la energía nuclear se ilustra que en 2007 en EEUU se evitó la emisión de 692 millones de toneladas métricas de CO₂ a la atmósfera [2], ya que esa cantidad de gas contaminante se habría emitido si se hubiese usado energía en base a centrales de carbón. En general, en el mundo con el uso de energía nuclear se evita que se emitan cerca de 2.6 billones de toneladas métricas de CO₂ cada año. Se debe precisar que el CO₂ que se emite en el uso energía nuclear radica principalmente en el proceso de la minería del uranio, pero comparativamente es muy bajo respecto a las emisiones producidas por otras fuentes de energía como carbón, gas y petróleo.

⋮ **Energía nuclear de potencia: una opción en desarrollo**

La energía nuclear cubre el 14% de la generación eléctrica mundial y un 27% de la generación eléctrica en los países de Europa Occidental [6] y una cualidad significativa es que no contribuye al aumento de las emisiones antropogénicas que constituyen la principal componente del cambio climático y del calentamiento global en general.

Las plantas de energía nuclear junto a las de generación hidráulica y eólica son las de menor contribución a las emisiones de CO₂. En este contexto, resulta útil comparar las matrices energéticas de los países desarrollados y en desarrollo como el nuestro, a su vez analizar el impacto que generan cada una de las matrices en el medio ambiente, principalmente mediante las emisiones de gases contaminantes, y por otro lado, el impacto ambiental comparativo que causan las distintas formas de generación de energía debido al uso necesario e invasivo de terrenos que quedan destruidos desde el punto de vista de preservación natural y ecológica.

En la Figura 3 se observa la conformación de la matriz de generación eléctrica mundial al 2008, donde se observa que un 40% de la energía proviene de plantas de carbón que son las mayores emisores de gases de efecto invernadero.

En la Tabla 3 se observa que los principales responsables de este tipo de contaminación atmosférica proviene de USA, China y otros países asiáticos. Una excepción en Asia es Japón que ha optado en forma exitosa por el desarrollo de la energía nuclear como un componente esencial de su política energética de

carácter estratégico, lo que le permite satisfacer en forma coherente el tema de la relación entre desarrollo sustentable, estabilidad y medio ambiente. La matriz generadora eléctrica en Japón está diversificada y se sustenta básicamente en carbón (27%), gas natural (26%) y nuclear (24%) [6]. Hay que tener presente que lo ocurrido en Fukushima a raíz del terremoto con el consecuente tsunami, es algo que servir para mejorar la ingeniería en el diseño global de plantas nucleares, en especial de su sistema de refrigeración que es el aspecto afectado por el tsunami, pero en ningún caso se debe magnificar en forma sensacionalista el accidente producido, que más allá de lo que se diga, no pasó de ser un accidente local con

repercusiones de ese tipo. La India, país asiático con una demanda de potencia eléctrica cercana al 80% de la demanda de Japón tiene una matriz energética basada en la generación a base de plantas de carbón (69%) e hidráulicas (14%) y sólo un 2% proviene de la energía nuclear. Estos dos ejemplos en Asia marcan un contraste evidente en la forma de encarar el tema energético y su relación con el desarrollo.

En el caso de China continental se debe precisar que en los últimos años ha optado por un cambio a largo plazo de su matriz energética mediante la incorporación de la componente nuclear, cosa que no se manifiesta en la Tabla 3.

Tabla 3: Composición de matriz generadora de energía eléctrica mundial, por continente y por algunos países [6]

Fuentes de Generación eléctrica											
	América Latina	Chile	Argentina	México	Brasil	Unión Europea	USA	China (s/China)	Asia	Africa	Mundo
Porcentaje de Prod. Mundial	0.05%	0.003%	0.01%	0.01%	0.02%	0.17%	0.22%	0.17%	0.09%	0.03%	100.00%
Producción(GWh)	1069301	59704	121906	258913	463369	3373072	4369099	3494904	1837473	623811	20260838
- carbón	3.4%	23.6%	2.3%	8.3%	2.7%	27.9%	42.5%	78.9%	46.7%	41.6%	40.8%
- oil	14.7%	26.9%	11.7%	19.0%	3.8%	3.1%	1.2%	0.7%	8.7%	11.8%	5.5%
- gas	13.7%	3.7%	53.4%	50.6%	6.3%	23.3%	18.1%	1.2%	25.5%	28.2%	21.2%
- biomasa	2.8%	5.2%	1.3%	0.3%	4.3%	2.3%	1.0%	0.1%	0.4%	0.1%	1.0%
- waste	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.4%	0.0%	0.2%	0.0%	0.3%
- nuclear	2.0%	0.0%	6.0%	3.8%	3.0%	27.8%	16.7%	2.0%	3.1%	2.1%	13.5%
- hydro*	63.0%	40.5%	25.2%	15.1%	79.8%	10.6%	5.6%	16.7%	13.7%	15.7%	16.2%
- geotérmica	0.3%	0.0%	0.0%	2.7%	0.0%	0.2%	0.3%	0.0%	1.0%	0.2%	0.3%
- solar	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
- viento	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	3.5%	1.1%	0.4%	0.8%	0.2%	1.1%
Total Producción	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	87.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

⋮ Fuentes de energía eléctrica y efectos ambientales

Las energías renovables fundamentales como las eólica, solar e hidráulica, si bien tienen la virtud de no ser fuentes de emisiones de CO₂ y otras sustancias contaminantes, tienen otras desventajas respecto al impacto medio ambiental. A excepción de la hidráulica, las otras dos tienen costos comparativos altos, que la hacen poco viables en el corto y mediano plazo como alternativa de solución a la demanda energética requerida a nivel nacional e internacional, y además, se suma la desventaja que su generación energética, en general, es discontinua debido a su dependencia climática y debe ser complementada con otras fuentes generadoras.

Se debe destacar como una desventaja de las tres formas de generar energía, antes mencionadas, el hecho que se caracterizan por requerir amplias extensiones de terreno para su instalación y operación lo que deriva en una alteración severa de los ecosistemas locales, lo que sin lugar a duda constituye una seria amenaza al medio ambiental ya que en este contexto no sólo contribuye a la desaparición de gran cantidad de flora y fauna, sino que son una causa importante en el crecimiento de la población desplazada, afectando en sí la calidad de vida en forma importante en los lugares donde se instala. Como ejemplo se puede plantear que para instalar un parque eólico con una potencia de 1 GW se requeriría en el mejor de los casos cubrir un terreno de 15000 hectáreas, tres veces del territorio que invade el Proyecto HidroAysén que tendrá una potencia de 2.8 GW.

En el caso de la generación de energía hidroeléctrica, el impacto ambiental se

relaciona principalmente por las alteraciones del medio físico que las instalaciones hidroeléctricas pueden generar durante la etapa de construcción y la etapa de explotación; entre estas se encuentran:

- La inundación de extensas zonas, con el consiguiente impacto ambiental.
- Pérdidas de suelo agrícola, ganadero o/ y forestal por erosión e inundación.
- Cortes de vías de comunicación.
- Reajustes de las corrientes de agua y los efectos asociados sobre la calidad y cantidad de agua y fauna acuática.
- Reducción de la diversidad biológica.
- Desaparición de especies animales por degradación o destrucción de su hábitat.
- Alteraciones climáticas locales.
- El proceso de construcción en si mismo puede causar alteraciones generales, y aunque el periodo de edificación puede durar solo unos pocos años, el efecto sobre un ambiente frágil puede ser más prolongado. Incluso la presa en si misma puede ser objeto de preocupación, tanto por su impacto visual como por la posibilidad de su fallo catastrófico.

Es necesario analizar con seriedad el tema de la energía eléctrica generada en base a centrales hidroeléctricas ya que como se puede observar en la Tabla 3 y en la Figura 4 la matriz eléctrica en Chile tiene como componente importante este tipo recurso, que como se dijo anteriormente, tiene aspectos positivos como el no ser una fuente de contaminación atmosférica global y sus costos son comparativamente bajos. Pero aspectos negativos están relacionados con impactos ambientales locales destructivos, que ya se mencionaron, y el hecho de que el recurso hídrico principalmente en centrales de

embalse, como son la mayoría y las más grandes en nuestro país, dependen de condiciones climáticas, y por cierto, el recurso hídrico es acotado y estacional. Cosa que no sucedería con las centrales de pasada en el Proyecto HydroAysén donde en el mediano plazo se prevé un caudal hídrico regular no afecto a variables climáticas.

Es ilustrativo comparar el caso de la Central Ralco de embalse que tiene una potencia instalada de 570 MW y una superficie inundada de 3467 Ha y el proyecto HidroAysén que comprende la construcción de cinco centrales de pasada con una potencia proyectada de 2700 MW y que ocuparía una superficie (incluye áreas inundables e instalaciones) de 8700 Ha.

En la Tabla 4 se presenta, a modo de resumen, el impacto ambiental particularizado con su respectiva evaluación de diferentes fuentes generadoras de energía eléctrica. Estos antecedentes son estadísticamente coincidentes, con una desviación mínima, respecto a los entregados en la Tabla 2 por otra fuente de información. Se puede observar que la energía nuclear presenta parámetros favorables respecto a otras fuentes de energía. Incluso en lo relativo a los residuos sólidos radiactivos, que son los más controversiales en el momento de analizar el impacto ambiental, se califican en la categoría de bajo volumen. Además, se debe considerar que una vez almacenados estos residuos no tienen ningún contacto con la naturaleza lo que descarta efecto alguno sobre especies de origen orgánico.

Tabla 4. Impacto ambiental comparativo de diversas fuentes generadoras de energía eléctrica [7]

Fuente de Energía	Emisión de CO ₂ eq (Ton/GWH)	Alteración de Ecosistemas	Superficie (Ha)	Alteración del Paisaje	Generación de Residuos
Carbón	1058	Toma y descarga de agua de refrigeración	100 - 400	Reducido	Altos volúmenes de cenizas y escoria
Petróleo	742	Toma y descarga de agua de refrigeración	100 - 400	Reducido	Volumen medio de residuos tóxicos
Gas Natural	608	Toma y descarga de agua de refrigeración	100 - 400	Reducido	No significativo
Geotérmica	56,8	Ampliamente variable	Ampliamente variable	Reducido	No significativo
Nuclear	8,6	Toma y descarga de agua de refrigeración	100 - 400	Reducido	Bajo volumen de residuos radiactivos
Eólica	7,4	Alteración de los patrones de circulación atmosférica	5000 - 15000	Significativo	No significativo
Hideáulica de Embalse	6,6	Pérdida del ecosistema acuático y terrestre	10000 - 15000	Significativo	No significativo
Solar Fotovoltaica	5,9	No aplica	2000 - 5000	Significativo	Bajo volumen de residuos tóxicos ¹
Solar Térmica	3,6	No aplica	2000 - 5000	Significativo	No significativo

Nota 1: Todos los impactos están estimados considerando generación de 1.000 MW (1GW)

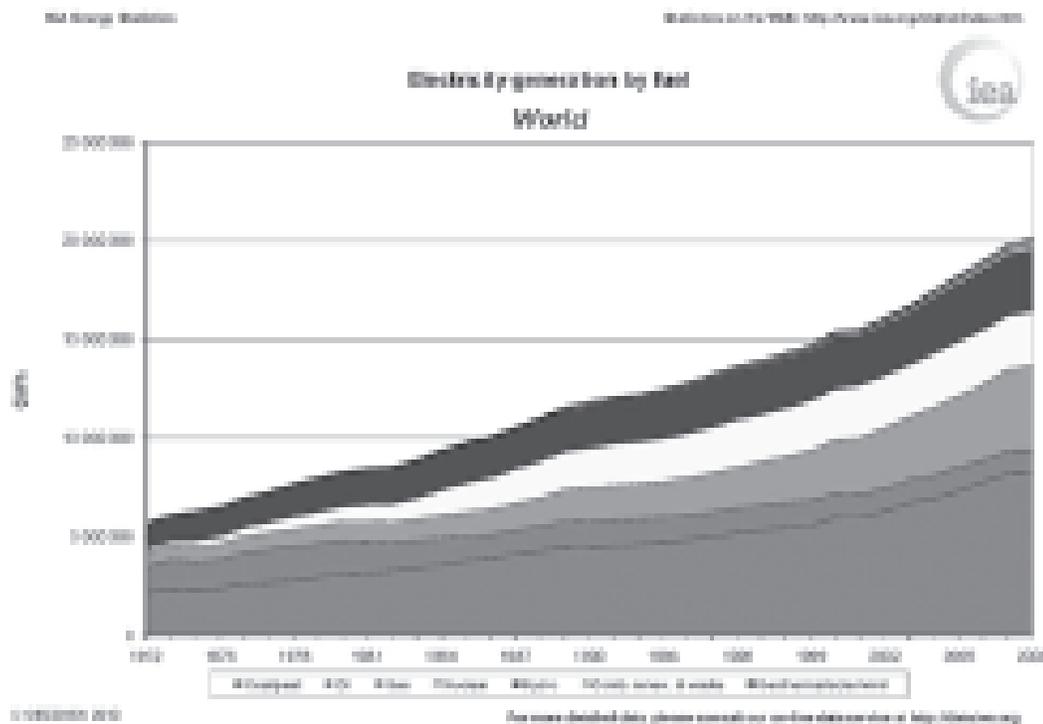
Nota 2: Los niveles de emisión de CO₂ consideran el ciclo completo de energía.

Fuentes: AIE, DOE, Council for Renewables Energy Education y Eorlwatch Institute, CRIEPI

En las Figuras 3 y 4 se puede comparar el desarrollo de la matriz generadora de electricidad en Chile y en el mundo en las últimas cuatro décadas, sin lugar a duda que la matriz mundial conserva una regularidad que privilegia esencialmente el factor de costos en desmedro del factor ambiental al aumentar en mayor grado comparativo la generación eléctrica en base a carbón que como se sabe es la más contaminante y principal responsable de las causas del efecto invernadero, situación que se plantea revertir en forma

urgente a partir de la firma del protocolo de Kyoto donde el aumento del componente nuclear en la matriz energética mundial, y en particular en los países industrializados, surge como una alternativa importante debido a sus bajos costos comparativos y al hecho de que no emite gases de efecto invernadero y los residuos sólidos radiactivos son bajos en cantidad y volumen y seguros en su almacenamiento, ya que son depósitos aislados sin contacto alguno con el entorno.

Figura 3. Generación eléctrica por combustible en el período comprendido entre los años 1972 – 2008, en el Mundo [6]



El desarrollo de la matriz energética de generación eléctrica en Chile durante las últimas décadas apuesta esencialmente al carbón y a los recursos hídricos, como también constituyen componentes

sustanciales, desde finales de los años 80 en adelante, el petróleo y el gas que son combustibles productores de gases altamente contaminantes y que además son caros; es decir, se ha optado por

recursos energéticos que encarece la energía eléctrica y que no contempla la preservación del medio ambiente ni el cambio climático como argumento muy importante en la toma de decisiones. Ante esta situación que se arrastra por más de dos décadas, y donde no se perciben políticas energéticas claras, se hace imprescindible la realización de un debate serio con perspectiva de país para decidir nuestra política energética que permita el diseño de una matriz energética

diversificada que incluya la energía nuclear por sus ventajas comparativas. Si esta situación no se enfrenta simplemente estamos poniendo en riesgo las bases de nuestro tránsito conducente a ser un país desarrollado, e incluso, no estamos preservando en esta área la soberanía necesaria ya que se diseña una matriz cuya estabilidad depende en un porcentaje importante de factores externos no siempre controlables.

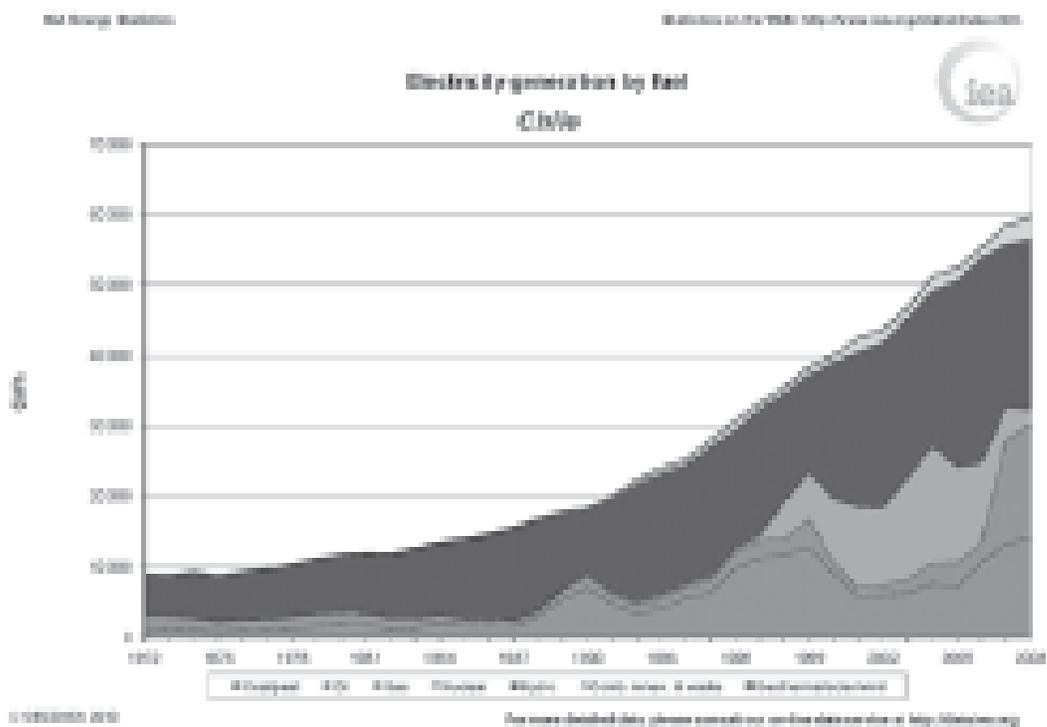


Figura 4. Generación eléctrica por combustible en el período comprendido entre los años 1972 – 2008, en Chile [6]

∴ **Combustible nuclear en la generación de energía eléctrica**

Al realizar un análisis comparativo de las distintas fuentes energéticas de generación eléctrica se deben

necesariamente comparar factores como:

- Costos de generación.
- Impacto ambiental.
- Seguridad del suministro.
- Estabilidad de precios.

- Efecto sobre balanza de pagos en el respectivo país.
- Disponibilidad del combustible respectivo.

El diseño de una política energética de carácter estratégico en cada país debe propender a establecer una matriz energética que considere la justa ecuación entre los factores antes señalados, es decir, se debe construir la generación eléctrica, que satisfaga la demanda en este campo en el corto, mediano y largo plazo, en base a la combinación de distintos recursos energéticos considerando la situación socioeconómica particular de cada país y respetando los estándares internacionales relativo al impacto ambiental, ya que este es un problema que no atañe a cada nación en particular sino que es un asunto global, planetario y como tal debe ser tratado.

Un factor de especial importancia a considerar en el diseño de la matriz de generación eléctrica es el tema del combustible de las distintas fuentes de energía ya que la demanda energética está en constante aumento y la disponibilidad de los recursos de combustible es limitada.

Los recursos energéticos que se encuentran a disposición de la humanidad se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- Fuentes orgánicas renovables, como madera y biocombustible.
- Fuentes orgánicas no renovables (fósiles): carbón, gas natural, petróleo.
- Fuentes orgánicas renovables: energía solar, eólica, hídricos, mareomotriz, geotérmica.
- Fuente nuclear de fisión: uranio, torio, plutonio.

En el análisis y estudio de una y otra fuente de generación eléctrica se deben considerar aspectos económicos, de seguridad técnica de operación y explotación, la disponibilidad y sus repercusiones ambientales en todo el proceso del respectivo combustible. En esta línea y considerando las ventajas comparativas de disponibilidad del recurso, costos de minería y explotación y su impacto ambiental directo e indirecto, la opción nuclear aparece atractiva y segura.

En el caso particular del combustible nuclear se pueda afirmar con certeza fundamentada que:

- Existen reservas de uranio significativas para satisfacer demandas en el largo plazo (Figura 5).
- Países suministradores de combustible nuclear se caracterizan por su estabilidad económica y política.

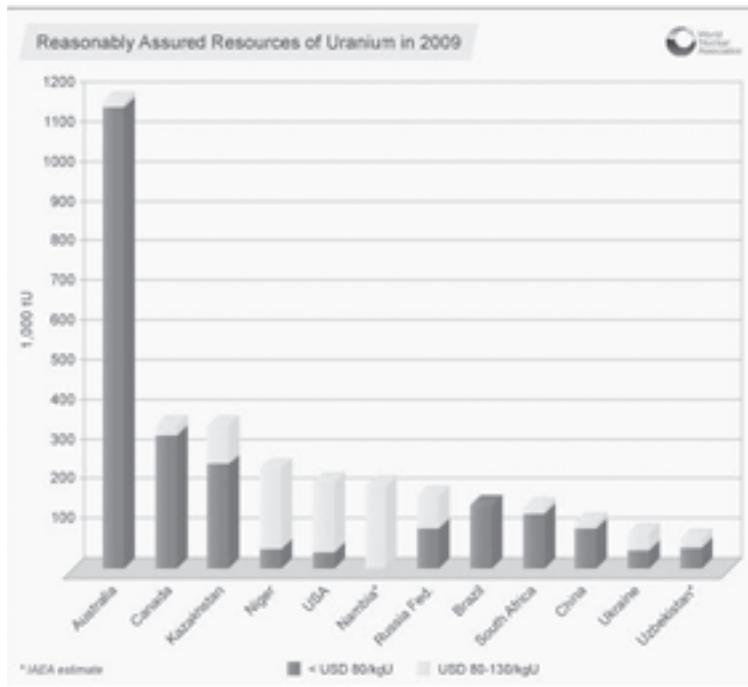


Figura 5. Países proveedores de Uranio [8]

- Costo comparativo de mercado del combustible nuclear son favorables y posee estabilidad en su precio. (Figura 6)
- Costos de almacenamiento del combustible nuclear es comparativamente más barato que el respectivo de los combustibles fósiles.
- Los residuos sólidos derivados del combustible nuclear son comparativamente bajos. Si bien son de larga duración, su almacenamiento es seguro y hasta el día de hoy no se conocen accidentes en esta área. (Figura 7)

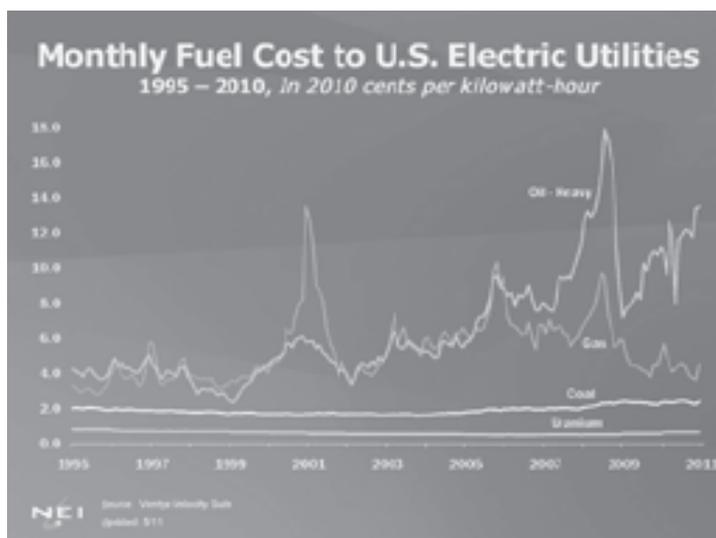


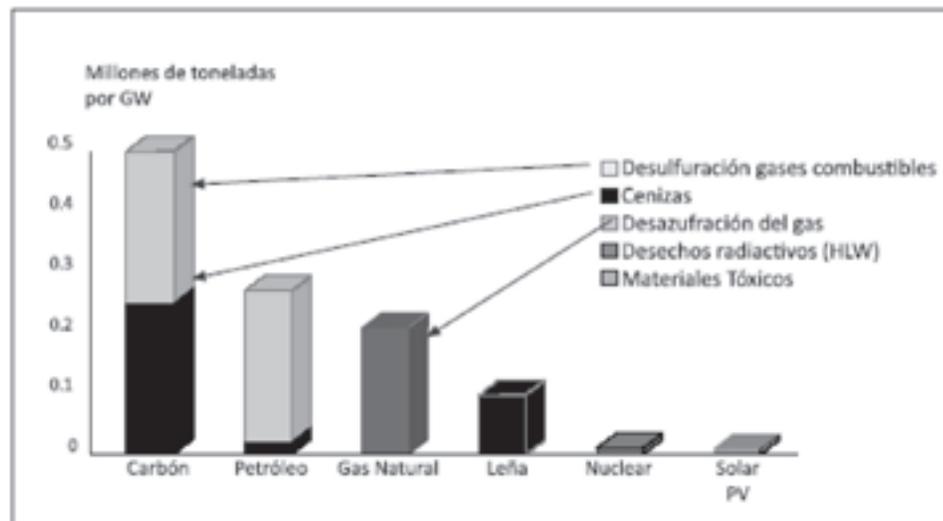
Figura 6. Comparación de precios y su estabilidad en el mercado de combustibles: Uranio, Carbón, Gas, Petróleo en el período (1995 - 2009) [3]

El combustible nuclear, en particular el uranio que es el más usado, debe pasar por lo que se denomina el ciclo del combustible y que implica principalmente las etapas de la minería del uranio, su enriquecimiento, la elaboración de barras de combustible, su reciclaje – si es que amerita después de su uso, y su encapsulación para ser almacenado como residuo sólido.

Par una mejor comprensión de lo mencionado en el párrafo anterior es necesario saber que el uranio natural está compuesto de dos isótopos: el Uranio – 238 (^{238}U) cuya abundancia natural es de 99.3%, y el Uranio – 235 (^{235}U) cuya abundancia es de 0.7%. Para mejorar el rendimiento de este tipo de combustible nuclear es necesario aumentar el porcentaje del ^{235}U a un 5% aproximadamente y éste proceso es el que se denomina el enriquecimiento del Uranio y que sólo algunos países están

autorizados por las Naciones Unidas a realizar en el caso del combustible nuclear destinado al uso de energía nuclear de potencia.

En general, se conocen dos tipos de ciclos de combustible para el uranio: cerrado y abierto. En el caso del ciclo abierto, el combustible después de su aplicación como tal en el proceso de una central nuclear se considera en su totalidad como residuo sólido radiactivo, en cambio, en el ciclo cerrado después de su empleo en los reactores de potencia se procede al reciclaje o reelaboración del combustible, con el objeto de recuperar los remanentes de uranio y el plutonio. El uranio recuperado se utiliza para elaborar nuevas barras de uranio y el plutonio que es consecuencia del proceso de captura neutrónica por parte del ^{238}U se utiliza como nuevo tipo de combustible con características similares al ^{235}U .



Fuente: OEEA (2002).

Figura 7. Desechos anuales producidos en la elaboración del combustible y el funcionamiento de las centrales eléctricas [8]

⋮ Seguridad Nuclear

Las aplicaciones nucleares son variadas y abarcan un amplio espectro de la actividad humana como la salud, la agricultura, la minería, la construcción, la industria alimentaria, etc, que constituyen el campo de uso de energía nuclear no de potencia. La energía nuclear de potencia tiene sus aplicaciones fundamentales en la generación de energía eléctrica y el campo militar – este último está fuera de los alcances de este análisis. A las áreas antes mencionadas se debe también destacar la actividad de la investigación científica teórica, experimental y aplicada en el campo de la física e ingeniería nuclear.

La industria relacionada con la actividad en el ámbito tecnología nuclear en general es regulada por organismos de carácter nacional de acuerdo a la institucionalidad de cada país y por organismos de carácter internacional dependiente de las Organización de Naciones Unidas (ONU) cuyo ente principal es la International Atomic Energy Agency (IAEA). En esta línea,

se puede plantear que esta es una de las actividades humanas más regulada y controlada lo que por ende la presenta como una actividad más segura y menos propensa a graves accidentes.

Es ilustrativo considerar los datos de la Tabla 5 donde se presenta un resumen histórico del número de accidentes severos por año y el número de fatalidades por GW (Giga Watt) año producidos, de acuerdo a las diferentes fuentes de generación eléctrica. Estas cifras sitúan a la energía nuclear como una de las fuentes más seguras de generación eléctrica. Sin lugar a duda, esto nos debe llamar a reflexionar sobre la percepción diferente que tienen amplios sectores de la población en general, y en particular en nuestro país, donde se percibe la energía nuclear como la más riesgosa. Lo más simple es atribuir este hecho a la falta de información e ignorancia sobre el tema, pero lo preocupante es que existen grupos y personas que promueven esta percepción de la energía nuclear y los cuales no los podemos clasificar como personas o entes carentes de información.

Tabla 5. Resumen histórico del número de accidentes severos por año y el número de fatalidades por GW (Giga Watt) año [7].

Fuente de Energía	Número de accidentes severos	Número de fatalidades directas por GW año		
		Mundo	OCDE	No OCDE
Carbón	1.221	0,876	0,185	1,576
Carbón (sin China)	177	0,69		0,589
Petróleo	397	0,4366	0,392	0,502
Gas Natural	125	0,093	0,091	0,096
Hidro	11	4,265	0,003	10,285
Hidro (sin Banquiao/Shimantan)	10	0,561		1,349
Nuclear	1	0,006	0	0,048

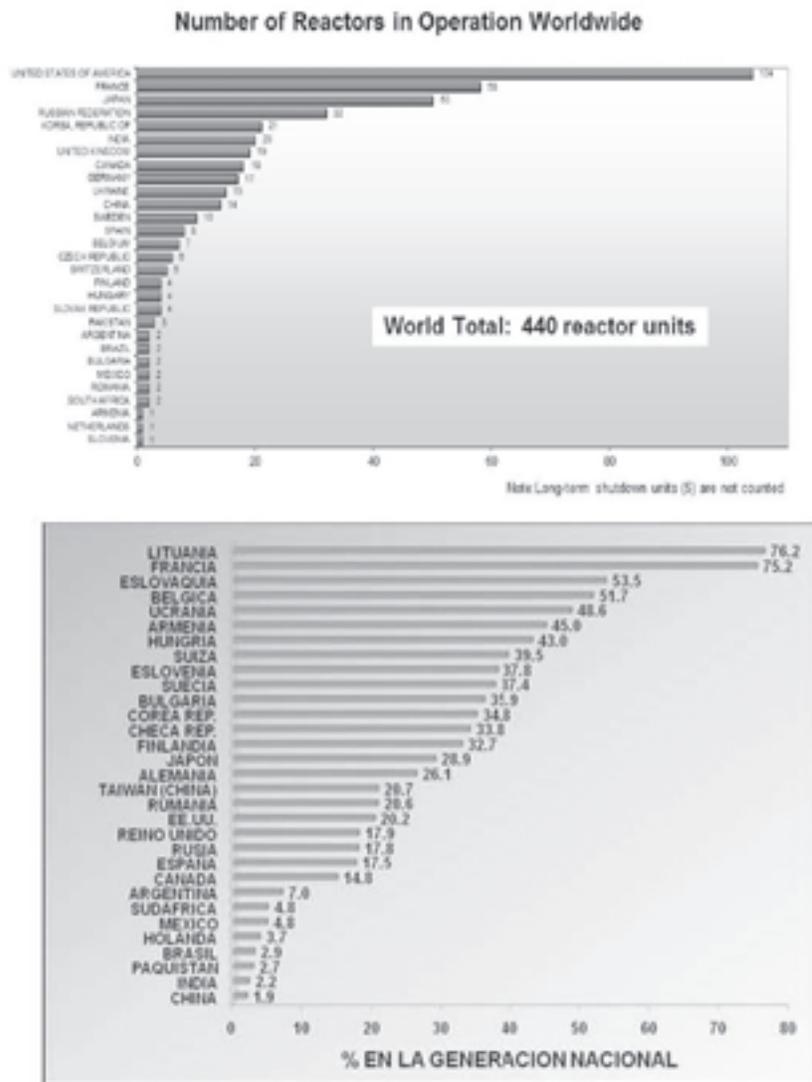
El hecho de que la actividad nuclear sea una de las más reguladas y fiscalizadas es, sin lugar a duda, un antecedente positivo en el momento de evaluar el riesgo y el impacto en el entorno ambiental de su aplicación.

Esta conciencia de seguridad y regulación en la generación nucleoelectrónica es un factor importante de estabilidad presente

y futura en esta fuente de energía a nivel mundial, y en particular en los países desarrollados, que la sitúa como una componente básica de la matriz energética global. En las Figuras 8 y 9 se puede observar el número de reactores nucleares de potencia que operan hoy en el mundo y el peso que tiene la energía nuclear en la generación eléctrica por países.

Figura 8. Número de reactores nucleares en operación clasificados por país [8]

Figura 9. Porcentaje de generación eléctrica por país en base a energía nuclear [8]



En poco más de cincuenta años de operación de las centrales nucleares en el mundo se conocen tres accidentes que se pueden catalogar como graves:

- La central nuclear **Three Mile Island** está ubicada a 16 Km al sudeste de Harrisburg (60.000 habitantes), en el estado de Pensilvania, EE.UU. Esta central poseía 2 reactores: TMI-1 y TMI-2. En 1979 se produjo allí el único accidente en la historia de la generación núcleo eléctrica comercial norteamericana. Este accidente está catalogado dentro de la escala INES como 5. El accidente se debió a una falla producida en el sistema refrigerante estando el reactor operando al 97% de su potencia nominal. Se trató de una falla mecánica en una bomba, combinado con una serie de errores humanos de mantenimiento y fallas institucionales. Si bien el reactor se destruyó, nadie resultó herido.
- La central nuclear **Chernobyl** está ubicada en las cercanías de la ciudad de Prypiat en Ucrania. La central poseía cuatro reactores RBMK-1000, cada uno con una potencia de 1.000 MW. El 26 de abril de 1986 ocurrió un accidente en el reactor número 4 de la central que ha sido catalogado como el peor accidente en la historia de la industria nuclear (grado 7). Como consecuencia, el reactor 4 resultó completamente destruido y actualmente se encuentra confinado dentro de un sarcófago de concreto para evitar el escape de radiación.
- El 11 de Marzo del 2011 a las 2:46 p.m. ocurrió un terremoto de grado 9 en la Escala de Richter cuyo centro fue localizado a 130 Km de las costa de

ciudad de Sendai de la prefectura de Miyagi en la costa este de Isla Honshu. Aproximadamente una hora más tarde (3:42 p.m.) se produjo el desastrosos tsunami con olas de altura de hasta 10 metros. El Terremoto seguido de Tsunami afectó la alimentación eléctrica normal y de emergencia, lo que impidió el normal funcionamiento del sistema de refrigeración en parada de reactores nucleares de la central **Fukushima**. La falla en las unidades afectadas se debió a la destrucción por parte del tsunami de la alimentación eléctrica en el sistema de refrigeración. Cabe destacar que el centro nuclear de Fukushima tiene 10 reactores, de los cuales se vieron afectados tres de ellos.

⋮ Conclusiones

El ritmo de crecimiento de la economía mundial previsto para las próximas décadas junto al aumento de la población en el planeta, implica un alza en la demanda de energía eléctrica que debe ser cubierta considerando razones de costo por un lado y bajo impacto medioambiental, que impida un aumento del calentamiento global con graves consecuencias para el ecosistema y que podría poner en riesgo la supervivencia de un importante número de especies vegetales y animales en el mediano plazo. Por tanto, el diseño de una política energética de mediano y largo plazo debe conjugar adecuadamente los factores económicos y las consideraciones relativas a los efectos contaminantes de las diferentes fuentes de energía, y en esta línea es de vital importancia la relación de generación de energía y emisión de gases de efecto invernadero. El desafío que plantea la solución del tema energético futuro, si bien tiene un carácter global, pasa por el diseño correcto de políticas

energéticas a nivel de cada región y país, es decir, esta es una tarea global que está por sobre los intereses particulares de cada nación.

En este contexto es necesario considerar la generación nucleoelectrica como una opción que es parte indispensable en la solución del tema energético en el mediano, corto y largo plazo. Este argumento se sustenta en el hecho de constituir una fuente de energía eléctrica no contaminante de gases con efecto invernadero y en el caso de la emisión de CO₂ a la atmósfera la generación nucleoelectrica emite 8.6 ton/GWh, mientras que el carbón emite 1050 ton/GWh y el petróleo 600 ton/GWh. Y en cuanto a la invasión de terrenos las centrales nucleares requieren superficies 100 veces menor que las centrales hidroeléctricas y 50 veces inferior que las eólicas y solares, para una capacidad de generación equivalente. Otro factor ambiental positivo de la energía nuclear es el hecho que constituye una fuente energética productora de bajos residuos sólidos radiactivos, que se almacenan bajo extremas medidas de seguridad que evita contacto alguno con el entorno ambiental, y además, es una fuente de generación de energía con ventajas comparativas de costo en todo el proceso de su aplicación, y a modo de ilustración se puede considerar el caso de USA donde el costo de generación de un kilowatt-hora en 2008 fue 1.87 centavos de dólar en base a generación núcleo eléctrica, sin embargo este costo fue de 2.75 centavos de dólar en base a carbón, 8.09 en base a gas y 17.26 en base a petróleo.

Estos hechos son los que requieren repensar en forma objetiva y con criterios

de proyección global y local el desarrollo de una matriz energética que sitúe en el centro al ser humano y su entorno ambiental. En este contexto, la generación nucleoelectrica tiene enorme proyecciones si se considera que es una fuente generadora de energía, comparativamente nueva, que está en constante desarrollo y perfeccionamiento en base a procesos de ingeniería de alta tecnología.

Referencias

1. Análisis relativo de impacto y riesgo de la generación nucleoelectrica. Corporación Nuclear Eléctrica – Chile 2009. www.cnechile.cl
2. Nuclear Energy Institute – USA, 2009. www.nei.org
3. Clean Development Mechanism – www.cd4cdm.org
4. Competitividad de la Energía Nuclear. Foro Nuclear – 2004. www.foronuclear.org
5. World Nuclear Association, 2008 – www.world-nuclear.org
6. International Energy Agency (IEA) – www.iea.org
7. Núcleo-electricidad en Chile: posibilidades, brechas y desafíos. Marcelo Tokman R. 2010. www.minenergia.cl
8. International Atomic Energy Agency – www.iaea.org