



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Universidad y compromiso ambiental

El desafío de nuestro siglo

Revista de la Universidad N° 36 | 2011



Revista de la Universidad

Nº 36 - Noviembre de 2011

Universidad y compromiso ambiental
El desafío de nuestro siglo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



Revista de la Universidad

Publicación oficial de la Universidad Nacional de La Plata

Coordinación editorial: Leonardo J. Gonzalez y Anabel Manasanch

Diseño y diagramación: Ignacio Bedatou

Imágenes: Prensa UNLP - Claudio Lanús



Editorial de la Universidad Nacional de La Plata

47 N° 380 / La Plata B1900AJP / Buenos Aires / Argentina

54 221 427 3992 / 427 4898

editorial@editorial.unlp.edu.ar

www.editorial.unlp.edu.ar

EduLP integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Queda el hecho el depósito que marca la Ley 11.723

© Universidad Nacional de La Plata

ISSN 0041-8625



Autoridades de la Universidad Nacional de La Plata

Presidencia

Doctor Fernando Alfredo Tauber

Vicepresidencia Área Institucional

Licenciado Raúl Aníbal Perdomo

Vicepresidencia Área Académica

Ingeniero Armando De Giusti

Secretaría General

Licenciado Carlos Armando Guerrero

Secretaría de Asuntos Académicos

Doctora María Mercedes Medina

Secretaría de Extensión Universitaria

Licenciado Marcelo Belinche

Secretaría de Ciencia y Técnica

Doctor Marcelo Fernando Caballé

Secretaría de Relaciones Institucionales

Doctor Edgardo Omar Nosetto

Secretaría de Administración y Finanzas

Contadora Mercedes Beatriz Molteni

Secretaría de Asuntos Jurídicos y Legales

Abogado Julio César Mazzotta

Secretaría de Planeamiento, Obras y Servicios

Arquitecto Guillermo Salvador Nizan



Editorial de la Universidad Nacional de La Plata | Edulp

Dirección

Doctor Leonardo Julio Gonzalez

Coordinación General

María Inés Alonso

Coordinación Editorial

Anabel Manasanch

Relaciones Institucionales

Mónica Bertin

Comunicación Institucional

Sebastián Domínguez

Planificación y Comunicación

Mariano Camún

Área de Corrección

*María Eugenia López, María Virginia Fuente,
Magdalena Sanguinetti y Marisa Schieda*

Área de Arte y Diseño

*Andrea López Osornio, Erica Medina,
Julieta Lloret e Ignacio Bedatou*

Distribución y Ventas

Julio Reyes

índice

PRESENTACIÓN

Universidad pública y medioambiente: responsabilidades y desafíos para los próximos años 11

FERNANDO A. TAUBER

Declaración de La Plata 15

Energía y cambio climático 19

DANIEL O. CAMERON

UNLP y compromiso ambiental en la región: Asociación de Universidades Grupo Montevideo 39

JORGE LUIS FRANGI

CONICET y sociedad: federalización, ciencia y ambiente 47

FAUSTINO SIÑERIZ

Derecho a la comunicación y derecho a un ambiente sano 55

ANALÍA ELÍADES

Desafíos para la energía eléctrica 75

PATRICIA LILIANA ARNERA

Las costas: variabilidad, procesos naturales y acción humana 91

ENRIQUE JORGE SCHNACK

El agua en la llanura bonaerense 109

EDUARDO KRUSE Y JERÓNIMO AINCHIL

Química, sociedad y ambiente: el empleo de luz para la destrucción de contaminantes 123

JORGE LUIS LOPEZ Y ALBERTO LUIS CAPPARELLI

Presentación

Universidad pública y medioambiente: responsabilidades y desafíos para los próximos años

FERNANDO A. TAUBER

Presidente de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Arquitecto y Doctor en Comunicación, UNLP. Profesor de grado en Teorías y Planificación Territorial I y II (Facultad de Arquitectura y Urbanismo) y Gestión Universitaria (Gestión de Recursos Humanos, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales), UNLP. Profesor de posgrado en Planificación Estratégica y Comunicación en Instituciones Educativas (Doctorado en Comunicación, Facultad de Periodismo y Comunicación Social); Planeamiento y Gestión Estratégica Participativa Local y Regional (Maestría en Paisaje, Ambiente y Ciudad, Facultad de Arquitectura y Urbanismo) y Planeación Institucional, Planeamiento Estratégico Continuo (Especialización en Liderazgo Universitario), UNLP. Miembro del Comité de Grado Académico del Doctorado en Comunicación de la Facultad de Periodismo y Comunicación Social, UNLP. Investigador, director del Instituto de Investigaciones de Educación Superior y miembro del Consejo Directivo del Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC), UNLP. Director del Programa Institucional “Plan Estratégico de Gestión de la UNLP”. Fue secretario general (2004-2010), secretario de Extensión Universitaria (1998-2004) y director de Asuntos Municipales (1996-1998), UNLP.

La Humanidad —como su hábitat, el mundo— evoluciona y se transforma a una velocidad nunca antes registrada: la verdadera revolución científico tecnológica y en particular el avance en las tecnologías de la información y de la comunicación, desencadenado en las últimas décadas, generó tanto o más conocimiento que el que fuera capaz de producirse a lo largo de toda la historia. La aceleración del crecimiento poblacional se transformó en un signo de nuestro tiempo desde los inicios del siglo pasado, cuando todavía éramos mil seiscientos millones de habitantes. Hoy, cuando somos siete mil, mil más que hace una década, verificamos que además, nos fuimos a vivir a la ciudad. El mundo se urbanizó, y de algo más de 300 millones de habitantes viviendo en ciudades a principios del siglo XX pasó a los más de tres mil quinientos millones actuales.

Esta impresionante transformación de nuestro medio no tuvo un correlato acorde en su cuidado. Es probable que el tiempo que siempre tuvo nuestra especie para comprender cómo situarse en su hábitat, no haya sido el mismo que tuvo para comprender la velocidad de un cambio tan inminente como estructural. Es probable que en otras épocas la agresión al medio ambiente que la evolución humana generaba, no tuviera la tremenda dimensión que hoy produce.

El uso indiscriminado de los recursos naturales y la contaminación creciente, atentan como nunca contra la sustentabilidad de los procesos de desarrollo de nuestra comunidad. La difícil convivencia de la especie humana con su medio genera fenómenos increíbles de cambio climático, necesarios de revertir, al menos hasta donde es posible, y esto requiere de múltiples instrumentos y normas, pero sobre todo, de un estado de conciencia generalizado sólo viable con un cambio de paradigma cultural para toda la sociedad.

La Universidad Pública tiene un rol fundamental que cumplir en este proceso, tan necesario como deseado, como educadora y como formadora de los valores fundamentales de toda la ciudadanía. El ejemplo permanente, la incorporación en nuestros currículos de los diversos aspectos que hacen a la comprensión del valor del cuidado del medio ambiente para nuestro futuro y el de nuestros hijos, la investigación y desarrollo de proyectos que contribuyan con la sustentabilidad positiva de nuestro medio, y la confirmación permanente de la institución universitaria como el ámbito natural de debate de estos temas centrales que le preocupan a la humanidad, son aspectos centrales que enfocan a la universidad pública en el escenario de búsqueda de soluciones permanentes a estos fenómenos. En este contexto y con esta visión, poder realizar en la Universidad Nacional de La Plata este III Congreso Internacional sobre Cambio Climático y Desarrollo Sustentable, es un compromiso, una responsabilidad y un desafío formidable que asumimos gustosos y orgullosos, conscientes de la dimensión del tema y del largo camino que tendremos que recorrer para poder sentirnos satisfechos.

Como Presidente de la Universidad Nacional de La Plata, les doy la bienvenida a este espacio de debate y reflexión que alimenta la esperanza generalizada de vivir en un mundo cada vez mejor.

Fotografía: Prensa UNLP





**III CONGRESO INTERNACIONAL
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y
DESARROLLO SUSTENTABLE**

LA PLATA • A R G E N T I N A • 2011

Declaración de La Plata

SITUACIÓN GLOBAL

La ecuación de la economía mundial exige mercados en expansión y producción creciente donde la lógica es obtener la satisfacción consumista que se basa en el derroche por abundancia. La realidad es que el 80% de los gases de efecto invernadero fue generado por apenas el 20% de los países, dejándonos situaciones críticas a resolver.

Los impactos de esta conducta humana sobre el clima, han sido mensurados y discutidos en el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) y otros foros internacionales; los cuales constituyen datos científicos relevantes, que marcan estrategias a seguir por la sociedad en su conjunto.

El desafío es actuar sobre la base de las responsabilidades diferenciadas, con toda urgencia, tal como ha requerido, en 2010, Ban Ki Moon en Cancún.

ALCANCES

En 1972, en Estocolmo, fue creado el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), donde fueron identificados los seis grandes problemas de la Tierra:

1. disminución de áreas de bosques;
2. erosión de suelo;

3. disminución de las pesquerías;
4. blanqueamiento y muerte de los corales;
5. extinción de las especies y
6. escasez del agua.

En 1992 la Cumbre de Río de Janeiro aprobó la Convención Marco sobre el Cambio Climático y la Convención sobre desertificación. A pesar del tiempo transcurrido, hasta hoy, los resultados esperados no han sido alcanzados.

La cuestión del Cambio Climático refleja la necesidad de considerar los efectos ambientales de las conductas humanas con sentido holístico e integrador en una dimensión temporal de manera diferente sobre el presente, en forma responsable y creativa hacia el futuro.

La Humanidad se enfrenta a niveles de riesgo sin precedentes. Las políticas de mitigación y adaptación deberán orientarse para garantizar el desarrollo armónico social, económico y ambiental, que contemple la salud, el bienestar de la población y el equilibrio de la biósfera, en un marco de equidad.

ESCENARIOS Y ACTORES

Los ámbitos de actuación actuales son:

- Las Conferencias de las Partes de las Convenciones Marco,
- El desarrollo del Protocolo de Kyoto y
- Otros impulsados por organismos bilaterales y multilaterales.

Este tercer Congreso Internacional, concebido transdisciplinariamente e inter sectorialmente, ha permitido un abordaje sistémico sobre el Cambio Climático y el Desarrollo Sustentable. Ha provisto un nuevo ámbito, que ha permitido las vinculaciones y el intercambio entre los actores que construyen directa o indirectamente la cotidianidad ambiental: el sector público en sus diferentes niveles jurisdiccionales, el sector privado en sus diversas dimensiones y rubros, los trabajadores, la academia y la sociedad en su conjunto.

LOS APORTES DE LA ACADEMIA

La academia, necesariamente, tiene el desafío de construir un camino fecundo sobre los grandes temas del Cambio Climático y el Desarrollo Sustentable, con el propósito de generar conocimiento para:

- construir la conciencia social, económica y ambiental de los futuros actores;
- incrementar y optimizar la difusión y transferencia del conocimiento en sus diferentes niveles, impulsando los cambios de paradigmas de los actuales actores;
- establecer las bases científicas para la toma de decisiones de mitigación y adaptación e
- incrementar las investigaciones transdisciplinarias y el intercambio académico.

CÓMO HACERLO

Este Congreso ha mostrado avances múltiples que constituyen un nuevo modelo de ruta, para fortalecer líneas institucionales y permanentes, que aborden la temática de la siguiente forma:

- Incorporación en las currículas de todo el sistema educativo;
- Desarrollo de tecnologías limpias y renovables;
- Fortalecimiento de los mecanismos de transferencias tecnológicas que lleguen a la población, incluida la formación de capacidades;
 - Análisis de costos comparados de los beneficios en corto, mediano y largo plazo, de las diferentes opciones productivas en las regiones, afectadas en su producción;
 - Integración global, sin límites de fronteras, que permita afrontar los efectos del Cambio Climático con una visión generosa;
 - Intensificación de lazos de cooperación académica, científica y técnica, que permita acortar tiempos en el logro de resultados concretos y
 - Dedicación de los investigadores a la resolución de estos problemas, jerarquizando debidamente su labor, de forma que sus contribuciones sean calificadas para la carrera científica.

ESTE CONGRESO considera que los temas centrales que merecen una mayor atención son:

- La matriz energética;
- El sistema industrial;
- El sistema de transporte;
- La eco-eficiencia;
- La gestión sustentable de los residuos
- La gestión sustentable de los ecosistemas marinos y terrestres y
- La educación como herramienta insoslayable para el cambio.

Se debería avanzar hacia una fecunda integración y cooperación en todos los campos y saberes, más allá de fronteras intelectuales y de países.

Por ello, es hora de cambiar con el fin de garantizar el bienestar de las futuras generaciones y quienes hemos participado en este Congreso, desde las más diversas actividades y roles, suscribimos este compromiso a través de esta declaración que denominamos “Declaración de La Plata”

En la ciudad de La Plata, a los 11 días del mes de agosto de 2011.

Fotografía: Prensa UNLP



Energía y cambio climático

DANIEL O. CAMERON

Ingeniero Industrial, Universidad Nacional del Sur (UNS). Especialista en Mercado Eléctrico Argentino, Instituto Tecnológico Buenos Aires (ITBA). Secretario de Energía del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios de la Nación. Fue miembro del Comité de Administración del Fondo Fiduciario para el Transporte Eléctrico Federal. Representante por la provincia de Santa Cruz y miembro del Comité del Consejo Federal de Energía Eléctrica. Miembro del directorio de YPF S.A. en representación de las provincias productoras de hidrocarburos accionistas. Nombrado por el Poder Ejecutivo Nacional como integrante de la Comisión Redactora del Proyecto de Ley de Fondo de los Hidrocarburos. Representante de la Organización Federal de los Estados Productores de Hidrocarburos (OFEPHI) ante el Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos de la Nación para la supervisión de la privatización de YPF S.A. Secretario ejecutivo de la OFEPHI. Jefe de gabinete de asesores del Ministerio de Economía y Obras Públicas de la provincia de Santa Cruz. Asesor de la Dirección Provincial de Energía, Santa Cruz. Gerente general de Explotación y director de Servicios Públicos del Estado (empresa prestadora de los servicios de energía eléctrica, gas y saneamiento) de la provincia de Santa Cruz. Ministro de Economía y Obras Públicas de la provincia de Santa Cruz.

Dentro de ciertos límites, para un mismo escenario socioeconómico pueden satisfacerse los requerimientos de energía con distintas fuentes energéticas y diferentes modalidades de uso de las mismas. Para poder identificar los impactos, se desarrollan en el ámbito del Consejo Asesor de Estrategia Energética de la Secretaría de Energía de la Nación distintos ejercicios y propuestas de escenarios energéticos prospectivos que a grandes rasgos, pueden agruparse en: un escenario tendencial y otro estructural.

El escenario tendencial se basa en una descripción consistente y plausible en base a la estimación de cómo podría evolucionar el sistema energético, con la ausencia de nuevas y explícitas políticas de cambios estructurales, salvo las ya previstas en planes, programas, proyectos y aquellas fijadas por el marco normativo. En tanto que el escenario estructural incorpora los efectos esperados de propuestas que tienen en cuenta una mayor promoción de la sustentabilidad, eficiencia en la asignación y uso de los recursos energéticos del país en el período bajo análisis. A partir de la aplicación de ciertas políticas explícitas y que surgen de los diferentes componentes del proyecto.

En pocas palabras, en el escenario tendencial se mantiene la tendencia histórica en la participación de los distintos energéticos, mientras que en el escenario estructural se modifica la tendencia histórica y se conforma el resultado esperado de una mayor penetración de ciertas fuentes modernas como el gas natural, la electricidad y las fuentes renovables.

TENDENCIAS RESULTANTES DE LOS ESCENARIOS PROPUESTOS

Escenarios de demanda

La demanda final de energía se ubicó en el año 2006 en 52 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep). Se espera que el crecimiento de la demanda final de energía para el total del país en el período 2006-2030 presente una tasa de crecimiento del 3,2% anual acumulado (a.a) en el escenario tendencial y del 2,7% (a.a.) en el escenario estructural, ya que en este último se espera un menor consumo de energía por unidad de crecimiento de PBI, es decir, una menor intensidad energética, en virtud de políticas y acciones más amplias en materia de eficiencia.

En términos absolutos, de acuerdo a las estimaciones realizadas se espera que la demanda final de energía para el escenario tendencial se ubique en el orden de 110 millones de tep y en el estructural en 98 millones de tep al 2030, por lo que se estima un ahorro entre ambos escenarios del orden de los 12 millones de tep, o sea un 11% inferior al consumo del tendencial para el mencionado año.

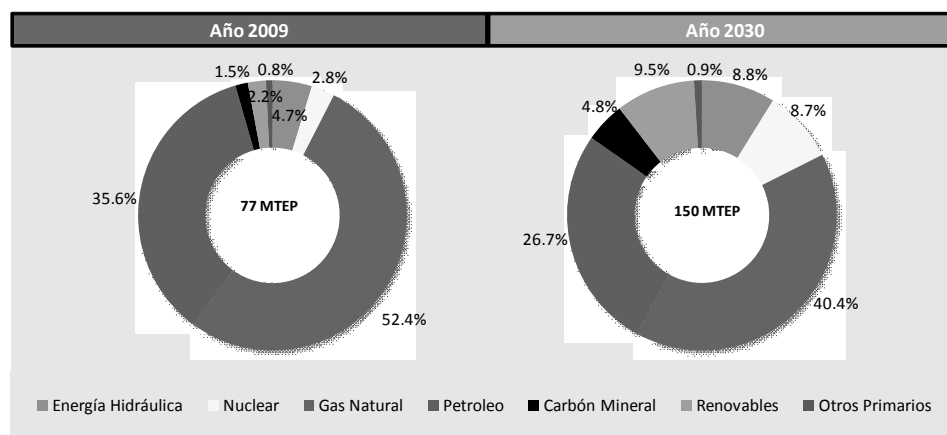
Escenarios de oferta

El abastecimiento de la demanda indicada se basa en la oferta energética primaria, la que actualmente en nuestro país se caracteriza por la alta concentración en los combustibles de origen fósil, rasgo estructural de la matriz energética global. Sin embargo, el rasgo diferencial característico es la predominante participación del gas natural. Así, en el año 2009 el 88% de la oferta interna de energía primaria provino de los hidrocarburos, con una participación del 52,4% de gas natural y del 35,6% del petróleo.

Una segunda característica de la actual matriz es el bajo peso relativo de otras fuentes como la energía hidroeléctrica y la nuclear, aunque estas sean importantes para la generación de energía eléctrica. Por último, la energía proveniente del carbón y las energías renovables tienen una participación marginal en el balance 2009.

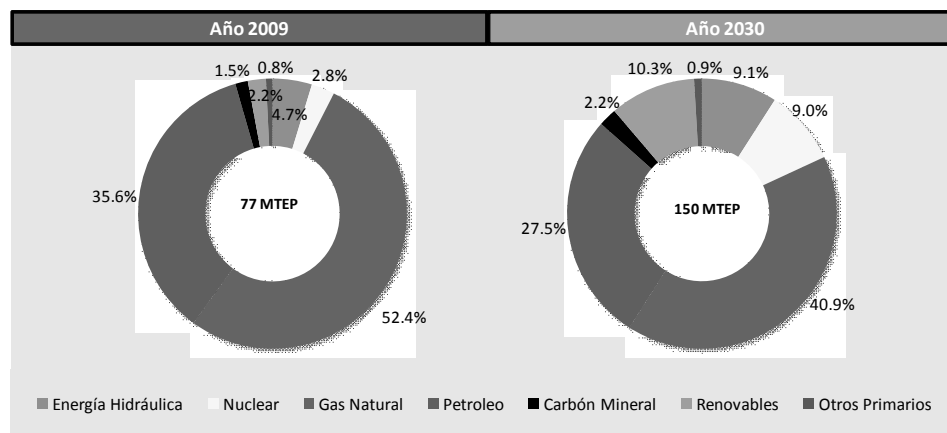
De acuerdo a las previsiones de los escenarios propuestos, el año 2030 reflejaría otra realidad en cuanto a la evolución y composición de la oferta interna de energía primaria, especialmente en el caso del escenario estructural. En primer lugar, se verificaría un crecimiento del total del orden del 94,8%, llegando a ser de 150 Mtep para ambos escenarios (ver Gráficos 1 y 2).

*Gráfico 1
Oferta interna de energía al 2030. Escenario tendencial*



Fuente: Secretaría de Energía

Gráfico 2
Oferta interna de energía al 2030. Escenario estructural



Fuente: Secretaría de Energía

Respecto a la composición relativa se destacan los siguientes cambios:

- Reducción del peso relativo de los hidrocarburos en la matriz primaria (del 88% en 2009, al 67,1% en el 2030 en el escenario tendencial y 68,4 % en el estructural). En especial, es el gas natural que disminuiría su predominio (del 52,4 % en el 2009, al 40,4 % en el escenario tendencial y 40,9 % en el estructural para el 2030).
- Penetración de las energías renovables y otros primarios (conformados principalmente por residuos agro y forestoindustriales, y biocombustibles), alcanzarán en el escenario tendencial a 10,4 % y a 11,2% en el estructural al 2030, mientras que en el 2009 fue del 3%. Esto es debido al impulso previsto en instrumentos regulatorios que establecen regímenes de fomento a la utilización de cortes crecientes de biocombustibles y a la generación eléctrica en base a fuentes alternativas como la eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica (hasta 30 MW), biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás.
- Expansión de la generación de origen nucleoelectrica, con una participación del 2,8 % al inicio del periodo, que se incrementa al 8,7% en el escenario tendencial y al 9% en el estructural, propiciado por el Plan de Reactivación Nuclear (Ley N.º 26.566).
- Inserción de la oferta primaria de carbón (de 1,5 % en 2009 al 4,8% en ambos escenarios al 2030).
- Aumento del peso relativo de la generación hidroeléctrica del 4,7% en el año 2009, al 8,8% en el escenario tendencial y al 9,1% en el estructural en el año 2030, impulsado desde la Secretaría de Energía, entre otros instrumentos, por el Programa de Nacional de Obras Hidroeléctricas (Resolución 762/09).



INCIDENCIA SEGÚN GRUPO DE PAÍSES EN LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

No existe producción de energía o tecnología de conversión sin riesgos o sin desechos. En algún punto de todas las cadenas de energía –desde la extracción del recurso al suministro de los servicios energéticos– se producen, emiten o eliminan contaminantes.

Dentro del Consejo Asesor de Estrategia Energética se desarrolla un sistema de indicadores de sustentabilidad energética a fin de incorporar las variables inherentes al sistema ambiental en el conjunto de elementos que forman parte de los escenarios energéticos prospectivos propuestos. A la vista de la creciente importancia que tienen los aspectos vinculados al cambio climático, se avanzó primeramente sobre la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las alternativas propuestas. Asimismo, se está trabajando a fin de contar con un primer ejercicio integral de evaluación ambiental.

Distribución geográfica y sectorial de las emisiones de gases de efecto invernadero

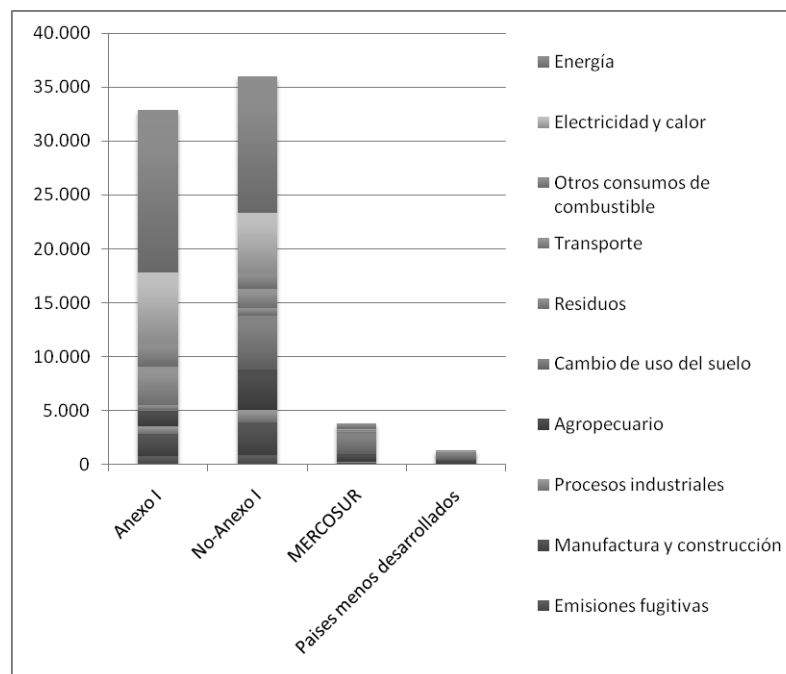
Dentro del sector energético, las emisiones de gases de efecto invernadero se derivan principalmente de la quema de combustibles fósiles. Como subproducto de este proceso, se produce la oxidación del carbono contenido en los combustibles, en condiciones perfectas de combustión todo el contenido de carbono sería convertido en CO₂. En menores proporciones, las emisiones se derivan de emisiones fugitivas resultantes de la liberación intencional o accidental de gases resultante de la producción, procesamiento, transmisión, almacenamiento y uso de combustibles (por ejemplo, el venteo de gases de yacimiento, escapes en la red de transporte de gas, etcétera).

Se ha visto que los montos de las emisiones totales, per cápita e históricas difieren regionalmente y las emisiones sectoriales presentan también fuertes diferencias entre países desarrollados y en desarrollo. Los primeros producen el 48% de las emisiones aunque conforman el 20% de la población mundial.

La composición de las emisiones presenta sustanciales diferencias regionales (véase Gráfico N.º 3). En los países desarrollados y en transición a una economía de mercado, que en la Convención de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) integran el “Anexo I”, las emisiones de los sectores transporte y energético –calor, electricidad y otras combustiones– son predominantes.

En tanto que en los restantes países, identificados como “no-Anexo I”, la participación de estos sectores se reduce, siendo desplazada principalmente por la del sector de cambio de usos de suelo y forestación, y secundariamente, por el sector agropecuario.

Gráfico 3. Emisiones de GEI según grupos de países por sector al 2005 en Miles de toneladas CO₂eq



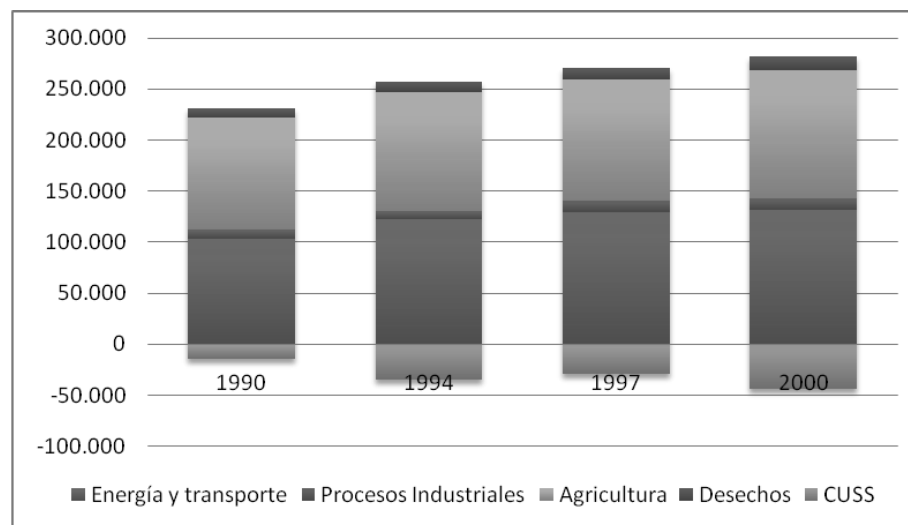
Fuente: Elaboración propia en base a Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 6.0. (Washington, DC: World Resources Institute, 2010).

En el grupo de “países de menor desarrollo” –África Central y otros de Medio Oriente– esto es más acentuado, siendo las emisiones del sector usos de suelo y forestación ampliamente dominantes y las derivadas de generación eléctrica y calor, marginales. En el grupo de “países del Mercosur” se mantiene esta distribución aunque con una mayor proporción del sector agropecuario y de generación eléctrica y de calor.

DISTRIBUCIÓN SECTORIAL Y TENDENCIA A NIVEL NACIONAL

A nivel nacional la importancia de las emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles (en los sectores energéticos y transporte) son predominantes en el total de emisiones de gases de efecto invernadero (ver Gráfico 4). Aunque siguiendo la tendencia de los países que no integran el “Anexo I”, el sector agropecuario tiene una participación similar, seguido en mucho menor medida por los sectores desechos y procesos industriales.

Gráfico 4. Evolución de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero por sector Miles de toneladas CO_{2eq} (dióxido de carbono equivalente)

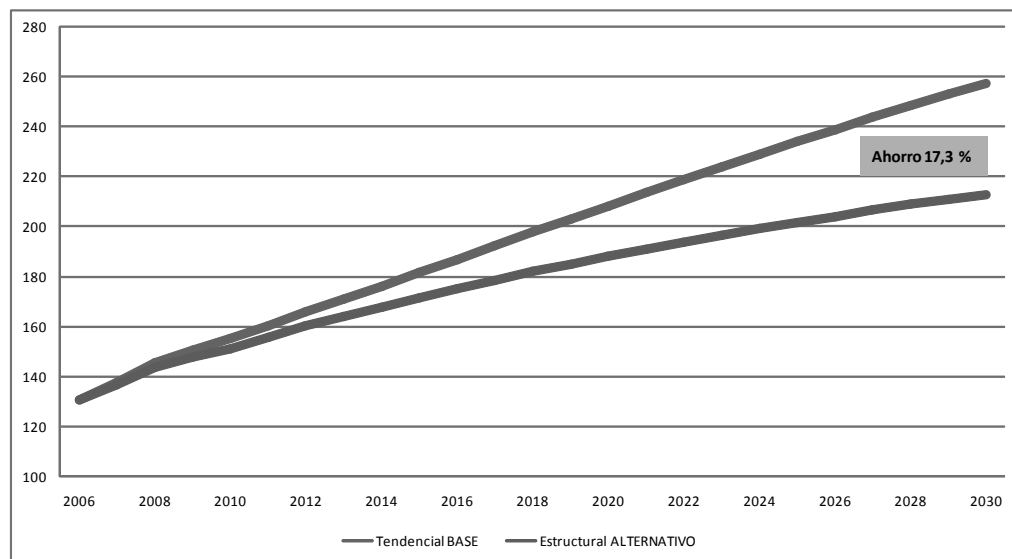


Fuente: elaboración propia en base a Fundación Bariloche (2005): Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) 2000 y Revisión de los Inventarios de GEI 1990, 1994 y 1997. Argentina: Actividades Habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático.

En cuanto a la evolución futura de las emisiones del sector energético, los ejercicios resultantes de los escenarios propuestos muestran en ambos escenarios un incremento en las emisiones de CO_{2eq} (dióxido de carbono equivalente) entre los años 2006 a 2030; esto es mucho más marcado en el escenario tendencial que en el estructural, con un 89,7% en el primero y un 56,8% en el segundo.

En términos absolutos, las emisiones totales de CO_{2eq} se incrementan de 135,8 Mt (millones de toneladas) de CO_{2eq} en el 2006 a 257,6 Mt de CO_{2eq} aproximadamente en el año 2030 en el escenario tendencial, en tanto que en el segundo escenario este crecimiento es mucho más limitado ya que alcanza 212,9 Mt de CO_{2eq} (ver Gráfico 5), debido a una menor intensidad energética e intensidad de carbono, es decir, menor emisión de CO_{2eq} por tep consumido como resultado de acciones de diversificación hacia fuentes menos carbono intensivas y políticas de uso racional y eficiente de la energía más extendidas (ver Gráfico 3).

Gráfico 5. Emisiones de CO₂eq asociadas a los escenarios tendencial y estructural para el periodo 2006-2030 en Millones de toneladas CO₂eq

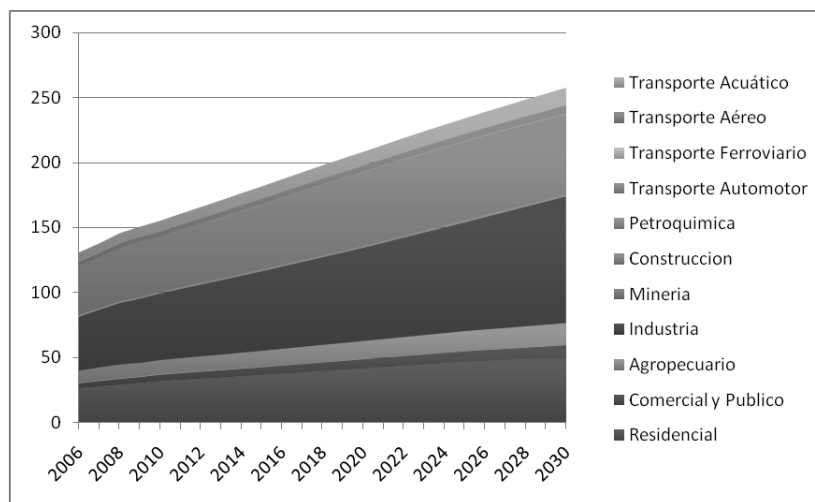


Fuente: Secretaría de Energía

En cuanto a la participación de los sectores de la demanda energética en las emisiones totales derivadas de la quema de combustible, el sector industrial y de transporte automotor se destacan por su participación, seguido en menor medida por el sector residencial (ver Gráficos 4 y 5).

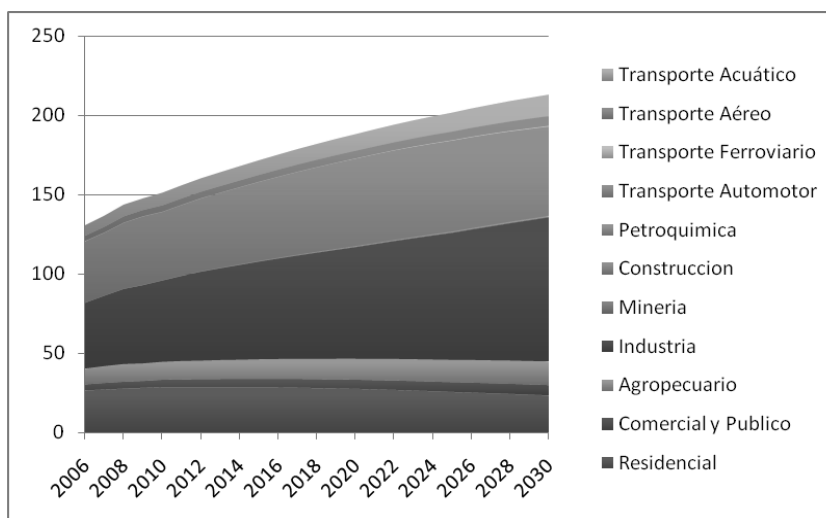
Las diferencias de participación sectorial entre ambos escenarios es particularmente marcada en los sectores residencial, y comercial y público, en los que la aplicación de acciones orientadas hacia una mayor eficiencia en el uso de la energía podrían tener mayor impacto. En menor medida, se registran diferencias significativas en los sectores transporte automotor e industrial, en donde tanto la eficiencia como la cogeneración en el último sector, podrían tener una participación más amplia que la prevista en los planes, programas y proyectos previstos y en implementación (ver Gráficos 6 y 7).

Gráfico 6. Emisiones derivadas de la quema de combustible por sector en el escenario tendencial en Millones de toneladas CO₂eq



Fuente: Secretaría de Energía

Gráfico 7. Emisiones derivadas de la quema de combustible por sector en el escenario estructural Millones de toneladas CO₂eq



Fuente: Secretaría de Energía

El aumento del CO₂ en todos los escenarios se debe a lo siguiente:

- Uso de energía creciente en todos los sectores derivado de un aumento sostenido de la actividad económica.
- Aumento en el uso de carbón para la generación eléctrica en todos los escenarios.
- Declinación del uso de gas natural para la generación eléctrica en la mayoría de los escenarios. Es interesante destacar que en el escenario tendencial el uso de gas natural para la generación termoeléctrica se mantiene más o menos estable, lo que sugiere que los otros usos de energía (por ejemplo, transporte y el uso de combustible en el sector industrial) y el fuerte aumento en el uso de energía en general, son más relevantes para explicar el aumento de CO₂ en el escenario tendencial comparado con los escenarios estructurales.

LA ARGENTINA Y EL SECTOR EN EL CONTEXTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Las negociaciones internacionales entorno al cambio climático tienen su principal impulso con la adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1992, que entró en vigor el 21 de marzo de 1994 y actualmente tiene 192 estados parte. Bajo la Convención y de acuerdo con las recomendaciones del IPCC, los países se comprometen a implementar políticas con *el objetivo de estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a niveles que impida alteraciones climáticas de origen antrópico*.

En la tercera Conferencia de las Partes (COP 3) de la CMNUCC llevada a cabo en diciembre de 1997 fue acordado el Protocolo de Kyoto (PK), que compromete a los países desarrollados y en transición hacia una economía de mercado (Países Anexo I) a alcanzar objetivos cuantificados de reducción de emisiones de GEI. Esta reducción debe ser del 5,2 % con respecto a las de 1990 para el periodo 2008-2012.

Adicionalmente, en el Protocolo se indica que todas las partes (países) deben avanzar en programas nacionales para la mitigación del cambio climático, que consiste básicamente en reducir emisiones de los mencionados gases y en extender o mantener los sumideros, generalmente formaciones vegetales, que secuestran carbono de la atmósfera. Cabe recordar que en la Convención se indica que los países en desarrollo necesitarán aumentar el consumo de energía para su desarrollo tomando en cuenta las posibilidades de un uso eficiente y la aplicación de nuevas tecnologías para su producción en forma social y económicamente beneficiosa.

Según los principios de la Convención y del Protocolo, y a pesar de que Argentina incide marginalmente en las emisiones globales actuales (0,8 % del total mundial), y aun más si lo vemos desde una perspectiva histórica, nuestro país realiza acciones voluntarias de mitigación. Dentro del sector energético, cabe mencionar la implementación de conjunto de instrumentos normativos, planes proyectos y programas de estímulo a las fuentes renovables, y al uso racional y eficiente de la energía, entre otros.

Estas acciones podrían ser más numerosas y efectivas en tanto se concreten los mecanismos de acceso a

los fondos y la transferencia de capacidades desde los países que integran el Anexo I a los que no lo integran, tal como fue planteado tanto por nuestro país como por la mayor parte de los países en desarrollo en la negociación inherente a la CMNUCC.

En este sentido, frente a la serie de oportunidades y desafíos que se presentan en el ámbito de negociación de la CMNUCC, la jefatura de gabinete de ministros a través de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable coordina el Comité Gubernamental de Cambio Climático, el que tiene entre sus principales objetivos la identificación y la construcción de líneas de acción estratégicas en la materia junto con la participación de representantes de los gobiernos nacional y provinciales, entre ellos la Secretaría de Energía.

Por medio de la conformación de una Mesa de Cambio Climático, la Secretaría de Energía, como entidad de aplicación en uno de los sectores claves, se propone realizar aportes significativos al Comité en vistas de facilitar la ampliación del apoyo a los proyectos incluidos en los programas y marcos de estímulo, lo que permitiría expandir las acciones nacionales voluntarias de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en curso con el objetivo de mitigar los efectos del cambio climático.

MARCO NORMATIVO, PLANES, PROYECTOS Y PROGRAMAS NACIONALES DE ESTÍMULO A LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA, EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA

La Secretaría de Energía implementa un conjunto de instrumentos normativos, programas y proyectos en vistas a la diversificación de la matriz energética primaria, es decir, a la reducción de la participación de los hidrocarburos y en consecuencia, la mitigación del cambio climático a partir de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Entre estos se puede mencionar la ley 26.190 (reglamentada a través del decreto 562/2009), que tiene como objetivo el fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica por diez años desde el 2006. Para ello, establece como meta a alcanzar que el 8% de la energía eléctrica comercializada sea generada mediante fuentes renovables al año 2016. Su plena aplicación permitirá evitar la emisión de aproximadamente 7.000.000 de t/CO_{2eq} anuales.

A fin de favorecer la concreción de proyectos, el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, instruyó oportunamente a Energía Argentina S.A (ENARSA) a que suscriba contratos de abastecimiento al mercado eléctrico mayorista para generación eléctrica a partir de fuentes renovables de energía por un total de 1.015 MW (megavatios) de potencia. En este sentido, se adjudicaron un total de 895 MW de potencia distribuidos de acuerdo al siguiente detalle: “Eólica” 754 MW; “Térmica con Biocombustibles” 110,4 MW; “Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos” 10,6 MW; “Solar Fotovoltaica” 20 MW. Asimismo, se han relanzado procesos licitatorios para la provisión de energía eléctrica proveniente de los renglones correspondientes a Geotermia, Solar Térmica, Biogás y Residuos Sólidos Urbanos.

Además, se crea el Programa Nacional de Obras Hidroeléctricas que tendrá como objetivo principal incentivar y sostener la construcción de Centrales Hidroeléctricas cuya duración será la necesaria para permitir la finalización de la totalidad de las obras que se incorporen al mencionado Programa. En el marco de este programa, se preadjudicaron los aprovechamientos Condor Cliff y La Barrancosa y se licitó Chihuidos I.

Asimismo, se relanzó el Plan para la Reactivación de la Actividad Nuclear en la Argentina, que se focaliza en la reactivación, como cuestión estratégica, de la generación nucleoelectrica y en el desarrollo de las aplicaciones y los servicios de la tecnología nuclear en los sectores de la salud, la industria y la actividad científica. En este marco, se procede a la terminación de la Central Nuclear Atucha II, a la extensión de Vida Central Nuclear Embalse y estudio de factibilidad de una nueva central. Además, en el marco del proyecto CAREM (Central Argentina de Elementos Modulares), con la futura puesta en servicio del prototipo CAREM25, Argentina tendrá en operación la primera central nuclear de potencia íntegramente diseñada y construida en el país. Estos reactores de potencia media 25 MW tienen una gran proyección para el abastecimiento eléctrico de zonas alejadas de los grandes centros urbanos o polos fabriles con alto consumo de energía y ofrecen también otras prestaciones, como ser desalinización o provisión de vapor para diversos usos industriales.

En el sector transporte, a través de la ley 26.093 (reglamentada a través del decreto 190/07), se promueve la producción y uso sustentable de los biocombustibles por 15 años desde el 2006 y se fija un corte mínimo de un 5% de mezcla mínima de biocombustibles en naftas y gasoil para el año 2010. Actualmente, ya se ha ampliado el corte mínimo para el biodiesel al 7%.

Conjuntamente a la sustitución de combustibles fósiles, se ha establecido el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE, Decreto 140/2007) que incluye el reemplazo de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes, la implementación de medidas de eficiencia energética en el sector industrial, comercial y público, la modernización del alumbrado público, el etiquetado de electrodomésticos, motores y otros artefactos, el diseño de un programa de eficiencia energética para la construcción de viviendas nuevas y en uso, la incorporación a los planes educativos de contenidos relativos a las energías renovables y al uso eficiente de la energía, entre otras medidas, a fin de evitar la emisión de 3.000.000 de t/CO₂ anuales por un periodo de 10 años.

Adicionalmente, se ha establecido un régimen de promoción para el desarrollo de la tecnología, producción, uso y aplicaciones del hidrógeno como combustible y vector de energía.

ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS RENOVABLES APLICABLES A LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

A fin de estimular y facilitar el acceso a herramientas de información que permitan un mayor aprovechamiento energético de los recursos renovables, la Secretaría de Energía releva, estimula y difunde un conjunto de documentos e información sobre recursos renovables, los que han sido procesados y estandarizados con el objeto de incluirlos en el sistema de información geográfica (<sig.se.gov.ar>).

El nivel de conocimiento de los recursos renovables para aplicar a la producción de energía eléctrica en Argentina tiene diferentes puntos de partida en nuestro país:

- La hidroelectricidad puede catalogarse como el recurso mejor conocido, pero con necesidad de mejorar el nivel de conocimiento de los proyectos específicos.
- Los recursos eólico y solar han sido evaluados a nivel global pero requieren el análisis caso por caso cuando se trata de implementaciones concretas.
- La geotermia requiere estudios profundos para hacer una evaluación más ajustada de su potencial y, a partir de allí, elaborar mecanismos para promover su uso.
- El recurso biomásico en todas sus formas hasta hace algunos años no solo necesitaba mejor conocimiento sino también de la formulación de sistemas de información sostenibles que garanticen la disponibilidad de los datos en el largo plazo y de la identificación de proyectos. En este sentido la SE, con la ex Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentos, la Secretaría del Ambiente y Desarrollo Sustentable y el INTA con cooperación técnica de la FAO desarrollaron la implementación de un sistema de información sobre recursos energéticos, que da cuenta de la oferta, demanda de biomasa para energía a lo largo del territorio nacional.
- Están a disposición y en permanente proceso de actualización, Sistemas de Información Geográfica para las fuentes eólica, solar y biomasa (WISDOM). Asimismo está disponible en Internet el “Atlas solar de la República Argentina” de H. Grossi Gallegos y R. Righini (Universidad Nacional de Luján).

ACCIONES EN EL CAMPO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

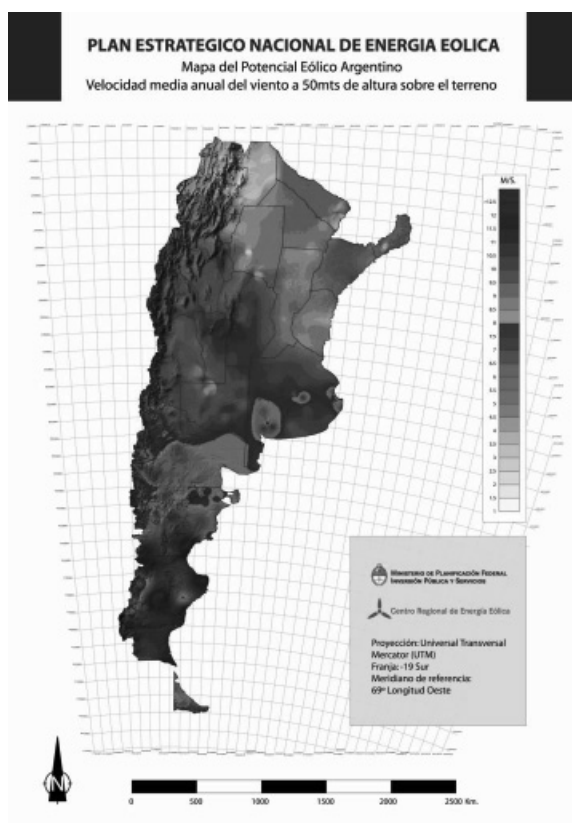
Eólica

La energía eólica se deriva del aprovechamiento de la energía cinética contenida en el viento.

El aprovechamiento de la energía eólica en Argentina encierra todavía un potencial muy superior al explotado actualmente. Se ha estimado que solo el viento del extremo sur patagónico representa una energía decenas de veces mayor al contenido en toda la producción anual argentina de petróleo.

La confección del mapa eólico nacional ha sido un trabajo conjunto de diversas reparticiones públicas nacionales y provinciales, y su objeto es proveer una herramienta de evaluación que permita a los inversores públicos y privados no solo apreciar las ventajas comparativas que ofrece nuestro país para este tipo de emprendimientos, sino también permitirles determinar objetivamente las zonas más aptas para el emplazamiento de los nuevos parques (Mapa 1).

Mapa 1. Recurso eólico



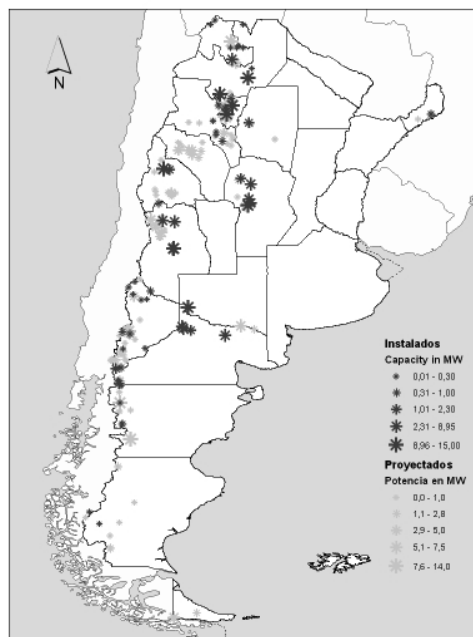
Fuente: Secretaría de Energía



Pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (PAH)

La Secretaría de Energía ha completado en 2006 el “Estudio para la mejora del conocimiento y la promoción de oferta hidroeléctrica de pequeños aprovechamientos”, que ha permitido no solo revisar la viabilidad técnica y económica del extenso catálogo de proyectos de PAH inventariados, sino también establecer un “ranking” u orden de mérito capaz de establecer prioridades en la concreción de los emprendimientos factibles. Dicho estudio ha revelado la existencia documentada de 116 proyectos emplazados en 14 distintas provincias, con una potencia total de 425 MW, abastecerían cerca del 2,2% de la demanda eléctrica anual estimada hacia el 2016, y el equivalente al 27,5% de la meta propuesta por la nueva ley 26.190 para esa misma fecha.

Mapa 2. Localización pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (PAH)



Fuente: Secretaría de Energía

Biomasa

La energía de la biomasa es aquella derivada de compuestos orgánicos no fósiles, tanto de origen vegetal como animal.

Si bien en nuestro país no existen antecedentes de centrales biomásicas integradas en su totalidad a la red eléctrica, la generación de energía eléctrica a partir de biomasa en la Argentina se realiza exitosamente en algunos establecimientos industriales privados que aprovechan sus residuos para autosatisfacer sus necesidades energéticas (cogeneración).

Las industrias regionales como las del té, de la yerba, del aserrío y del aceite, son potenciales mercados para la instalación de emprendimientos de cogeneración.

La Secretaria de Energía conjuntamente con la distribuidora eléctrica de la provincia de Entre Ríos (ENERSA), se encuentran avanzando a través de la Unidad de Preinversión del Ministerio de Economía (UNPRE) mediante un préstamo BID, en el desarrollo del “Documento de proyecto para la construcción de las centrales biomásicas en las localidades de Federación y San Salvador, provincia de Entre Ríos”.

Geotérmica

La energía geotérmica es aquella que se obtiene del aprovechamiento del calor del interior de la tierra.

Se evaluaron los recursos geotérmicos correspondientes a una superficie de 239.670 km² del noroeste y centro-oeste mediante estudios de reconocimiento. Se realizaron en once zonas de las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza, Neuquén, Tucumán y Santiago del Estero y se están estudiando en la actualidad en las provincias de Buenos Aires y Tierra del Fuego, determinándose hasta el presente 42 áreas con alternativas de explotación.

Actualmente existen cinco proyectos de generación eléctrica mediante recursos geotérmicos.

Programa de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER)

El Proyecto tiene como objetivo central mejorar la calidad de vida de la población rural que no ha sido alcanzada por el Programa de Transformación Eléctrico, contribuyendo de esta manera a su afincamiento y a la mitigación de la migración rural, a través de la provisión de un servicio eléctrico que satisfaga sus necesidades básicas de iluminación y comunicación social, con fuentes descentralizadas de suministro basadas en tecnologías que mayoritariamente usen recursos renovables.

Para lograr estos objetivos, el Proyecto postula que la electrificación del Mercado Eléctrico Disperso (MED) se realiza utilizando, prioritariamente, sistemas fotovoltaicos, eólicos, microturbinas hidráulicas y, eventualmente, generadores diesel.



CONCLUSIÓN

La República Argentina como parte de la CMNUCC implementa numerosas acciones para mitigar acciones voluntarias para paliar el cambio climático, reconociendo el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas.

Asimismo, reconoce la responsabilidad histórica de los principales emisores de gases de efecto invernadero, los cuales deben tomar mayor iniciativa en la mitigación del cambio climático y las consecuencias derivadas del mismo, que a serán compartidas por todas las partes, pero que impactará con mayor gravedad en los países más vulnerables.

Para la implementación de las acciones que forman parte de los escenarios de tipo estructural propuestos, un acuerdo claro sobre los niveles de financiamiento, transferencia de tecnología y capacidades a países como el nuestro, será un requisito que facilitará los medios para su implementación, es decir maximizar el potencial del país para contribuir a la solución de una problemática global.

Argentina está comprometida a contribuir con todo su potencial a mitigar el cambio climático. Esta contribución depende de alcanzar el balance entre la responsabilidad del Estado hacia sus ciudadanos y los medios disponibles para implementar mayores acciones de mitigación, especialmente teniendo en cuenta que parte de los recursos del país deberán ser destinados a adaptar la infraestructura y sociedad a los efectos del cambio climático.



Fotografía: Claudio Lanús

Revista de la Universidad

UNLP y compromiso ambiental en la región: Asociación de Universidades Grupo Montevideo

JORGE LUIS FRANGI

Doctor en Ciencias Naturales y licenciado en Botánica, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesor en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo y en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Investigador. Coordinador del Comité de Medio Ambiente de la Asociación de Universidades Grupo Montevideo y editor de *AUGMDOMUS*. Director del Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA), UNLP. Fue vicedecano de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, director del Museo de La Plata, tesorero de la Sociedad Argentina de Botánica, presidente de la Asociación Argentina de Ecología, de la Comisión de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, UNLP (1995-1998) y consejero superior de la UNLP (1992-2001).

La Asociación de Universidades Grupo Montevideo (AUGM) cumple este año su 20º aniversario. Fue fundada el 9 de agosto de 1991 cuando, por iniciativa del entonces rector de la Universidad de la República (UdelaR) Ing. Jorge Brovetto, se reunieron en Montevideo los rectores de ocho universidades de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, entre ellas la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), para firmar el Acta que dio lugar a su creación. Sus objetivos son “contribuir al fortalecimiento y consolidación de una masa crítica de recursos humanos de alto nivel, aprovechando las ventajas comparativas que ofrecen las capacidades instaladas en la región a saber: la investigación científica y tecnológica, incluidos los procesos de innovación, adaptación y transferencia tecnológica, en áreas estratégicas; la formación continua, inscripta en el desarrollo integral de las poblaciones de la subregión; la estructura y funcionamiento de gestión de las universidades que integran la Asociación; la interacción de sus miembros con la sociedad en su conjunto, difundiendo los avances del conocimiento que propendan a su modernización”.¹

Para ser miembro de AUGM, las universidades deben ser públicas, autónomas y autogobernadas y tener la voluntad de poner a disposición de las demás sus recursos humanos y materiales. Esas condiciones deben construir un espacio académico común ampliado, en el cual la cooperación lleve a la integración regional, la complementación, la superación y la multiplicación de oportunidades de acción.

Las acciones de AUGM se llevan a cabo a través de comités académicos, núcleos disciplinarios y programas; asimismo la Asociación ha institucionalizado dos actividades regulares como las Jornadas de Jóvenes Investigadores y el Seminario Internacional Universidad-Sociedad-Estado. En general estas actividades se realizan rotando por las distintas universidades, hoy 28, y en cinco países.

El Comité de Medio Ambiente (CMA) es coordinado por la UNLP, se encuentra entre los primeros comités creados, ha establecido sus propios objetivos y desarrolla acciones fundadas en los principios e ideales originales. Se propone contribuir a la consolidación de un espacio común académico ampliado en lo referente a las cuestiones socio-ambientales de la región del Cono Sur. El CMA detalla sus fines, difunde su actividad y otros hechos de interés (como libros, becas, eventos, etcétera), y establece contacto entre y con los interesados en el medio ambiente, a través del Portal de Comité de Medio Ambiente de AUGM.² El CMA ofrece a todos los miembros de AUGM la posibilidad de hacer uso de esta y otras herramientas electrónicas a su disposición.³

¹ <www.grupomontevideo.edu.uy>.

² <www-old.unlp.edu.ar/comitemedioambiente>.

³ <medioambiente.augm@presi.unlp.edu.ar>.

El CMA está convencido de que la región de su interés se encuentra en condiciones sociales, económicas y ambientales que requieren cambios profundos. De ellas hay que salir mediante acciones apropiadas que permitan reducir la desigualdad social, mejorar la situación económica, usar sabiamente los recursos naturales, garantizar un ambiente saludable para toda forma de vida, y dejar un legado de oportunidades para nuestros descendientes. En ese sentido, entiende que la universidad pública tiene un compromiso ineludible con nuestros pueblos, y que a través del conocimiento académico, la reflexión seria, elevados valores éticos y el compromiso con el hombre que permite la libertad intelectual, puede hacer aportes significativos para mejorar la situación regional. Esos valores enmarcan las actividades del CMA.

El CMA organiza bienalmente congresos científicos, en los que a través de conferencias, mesas redondas, presentaciones orales, presentaciones en afiches, y plenarios se busca aumentar el encuentro, la participación, e intercambio de conocimientos científico-tecnológicos y de diversas experiencias de extensión y transferencia. Estos eventos han tenido una participación de entre 200 y 650 personas y han motivado la presencia de miembros de universidades de AUGM como de instituciones universitarias ajenas al grupo, de organismos gubernamentales y otros. Del 22 al 24 de mayo de 2012 se realizará en La Plata el *VII Congreso de Medio Ambiente* de la AUGM, en esta oportunidad centrado en dos ejes temáticos: la cuestión socioambiental en el eje de la encrucijada latinoamericana y el conocimiento socioambiental pertinente en Latinoamérica.⁴

En los años pares, desde 2008, se efectúan reuniones sobre Educación y Gestión Ambiental a nivel universitario. Las dos reuniones efectuadas hasta el presente han estado dedicadas a reconocer el estado y formas de inserción de los contenidos educativos ambientales en las carreras universitarias, tanto de grado como de posgrado. Asimismo algunas contribuciones sobre la gestión ambiental de los espacios universitarios han dejado ver las grandes diferencias en la conciencia y acciones implementadas en relación al ambiente entre universidades y entre facultades dentro de ellas. Estos encuentros permitieron identificar particularidades, éxitos, falencias y oportunidades, que han servido para efectuar documentos con sugerencias para las autoridades universitarias. En ese contexto las reuniones mencionadas han tenido un carácter institucional. La UNLP ha elaborado para la reunión de 2010, un documento preliminar que compila el estado de las cuestiones mencionadas en nuestras unidades académicas, efectuado con los aportes de representantes de las mismas. Mucho camino por recorrer queda en nuestra universidad tanto en los aspectos de enseñanza, extensión y gestión ambiental de los espacios universitarios. En este último aspecto la planificación de los espacios universitarios

⁴ Ver <www.grupomontevideo.edu.uy/medioambiente>.

y sus edificios debería avanzar decididamente, con la cooperación de todos los interesados, en pos de una universidad que encuentre coherencia entre lo que se supone cree, crea y enseña, y lo que hace en sus propios espacios respecto del ambiente humano. La *III Reunión sobre Educación Ambiental* será de carácter más abierto y tendrá como aspectos de interés una mayor participación e intercambio de experiencias pedagógicas entre docentes e investigadores universitarios, esperamos que esto ayude a una mejor comprensión de los problemas y a una más pertinente toma de decisiones en los ámbitos académicos.

A fines del 2009 creamos, con el apoyo del SeDiCi-PreBi, la revista electrónica de medio ambiente *AUGMDOMUS*⁵, la cual tiene arbitraje internacional, es gratuita, abierta a la comunidad científica mundial, recibe trabajos en idioma español, portugués e inglés, y acepta una gama de trabajos que le dan un perfil casi único. Por otra parte enmarca su contenido y orientación hacia conocimientos básicos, orientados o aplicados que puedan ser fundamento o aportes para la sustentabilidad. *AUGMDOMUS* ya ha publicado dos volúmenes anuales y a partir de este año iniciaremos la edición de números especiales dirigidos a tratar temas particulares del medio ambiente, bajo la dirección de editores de número especial seleccionados entre destacados especialistas en los temas. Esta es también una oportunidad para aquellos científicos, tecnólogos, docentes y extensionistas que cumpliendo los requerimientos establecidos deseen dar a conocer conjuntos de conocimientos que sean aportes valiosos de aspectos de la realidad socio-ambiental regional; los editores dan la bienvenida a las propuestas de la comunidad académica sometidas para los números especiales y regulares de *AUGMDOMUS*.

En marzo de 2011, el CMA ha propuesto a AUGM la creación de un Programa de Educación en EVA (Entorno Virtual de Aprendizaje). En particular esto surgió del interés del Comité de Medio Ambiente en desarrollar un Programa de Educación Socio-Ambiental a distancia. La AUGM reúne un número significativo de universidades muchas de las cuales ofrecen cursos y carreras de grado y posgrado vinculadas a la temática ambiental. El interés creciente en la “cuestión ambiental” por su efecto en distintas jerarquías biológicas y ecológicas, y sus consecuencias sobre la propia existencia humana, como asimismo, el carácter transversal del conocimiento ambiental, hace que forme parte, en mayor o menor medida, de casi la totalidad de las titulaciones universitarias de grado. Partiendo de la base de que las universidades se hallan en distintas realidades geográficas y socio-ambientales y tienen experiencias e intereses en parte compartidos y en parte distintos, es posible pensar en la creación de un espacio común educativo que utilice esa diversidad de opciones que ofrecen

⁵ Ver <revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus>.

los contenidos socio-ambientales de cada universidad de AUGM, aprovechando las facilidades que otorgan las nuevas tecnologías de la información y la comunicación que, además de sus particularidades pedagógicas, permiten eliminar las dificultades que ocasionan las distancias. No obstante también es cierto que existe en algunas universidades y docentes cierta inercia al cambio, que es necesario ir superando a través de la práctica que, en definitiva, es la que demostrará si los aspectos positivos superan a los negativos. La AUGM es hoy un universo de dos millones de estudiantes a quienes hay que darles oportunidades de estudios de excelencia. En este contexto heterogéneo y complejo, lleno de desafíos pero también de oportunidades, que componen la región, su gente y las culturas en su sentido más amplio, los docentes capacitados e innovadores tienen una oportunidad excepcional de probar estas nuevas formas de enseñanza. Numerosos elementos emergentes surgen de esa fabulosa mega-universidad virtual en que puede transformarse la AUGM donde las universidades involucradas, los alumnos y docentes pueden verse favorecidos por la internacionalización de los cursos, y la complementación y ampliación de la oferta educativa. El CMA se propone utilizar parte de los cursos especializados de los últimos años de carreras de grado, y de postgrado, de universidades del grupo, cuyos docentes aprobaran disponerlos en un formato virtual, para ponerlos a disposición de alumnos y graduados, en un contexto de educación continua. El CMA está trabajando como catalizador de este programa, con el fin de establecer un listado de cursos, disponer de normas que contemplen y respeten las responsabilidades de cada integrante del modelo planteado, aseguren el soporte informático-pedagógico necesario para conducir el proceso de pasar a formato virtual los cursos y de realizar una plataforma que sirva a la difusión y gestión básica del Programa.

Por último, todas estas acciones, de este y otros comités y núcleos, adquieren su verdadera dimensión y fortalecen sus efectos sobre la comunidad universitaria, si cada universidad dispone de mecanismos de participación internos que aseguren la difusión de las acciones, la comunicación entre sus miembros, y los recursos humanos y materiales necesarios. En ese sentido las universidades de AUGM han elegido distintos caminos. La UNLP creó este año una Comisión Asesora Ambiental Permanente, integrada por representantes de las facultades designados por sus autoridades. Esta comisión es un foro de intercambio de experiencias y conocimientos en educación, investigación, extensión, transferencia y gestión ambientales que también asesora a la presidencia a solicitud de esta. La comisión no es vinculante ni ejecutiva y, con su tarea intenta cooperar con las unidades de la Presidencia y las facultades que tienen esas responsabilidades. En relación a la AUGM, su tarea consiste en difundir en las unidades académicas las tareas y novedades de AUGM, como asimismo recepcionar inquietudes, discutirlos y transmitirlos al CMA de AUGM con el fin de enriquecer su tarea.

CONICET y sociedad: federalización, ciencia y ambiente

FAUSTINO SIÑERIZ

Licenciado en Ciencias Químicas, Universidad de Buenos Aires (UBA), Ph D, UBA. Profesor de Microbiología Superior, Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán. Vicepresidente de Asuntos Tecnológicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y miembro del directorio, elegido por sus pares desde 2003. Estadias post doctorales en Queen Elizabeth College, University of London, Research fellow II. New York State Health Department, Laboratories of Research, Albany, NY, Estados Unidos. Becario de la Alexander von Humboldt Stiftung en Limnology Department (Alemania). Profesor visitante en la Technische Universitaet Berlin. Fue director de la Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos (PROIMI), secretario ejecutivo del Programa Nacional de Biotecnología, secretario de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán y vicepresidente de Asuntos Tecnológicos del CONICET. Ocupó distintos cargos en el Centro Argentino Brasileño de Biotecnología (CABBIO), siendo director nacional argentino. Es autor de más de 120 trabajos en revistas internacionales.

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, ya entrando en sus 53 años de vida, debe estar presente en todos los ámbitos del quehacer nacional acercando los conocimientos o el asesoramiento necesario tanto para cuestiones simples, como puede ser el desarrollo de un proceso de producción de una lecha ácida como para cuestiones de alto impacto o más complejas como es el desarrollo de equipamiento para satélites o su uso para realizar el inventario de los Glaciares como lo estipula la ley. Hoy en el CONICET, se habla más que de vinculación tecnológica, de vinculación con la sociedad indicando que el camino es estar al servicio de la sociedad en la cual estamos inmersos. El objetivo último es probar que la inversión en ciencia y tecnología resulta en la generación de empleo de calidad y este objetivo es importante para el directorio del CONICET y debe ser importante para todo el personal del mismo. Debemos cambiar el leitmotiv acerca de qué puede hacer el país por el CONICET, hacia qué puede y qué debe hacer el CONICET por el país y sus instituciones.

Entre los temas prioritarios la cuestión ambiental presenta desafíos y oportunidades que debemos encarar. Cuando se habla del conocimiento del medio ambiente, o del ambiente a secas, estamos hablando de una trama multidisciplinar cuyo centro es el hábitat del hombre y la mujer.

Aunque parezca redundante, es importante resaltar el hecho de que todos los estudios se hacen o deben hacerse, tomando en cuenta a lo humano como centro. Es en función de lo humano que decimos que el calentamiento global nos presenta peligros. No lo estamos diciendo en función de la naturaleza sin el hombre y la mujer, pues en ese caso no nos tendríamos que preocupar tanto ya que la Tierra tiene muchos millones de años sin nuestra presencia y tendrá otros tantos también sin nuestra presencia.

Hay que recalcar estos conceptos de partida pues la realidad es que muchos de los científicos que se dedican a estudiar aspectos del medio ambiente, así como algunas asociaciones ecologistas, parecen indicar que las actividades humanas tienen que ser eliminadas para proteger “el medio ambiente”.

De lo que se trata es, creemos, de una compatibilización entre la conservación de los recursos naturales, el reemplazo de recursos mineros por recursos renovables y el desarrollo humano y, en evitar acciones que hacen que el desarrollo humano (con el concepto, actualmente preponderante de desarrollo humano = desarrollo material) provoque daños irreparables en el *medio ambiente*. Este último concepto ha de ser cambiado a mucha velocidad por el de un concepto de desarrollo humano = desarrollo de las capacidades personales, dejando de lado la acumulación de riqueza como único objetivo de la vida o de las sociedades.

Tomando como centro el humano, el *ántropos*, veremos que es la población, el pueblo o sociedad, el destinatario y guardián de las resoluciones que las afectan. Esto indica claramente que los científicos debemos echar luz sobre los problemas, dejando al conjunto de los ciudadanos, las decisiones sobre aplicaciones o no de tecnologías, particularmente aquellas mediante las cuales se puede afectar el medio ambiente. Pero estas decisiones deben ser decisiones ilustradas e inteligentes, o sea, basadas en hechos objetivos y es allí donde el CONICET y las universidades pueden ayudar.

Ahora bien, cuando nos referimos a la sociedad humana, y a efectos sobre ella, debemos introducir el término política, que, proveniente del griego *politikós* o referente a los asuntos de la polis o la ciudad estado, que



debían ser tratados por los ciudadanos. Nótese que los ciudadanos que se dedicaban a los asuntos privados se denominaban *idiotikós* para separarlos de los asuntos de la polis o *politikós*. Curiosamente, con el tiempo, las personas que solo se ocupan de sus asuntos sin preocuparse por los asuntos de estado se llamaban *idiotes*, que luego tomó la connotación peyorativa actual.

En realidad, mucha de la preocupación de la población con respecto al medio ambiente se refiere a hechos específicos como contaminación de cursos de agua o lagos con mortandad de peces, malos olores en proximidades de fábricas, la presencia o no de metales tóxicos (especialmente proveniente de curtiembres y fábricas de acumuladores), plantas de tratamiento de efluentes domiciliarios e industriales, emprendimientos mineros, etcétera. La preocupación disminuye cuando se trata de problemas a mayor plazo como es el caso de la deforestación o la sobre-pesca.

Por lo tanto, el habitante está ejerciendo una acción bienvenida, al inmiscuirse más y más en los asuntos de la polis, y ser, la sociedad que, en su conjunto, decide sobre las cuestiones que le afectan, incluyendo, claro está, las que modifican al medio ambiente.

En última instancia, el concepto fundamental está en encontrar el equilibrio entre el desarrollo humano y la naturaleza en la cual estamos inmersos y de la cual formamos parte.

¿CÓMO PARTICIPA EL CONICET DE ESTAS CUESTIONES?

Para el CONICET en la actualidad, no hay temas tabú que no se deban o no se puedan encarar y discutir; y es parte del hacer que la sociedad valore a la ciencia y a los científicos, como capaces de indicar soluciones a problemas, o, al menos, echar luz sobre estos.

En el caso de los estudios ambientales hay una plétora de grupos de trabajo, tanto en el CONICET como en las universidades, generalmente disciplinares, que estudian las modificaciones del medio por acción antropogénica, y las modificaciones del medio devenidas de procesos naturales fuera de nuestro control. En este sentido es importante conservar registros de las mediciones a lo largo de los tiempos, para poder determinar o diferenciar las acciones de perturbación por parte del hombre con respecto a las provocadas por fenómenos naturales (erupciones volcánicas, maremotos, desplazamiento de placas tectónicas, actividad solar, etcétera).

En este contexto se presentan dos campos bastante bien definidos: por un lado un depósito de datos único, asequible para todos los investigadores del tema, para que puedan ser consultados con el objeto de comparar situaciones de partida con las situaciones actuales. Es de destacar que, debido a la complejidad del tema “ambiente” en este repositorio u observatorio, entran datos que van desde las mediciones in situ a las imágenes satelitales o aéreas de determinadas regiones. Por ejemplo, debemos notar que, en el caso de los bosques de altura en el NOA, por ejemplo, trabajos realizados por investigadores de la provincia de Tucumán, han demostrado, comparando fotos antiguas con fotografías actuales, que los bosques de altura se han multiplicado, en principio, debido a la migración de población antiguamente en puestos aislados, que utilizaban la madera para sobrevivir, hacia pueblos o ciudades, abandonando los puestos o casuchas en el cerro.

Otro caso interesante de destacar, es el de las mediciones constantes de la Prefectura Naval en áreas del Río de la Plata, que demuestran que la calidad del agua que entra a los sistemas de potabilización de la Ciudad de Buenos Aires, no ha sufrido cambios en los últimos veinte años.

La necesidad de mediciones de base se ve en temas como la presencia de arsénico en agua (generalmente de origen geoquímico), o la presencia de niveles de compuestos químicos en el aire de ciudades o regiones del país, que, debido al avance de la sensibilidad de los métodos analíticos, aparecen compuestos químicos que pueden provenir de actividades humanas o de actividades naturales, muchas veces generando desconcierto y alarmas no del todo sustentadas en los hechos.

En el caso de las cuestiones ambientales el CONICET está participando de un grupo interinstitucional liderado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de coordinación de datos ambientales con la idea de que estos, independientemente de su origen, estén disponibles para toda la población e instituciones.

Por otra parte se está llevando a cabo una acción concreta por parte del CONICET, que consiste en la creación de una red de estudios ambientales, que pretende coordinar las investigaciones de una cantidad importante de grupos, institutos y laboratorios que se ocupan del tema ambiental. El reciente convenio con el Ministerio de Defensa, por ejemplo, también incluye al CEILAB perteneciente al complejo CITEDEF-CONICET en Villa Martelli. Desde allí se operan láseres que miden aerosoles (particulados) en cuatro localidades en el país (la red AERONET de la NASA) en Villa Martelli, Río Gallegos, Trelew y en San Juan (CASLEO). También miden específicamente óxido nítrico (N_2O) y ozono en Río Gallegos. Estas mediciones están siguiendo, por ejemplo, la localización de la nube de cenizas provocada por la erupción volcánica del Peyehue al noroeste de Villa La Angostura.

El CONICET está consolidando una nueva red institucional, comenzada hace ya cinco años, la de los Centros Científicos Tecnológicos, que han formado agregaciones de las capacidades instaladas del CONICET y las universidades nacionales, distribuidas en trece regiones del país: Noroeste con sede en Corrientes; Salta; Tucumán con sede en San Miguel de Tucumán; Córdoba con sede en Córdoba; Mendoza; San Luis con sedes en San Luis y Villa Mercedes; Santa Fé; Rosario; La Plata; Bahía Blanca; Comahue con sedes en Bariloche y en Neuquén; y los institutos de Buenos Aires, agrupados en cuatro zonas: Núñez, Plaza Houssay, Parque Centenario y Saavedra 15 (Plaza Once).

Llevar adelante este cambio de concepción, equivalente a pasar de un concepto *unitario* a otro *federal*, no fue ni es sencillo, pero ya ha adquirido dinámica propia y se desarrolla gracias a las ideas y las soluciones a problemas, compartidas entre los investigadores y profesionales de las distintas regiones del país.

Sin embargo, la red institucional, como es en la actualidad, deja fuera amplias regiones de nuestra geografía. Claramente, la concentración de personal y facilidades sigue la demografía y el desarrollo del país. El 90% de los recursos está concentrado en la zona central, donde a su vez, se concentra la riqueza y la población. Para llevar infraestructura para la ciencia y la tecnología a lugares, que, por razones político-estratégicas en algunos casos (Mesopotamia –hipótesis de conflictos con Brasil hasta 1985–), poblacionales (Patagonia), po-



breza y carencia de universidades consolidadas (Noreste y Noroeste), se está poniendo en marcha la creación de NIIDOS-T (Núcleos interdisciplinarios, interinstitucionales de Desarrollo Social y Tecnológico), que deberán convertirse en focos de desarrollo social, científico y tecnológico en las zonas periféricas del país. Los primeros estarían centrados en Comodoro Rivadavia, Esquel, Río Gallegos en el Sur y, Misiones, Santiago del Estero, Chaco, Catamarca, Jujuy y Entre Ríos en el Norte y Mesopotamia. Uno especial, flotante, sería un nuevo buque hidro-oceanográfico con capacidad polar, para la exploración del Mar Argentino

En estos lugares se instalarían laboratorios con equipamiento complejo para mediciones de precisión en los campos que las regiones lo requieran y donde el tema ambiental es omnipresente.

Una consideración especial debe darse en relación con las nuevas universidades del conurbano bonaerense: las nuevas universidades permiten la incorporación a la educación superior de amplias capas de la población que de otro modo no podrían incorporarse debido a las distancias hacia las universidades más tradicionales. El CONICET debe cooperar con estas universidades para la concreción de investigaciones que la sociedad local demande y que sean su preocupación. Un caso ejemplar es el de la Universidad Nacional de Avellaneda, donde las autoridades han hecho un estudio exhaustivo de las necesidades y demandas locales, teñidas por su proximidad a las refinerías de petróleo existentes en su proximidad y en las características sociales de la ciudad de Avellaneda. En este caso las autoridades universitarias y el CONICET están trabajando en la concreción de acuerdos específicos de cooperación. En síntesis, el CONICET se pone a disposición de las autoridades universitarias para servir a los fines de la universidad y, acelerar, en la medida de lo posible, el desarrollo de la ciudad y zona de influencia.

Los desafíos son muchos, pero el hecho de que el Gobierno Nacional haya propuesto desde 2003, como política de estado el desarrollo de la educación y de la ciencia, como motores de cambio y lo haya traducido en un incremento constante y sostenido en el presupuesto del organismo, nos obliga a redoblar los esfuerzos para devolver a la sociedad lo que la sociedad nos ha adelantado. La continuidad de esta política de estado nos permitirá incluir más y más personas en el mundo de la educación superior, tomada como servicio a la sociedad en general.



Derecho a la comunicación y derecho a un ambiente sano

ANALÍA ELIADES

Abogada y licenciada en Comunicación Social, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Especialista en Derechos Humanos y experta en Información Internacional, Universidad Complutense de Madrid. Docente e investigadora. Fue directora de Normativa Ambiental, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2008-2011). Asesora de la Autoridad Federal de Servicios de Comunicación Audiovisual (AFSCA).

*El mundo que respiro / es de nadie / es de todos / me ahoga o me libera /
me exige / me conmina / me agobia con noticias / con odios / con ternura.*

Mario Benedetti, EL MUNDO QUE RESPIRO (2000)

En todo momento, inexorablemente, como seres humanos en relación y como parte del cosmos vivimos creando relaciones e interactuando *con* y *en* el ambiente. Comunicación y ambiente se presentan como condiciones esenciales para el desarrollo de nuestras vidas y nuestros actos cotidianos. Sin embargo, la mayoría de las veces, no percibimos estas interrelaciones, las asumimos como “naturales” o bien las consideramos lejanas e incluso ajenas, como “el terremoto que asoló al Japón”.

Es indudable que estamos ante constantes desafíos ambientales: el cambio climático, los terremotos y sus efectos, la desertificación, la escasez del agua, la contaminación en todas sus variantes, la explotación irracional de los recursos naturales; el manejo, tratamiento y destino de los residuos, el alcance y definición de los estudios de impacto ambiental ante la realización de las obras públicas y de emprendimientos privados; entre tantos otros temas, se nos presentan como problemáticas que ocurren en “nuestro ambiente”, requieren un abordaje integral e interdisciplinario, y nos convocan a acciones individuales y colectivas que dimensionen a la vida y al ambiente en toda su complejidad, asumiendo que *Nada se mueve sin la complicidad del todo*.¹

“Asumir la ciudadanía terrestre es asumir nuestra comunidad de destino”, sostiene Edgar Morin, ya que “todos los humanos viven en el jardín común de la vida, habitan en la casa común de la humanidad” y por ende “todos están incluidos en la aventura común de la era planetaria [...] amenazados por la muerte nuclear y la muerte ecológica”.²

Esta visión del ser humano, de la comunicación y el ambiente, requiere una mirada integradora de los múltiples aspectos que conforman la vida (desde lo social, lo político, lo económico, lo cultural, lo jurídico, lo antropológico, lo psicológico, etcétera), con una perspectiva que reconozca que los derechos humanos constituyen un conjunto coherente, cuyo carácter indivisible debe ser protegido.³

¹ Ferretti, E., Gonzalez L. J., Useglio, P. (comp.) (2009). En *Comunicar el ambiente. Una nueva experiencia pedagógica*, (pp. 16-31). La Plata: Ediciones de Periodismo y Comunicación.

² Morin, E. y Kern, A. B. (1993). *Tierra-Patria*, (p. 213). Buenos Aires: Nueva Visión.

³ Bernard, A. (1994). “Una barrera contra la barbarie”. En *El Correo de la UNESCO. Derechos Humanos: Una larga marcha*, (pp. 15-17).



El principio de indivisibilidad de los derechos de la persona significa que los derechos conforman un todo, cuyos elementos son indisociables en su concepción y aplicación. Si bien solemos diferenciar a los derechos humanos según diversos perfiles y contenidos: el derecho a la salud, el derecho al trabajo, el derecho a la libertad de expresión, el derecho a una vivienda digna, el derecho a la educación, el derecho a un ambiente sano, el derecho a la libertad, los derechos civiles, políticos, sociales, económicos y culturales, etcétera; los sabemos, sentimos y vivimos cotidianamente en forma conjunta. Un ejemplo concreto de su carácter indisociable y cómo se amalgaman en los hechos: si estoy informado sobre la gestión de los residuos urbanos implementada en mi municipio, podré contribuir con la separación de residuos en mi casa e iré adquiriendo pautas para un consumo responsable, realizando tal tarea con mi familia y de esta manera contribuiremos a reducir la cantidad de residuos que se generan, siendo parte de la promoción de un adecuado tratamiento final y contribuyendo a la preservación de los recursos naturales.

Además del principio de la indivisibilidad de los derechos humanos, acuñado desde la aprobación, en 1948, de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, también destacamos el principio de universalidad, que implica a todos los sujetos, a todos y a todas, a cada uno y a cada una por nuestra condición de seres humanos, sin discriminación alguna.⁴

Quizá el desafío mayor, desde esta perspectiva de indivisibilidad y universalidad, tanto en su concepción como en su aplicación, reside en el establecimiento de un orden social e internacional en el que los derechos y libertades proclamados en los tratados internacionales de derechos humanos y en las constituciones nacionales se hagan plenamente efectivos.⁵ Y que procuremos acercar el “deber ser” como ideal, al “ser” cotidiano, al que comúnmente sentimos abismalmente lejano de la proclama normativa.⁶

⁴ Artículo 1° de la Convención Americana de Derechos Humanos. Según explican Salazar Ugarte y Gutiérrez Rivas, “la discriminación es una relación social en la que un grupo, con capacidad de ejercer alguna o varias variantes de dominio (económica, política, cultural), minusvalora o repele a otro grupo social, colocando a este último en una situación de desigualdad u opresión. Para hacerlo, se toma como punto de partida algún rasgo característico del grupo excluido, y con base a él se construyen estereotipos prejuiciados de inferioridad, inmoralidad o peligrosidad. Es en este sentido que la xenofobia, el racismo, la misoginia, la homofobia, el clasismo, pueden ser todas consideradas formas de discriminación, basadas respectivamente en el origen étnico, el color de piel, el género, las preferencias sexuales o la condición social”. Salazar Ugarte P. y Gutiérrez Rivas, R. (2008). “El derecho a la libertad de expresión frente al derecho a la no discriminación”, (p. 32). México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación.

⁵ Artículo 28° de la Declaración Universal de Derechos Humanos (1948).

⁶ “Pero, por supuesto, enseguida descubrimos que ese ideal, que esa ficción, que ese supuesto *deber ser*, no es en los hechos ni tan real, ni tan cierto, ni efectivo ni eficiente, ni eficaz como lo habíamos soñado. Que a ese Derecho adúlón que nos prometía tanto, se le da por desoír y desobedecer sistemáticamente del primero al último de los mandatos normativos”. Bastons, J. L. (dir.) (2008). “Las claves

Ahora bien, este marco de indivisibilidad y universalidad de los derechos humanos, nos permitirá abordar a la comunicación y al ambiente como derechos que se conjugan, y que requieren un estudio interdisciplinario y de prácticas integradoras y participativas.

COMUNICACIÓN Y DERECHO A LA COMUNICACIÓN

“Comunicar es poner en común, desatar procesos de encuentro con otras personas con las que podemos intercambiar miradas, palabras, gestos, sentimientos, ideas, pasiones...”⁷

En términos de Antonio Pasquali, la comunicación “es la relación comunitaria humana consistente en la emisión-recepción de mensajes entre interlocutores en estado de total reciprocidad, siendo por ello un factor esencial de convivencia y un elemento determinante de las formas que asume la sociabilidad del hombre”.⁸

Para Paulo Freire, la comunicación es diálogo: “lo que caracteriza a la comunicación es el diálogo, esa relación implica un acuerdo entre los sujetos en torno a los signos, en torno a aquella dupla de la dimensión del signo, significante-significado, mediatizado por el referente (objeto)”.⁹

Esta “puesta en común”, este “diálogo” implica superar la concepción conductista basada en el esquema de emisión-recepción y reducida a la comprensión de los discursos de los medios.

Tal como sostienen Ceraso e Inchaurredo, “las miradas que encontramos históricamente sobre la comunicación llevan implícita una forma de ver al mundo y se corresponden con una forma teórica de ver a la sociedad y sus relaciones. Estas miradas tienen profunda relación con el contexto político en el que surgieron y con las características de los procesos de comunicación que describen”.¹⁰

La comunicación es definida desde diversas disciplinas de muchas formas, en diferentes etapas históricas. La visión desde las ciencias jurídicas tampoco es ajena a estas concepciones. Por ello, tomando como dispa-

conceptuales del empleo público en Argentina”. En *Derecho Público para Administrativistas*, (pp. 289-290). La Plata: LEP, Librería Editora Platense.

⁷ AA.VV. (2002). *Sembrando mi tierra de futuro. Comunicación, planificación y gestión para el desarrollo local*, (p. 14). La Plata: Ediciones de la Unidad de Prácticas y Producción de Conocimientos, Facultad de Periodismo y Comunicación Social.

⁸ Pasquali, A. (1990). *Comprender la comunicación*, (pp. 43-52). Caracas: Monte Ávila Editores.

⁹ Freire, P. (1973). *¿Comunicación o extensión? La concientización en el medio rural*. Buenos Aires: Siglo XXI.

¹⁰ Ceraso, C. e Inchaurredo M., *op. cit.* (p. 23).



dor los pensamientos de los españoles Desantes Guanter¹¹ y Soria¹², quienes para abordar el estudio del devenir histórico de la libertad de expresión al derecho a la información, parten del interrogante: ¿a quién pertenece la información?, podemos proponernos trazar un correlato entre la concepción de las libertades y derechos y los modelos de comunicación.¹³

Libertad de y para la empresa: la concepción empresarista de la información

Así, con la matriz de pensamiento liberal acuñada a partir del triunfo de la Revolución Francesa, en 1789, plasmada en la Declaración de los derechos del hombre y del ciudadano, se consagra la libertad de pensamiento y de expresión¹⁴, la cual, en términos comunicacionales parecía estar centrada en la facultad del emisor. Nuestra Constitución Nacional (1853-1860) fue tributaria de tales ideales, y por ello encontramos que el artículo 14 de la Carta Magna establece el derecho de “publicar las ideas por la prensa sin censura previa”. Nótese el particular énfasis puesto en la emisión como también en los medios (que en aquellos tiempos aludían a la gráfica), que hoy comprenden, con una interpretación dinámica todos los medios de comunicación¹⁵ (radio, televisión, Internet y nuevas tecnologías).

¹¹ Desantes Guanter, J. M. (1987). “La cláusula de conciencia desde la perspectiva profesional”. *La cláusula de conciencia*, (pp. 120-124). Pamplona: Eunsa.

¹² Soria, C. *Más allá del capitalismo informativo*. Lección Inaugural del Curso 1987-1988 de la Facultad de Ciencias de la Información de la Universidad de Navarra.

¹³ Así, como Mario Kaplún, en su libro *El comunicador popular* describe los modelos de educación comparados con los modelos de comunicación que les corresponden. Kaplún, M. (1996). *El comunicador popular*, (p. 17). Buenos Aires: Lumen Humanitas.

¹⁴ Artículo XI. “Puesto que la libre comunicación de los pensamientos y opiniones es uno de los más valiosos derechos del hombre, todo ciudadano puede hablar, escribir y publicar libremente, excepto cuando tenga que responder del abuso de esta libertad en los casos determinados por la ley”.

¹⁵ En este sentido, la Corte Suprema de Justicia de la Nación ha dicho: “En consecuencia, cabe concluir que el sentido cabal de las garantías concernientes a la libertad de expresión contenidas en los arts. 14 y 32 de la Constitución Nacional ha de comprenderse más allá de la nuda literalidad de las palabras empleadas en esos textos, que responden a la circunstancia histórica en la que fueron sancionadas. El libre intercambio de ideas, concepciones y críticas no es bastante para alimentar el proceso democrático de toma de decisiones; ese intercambio y circulación debe ir acompañado de la información acerca de los hechos que afectan al conjunto social o a alguna de sus partes. La libertad de expresión contiene, por lo tanto, la de información, como ya lo estableció, aunque en forma más bien aislada, la jurisprudencia de este tribunal”. (Cons. 4º Voto Dres. Caballero y Belluscio) Corte Suprema de Justicia de la Nación en el caso Ponzetti de Balbín, Indalia c/Editorial Atlántida, S.A. En La Ley, (p. 120), 1985-B.

El desarrollo del capitalismo, y el postulado del abstencionismo total del Estado en materia de libertad de expresión, trastocará la esencia misma de este derecho:

La libertad de prensa será insensiblemente libertad para la prensa; a su vez, esta libertad para la prensa se entenderá reductivamente como libertad de constitución de empresas de prensa; y finalmente la libertad para la empresa únicamente querrá decir libertad para el empresario, es decir, para la persona que rige y controla la organización informativa.¹⁶

De esta manera, la información será considerada una mercancía más, y la “libertad de prensa” quedará sólo en manos del sujeto empresario, quien decidirá qué es noticia, según sus propios intereses.

En términos comunicacionales, la concepción empresarista de la información corresponde a un modelo que pone énfasis en los contenidos, postula un pensamiento único y hegemónico (el del emisor empresa). Sus características fundamentales consisten en un discurso unidireccional, que no soporta las diferencias, considerando a la opinión pública como receptora pasiva de la información; no da lugar a la participación; el saber-poder está en manos del emisor-empresario; “los informados son considerados además como clientes que consumen la información-mercancía.

Esta deformación de la “libertad de prensa” en “libertad para la empresa” si bien ha sido superado desde el punto de vista jurídico (tal como seguidamente veremos), no supone una superación en los hechos, pues el desarrollo de la libertad de expresión al derecho a la comunicación no es lineal, y de acuerdo a los contextos socio-políticos pueden cobrar vigencia.

En relación a la información ambiental, podemos encontrar numerosos ejemplos que se corresponden con esta perspectiva. Bástenos como ilustración, entre otros casos, dar cuenta del abordaje del tema de los efectos de la utilización de los agroquímicos, tema que los grandes medios de comunicación en Argentina no suelen tratar o minimizan, teniendo en cuenta la inversión en publicidad que las empresas de agroquímicos realizan en determinados medios, o si los tratan, hablarán de las “bondades” de las últimas fórmulas de los agroquímicos a fin de facilitar la venta de los productos, haciendo incluso una directa propaganda y promoción de los OGM (organismos modificados genéticamente).¹⁷ Sin embargo, el tema tiene tal trascendencia

¹⁶ Soria, C. *op. cit.*

¹⁷ Entre numerosos artículos y notas, especialmente de *Clarín*, y sobre todo de su suplemento *Clarín Rural*, promotor de las bondades de estos productos, nos remitimos a la nota editorial de dicho suplemento, con la firma de su director, Héctor Huergo, con el título “El

que por Decreto 21/2009¹⁸, el Poder Ejecutivo Nacional, creó una Comisión Nacional para la investigación, prevención, asistencia y tratamiento en casos de intoxicación o que afecten la salud de la población y el ambiente, con productos agroquímicos. Es un tema por cierto delicado, en el que se presentan diversos factores a considerar, pero la falta de información incluso sobre cuestiones básicas, como por caso, el uso adecuado de los envases que contuvieron agroquímicos (que en el campo la gente suele reutilizar, incluso con agua para beber) requiere de un continuo proceso de comunicación y educación ambiental.¹⁹

Otro caso que ilustra este modelo de interés empresarial mediático en temas ambientales, lo ilustra el tratamiento informativo que ha tenido el tema de la construcción de una represa, que abarcaría más de 77.000 hectáreas y llevaría a la eliminación de bosques nativos a lo largo de 137 kilómetros, bajo el embalse de 8.000 hectáreas que se formaría al represar el Arroyo Ayuí Grande, un importante curso de agua ubicado en el Departamento de Mercedes de la provincia de Corrientes, afluente del Río Miriñay, desde el punto de vista ambiental, emblemático por su altísima biodiversidad. Como en el emprendimiento participa un directivo del Grupo Clarín, José Aranda; el diario *Clarín*, y todos los medios vinculados al grupo defendieron a capa y espada todas las acciones y beneficios del negocio arrocero a realizar y acusaron de “persecución” al gobierno, cuestión que quedó desmentida por la Corte Suprema de Justicia de la Nación que en su resolución del 12 de diciembre de 2010 (en el autos Estado Nacional contra Provincia de Corrientes s/amparo) al resolver la suspensión de las obras hasta tanto se analizara debidamente su impacto ambiental.

Derecho a la comunicación: la concepción universalista de la comunicación como derecho humano

La conformación de los derechos humanos, a partir de la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948, tal como marcamos al inicio de estas líneas, marcó un antes y un después en la concepción de los

mundo, al rojo. Aquí, el Manual”, en el que ataca la presentación de un Manual de Educación Ambiental realizado por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y el Ministerio de Educación de la Nación. *Clarín Rural*, 11 de enero de 2003.

¹⁸ Decreto 21/2009 (B.O. 19-01-2009).

¹⁹ En este sentido se destaca el trabajo que en el ámbito de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación realiza la Unidad de Investigación y Desarrollo Ambiental (UnIDA) con el desarrollo de programas piloto sobre manejo de agroquímicos y sus envases. En dicho ámbito también se ha publicado en el 2007 el libro *La problemática de los agroquímicos y sus envases, su incidencia en la salud de los trabajadores, la población expuesta y el ambiente. Estudio colaborativo multicéntrico*. Buenos Aires: SAyDS, Organización Panamericana de la Salud –Ministerio de Salud– AAMA.

derechos fundamentales. Este primer sello fundacional, se continuó con una serie de tratados y convenciones internacionales que fueron dando nuevo cuerpo a los derechos de primera generación que tuvieron especialmente en cuenta al individuo. Posteriormente veremos el desarrollo de los derechos sociales, económicos y culturales que de la mano del constitucionalismo social tendrán una impronta fundamental en el campo de la comunicación, ya que superando la visión de la información como mercancía, proclamarán que la información constituye un bien social indispensable para la vida.

Durante el siglo xx esta nueva visión encontrará denominaciones más amplias, que ya no se centrarán en las facultades de expresión en sí mismas, sino que abarcarán otras facultades: buscar, recibir, investigar, difundir, acceder a la información. Así, en el ámbito de América Latina, se presenta con particular apertura la Convención Americana de Derechos Humanos o Pacto de San José de Costa Rica, cuyo artículo 13 al consagrar la libertad de pensamiento y de expresión, lo hará en términos de inclusión universal: tanto de los sujetos, como de los contenidos y de sus facultades.

Desde la visión comunicacional, la concepción del derecho universal a la comunicación, implica un modelo que pone énfasis en el proceso, destacando la importancia del proceso de transformación de las personas y de las comunidades; es inclusivo y propone la horizontalidad; respeta al otro y lo ve como un sujeto de conocimiento; estimula la creatividad y la autogestión; no hay una fuente del saber sino un entre-aprendizaje; hay diálogo de saberes. Es tal el entendimiento de la comunicación que incluso el Pacto de San José de Costa Rica consagra en su artículo 14 el derecho de rectificación o respuesta como derecho humano²⁰.

La Corte Interamericana de Derechos Humanos ha tenido oportunidad de explicar el alcance y la interpretación que requiere el artículo 13 de la Convención Americana en múltiples casos, pero vale destacar aquí el análisis que la norma tuvo en la Opinión Consultiva 5/85, pronunciamiento que sin duda se ha convertido en un faro luminoso para la interpretación del derecho a la información y a la comunicación, y el que ha sido tenido especialmente en cuenta en el espíritu y en la letra de la Ley N.º 26.522, Ley de Servicios de Comunicación Audiovisual en Argentina, norma que parte del reconocimiento de los medios audiovisuales como una

²⁰ El derecho de rectificación o respuesta, en términos comunicacionales, parte del reconocimiento de la comunicación como auténtico diálogo. Sin embargo, aún en la actualidad, el empresariado mediático argentino, y organizaciones como ADEPA (Asociación de Entidades Periodísticas Argentinas) sostienen que el mismo es inconstitucional, ya que, entre otras cuestiones, afecta el derecho a la propiedad de los medios, ya que estos deben destinar un espacio gratuito para la publicación de la réplica. En este sentido, se expresa Gregorio Badeni: “El derecho de réplica no solamente lesiona la capacidad de decisión de los conductores del medio de difusión, sino también su derecho de propiedad al poner a cargo de ellos el costo de una publicación realizada contra su voluntad”. Badeni, G. (1997). *Libertad de Prensa*, (p. 223). Buenos Aires: Abeledo-Perrot.

actividad central e integrante del derecho a la comunicación y por ende superan la visión de la Ley N.º 22.285, la norma de radiodifusión proveniente de la dictadura y vigente hasta junio de 2010 que concibiera a la radiodifusión como el ejercicio de una actividad netamente comercial (acorde a los postulados empresaristas antes vistos)²¹ y no como el ejercicio del derecho humano a la comunicación.

En la Opinión Consultiva 5/85²², la Corte Interamericana destaca que el derecho a la comunicación tiene dos dimensiones que se dan en forma simultánea e indivisible: la dimensión individual y la dimensión social o colectiva; es decir, se rescata no solamente el derecho a dar y recibir información de cada persona sino también la instancia de intercambio o de “puesta en común” para la realización de la comunicación. Además, es un derecho bifronte, que implica en todo momento tanto la posibilidad de dar información como recibirla, y por tanto, supera la visión clásica del emisor-receptor, rescatando el proceso de transformación de las personas y las comunidades.

Además, asistimos a otra concepción sobre el rol del Estado en materia de libertad de expresión. El artículo 13 de la Convención Americana de Derechos Humanos establece en su numeral 3: “No se puede restringir el derecho de expresión por vías o medios indirectos, tales como el abuso de controles oficiales o particulares de papel para periódicos, de frecuencias radioeléctricas, o de enseres y aparatos usados en la difusión de información o por cualesquiera otros medios encaminados a impedir la comunicación y la circulación de ideas y opiniones”.

En línea con dicha norma, el principio 12 de la Declaración de Principios sobre la Libertad de Expresión, aprobada por la OEA en el año 2000 en su 108º Período de sesiones establece: “Los monopolios u oligopolios en la propiedad y control de los medios de comunicación deben estar sujetos a leyes antimonopólicas por cuanto conspiran contra la democracia al restringir la pluralidad y diversidad que asegura el pleno ejercicio del derecho a la información de los ciudadanos. En ningún caso esas leyes deben ser exclusivas para los medios de comunicación. Las asignaciones de radio y televisión deben considerar criterios democráticos que garanticen una igualdad de oportunidades para todos los individuos en el acceso a los mismos”.

Desde esta perspectiva, Owen Fiss, profesor de la Yale Law School, sostiene que los debates del pasado asumían como premisa que el Estado era el enemigo natural de la libertad. Era el Estado el que estaba tratando de silenciar al individuo, y era al Estado a quien había que poner límites. Sin embargo, en la actualidad,

²¹ La construcción del poder mediático en Argentina y el fenómeno de la concentración es abordado en el libro de Belinche M., Viale, P., Castro, J. y Tovar, C. (ed.) (2003). *Medios, Política y Poder: La conformación de los multimedios en la Argentina de los 90*. La Plata: Ediciones de Periodismo y Comunicación.

²² Corte Interamericana de Derechos Humanos. Opinión Consultiva 5/85 del 13-11-1985. La Colegiación obligatoria de periodistas. Solicitada por el Gobierno de Costa Rica. Ver especialmente Considerando 29 y siguientes. En <www.cidh.org>.

explica, hay una serie de temas en los cuales el Estado es necesario para ser un amigo o más aún, garantizar las libertades. Una de ellas se refiere al impacto que las concentraciones privadas de poder tienen sobre la libertad de expresión y la necesidad del Estado para contrarrestar esas fuerzas. Así, el estado está obligado a actuar para promover el debate público cuando poderes de carácter no estatal ahogan la expresión de opiniones, y de este modo: “Habrá que asignar recursos públicos –repartir megáfonos– a aquellos cuyas voces de otra forma no serían oídas en la plaza pública”.²³

AMBIENTE, COMUNICACIÓN Y DERECHO A UN AMBIENTE SANO

La jerarquía constitucional de los tratados internacionales de derechos humanos, a través del artículo 75 inciso 22 de la Constitución Nacional, a partir de la Reforma de 1994, introdujo una nueva impronta en el derecho interno argentino, el que sin duda se ve reflejado en las normas posteriores y en la jurisprudencia que aplica los estándares internacionales e interamericanos en materia de derechos humanos. La interpretación amplia, protectoria y generosa del derecho a la información y a la comunicación, viene de la mano con la introducción del derecho a un ambiente sano; el derecho a la información ambiental y el derecho a la educación ambiental, consagrados en el artículo 41 de la Carta Magna, también con la reforma constitucional de 1994.

El artículo 41 de la Constitución establece que

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

Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales.

Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales.

Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos y de los radiactivos.

²³ Fiss, O. (1999). *La Ironía de la Libertad de Expresión*. Barcelona: Gedisa Editorial.

Sin duda, una de las novedades fundamentales del artículo 41 de la Constitución Nacional se refiere al dictado de normas de “presupuestos mínimos”. Si bien no es objeto de estas líneas su tratamiento pormenorizado, es pertinente aquí recordar que las leyes de presupuestos mínimos no son únicamente la consecuencia de la particular regla de concertación y procura del consenso entre la Nación y las provincias fijadas por el constituyente de la reforma, sino también la estructura jurídica a partir de la cual se construye una política de Estado en materia de protección del ambiente y del desarrollo sustentable. El Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) se ha pronunciado respecto a la interpretación de las normas de “presupuestos mínimos” mediante Resolución 92/2004²⁴.

En tal sentido, los lineamientos de la política ambiental nacional diseñada a partir de los acuerdos logrados por las Provincias y la Nación en el marco del federalismo concertado se plasmarán en normas que, más allá de las obligaciones y derechos que pudiesen crear para los ciudadanos o el propio sector público, constituyen un verdadero programa de gestión para el desarrollo sustentable.

²⁴ El Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) se ha pronunciado al respecto mediante Resolución 92/2004 del 17-09-2004, sosteniendo en su artículo 1º: “contenido de presupuesto mínimo”: Se entiende por presupuesto mínimo al umbral básico de protección ambiental que corresponde dictar a la Nación y que rige en forma uniforme en todo el territorio nacional como piso inderogable que garantiza a todo habitante una protección ambiental mínima más allá del sitio en que se encuentre. Incluye aquellos conceptos y principios rectores de protección ambiental y las normas técnicas que fijen valores que aseguren niveles mínimos de calidad. La regulación del aprovechamiento y uso de los recursos naturales, constituyen potestades reservadas por las provincias y por ello no delegadas a la Nación. En consecuencia el objeto de las leyes de presupuestos mínimos debe ser el de protección mínima ambiental del recurso y no el de su gestión, potestad privativa de las provincias. Caracterización de la norma que contiene presupuestos mínimos de protección: Delegación de potestad legislativa en materia ambiental. Sus Limitaciones: Es indudable que el artículo 41 de la CN contiene una expresa delegación de las Provincias a la Nación, de potestades legislativas de protección ambiental, imponiendo las siguientes limitaciones para tal cometido: a) que su contenido sea de garantía mínima; b) que sea de protección ambiental; y c) que no se alteren las jurisdicciones locales. 2) Son leyes dictadas por el Congreso de la Nación. El mandato del artículo 41 de la CN está otorgado a la “Nación” y consiste en el dictado de “normas”. De conformidad con las previsiones contenidas en el artículo 75, inc. 32, 76 y 99, 2º Párrafo del inc. 3º de la Constitución Nacional, debe entenderse que la referencia a Nación es al Congreso de la Nación, único Poder con facultades legislativas. En consecuencia el concepto *normas* corresponde al de *leyes*, que por su naturaleza son dictadas por el Congreso de la Nación. Contenido de *Protección Ambiental*: Toda interpretación que se haga debe tener carácter restrictivo lo que implica que su objetivo debe mantener una relación directa y concreta con la finalidad de protección ambiental sin desvirtuar las competencias reservadas a las provincias, vaciando de contenido a los arts. 122 y 124 CN. Normas complementarias: las leyes de presupuestos mínimos pueden ser reglamentadas por las provincias de conformidad a los mecanismos que sus ordenamientos normativos prevén, en caso que estas lo consideren necesario a los efectos de su aplicación efectiva. La Nación, por su parte, tiene la misma facultad en el marco de su jurisdicción y en el ámbito de las competencias constitucionalmente delegadas. De la propia naturaleza jurídica de las *reglamentaciones ejecutivas* deriva su función de otorgar operatividad a las partes de las leyes que de por sí no la tengan, careciendo de entidad suficiente para introducir modificaciones en las mismas, ya que un reglamento no puede ir más allá de lo previsto por el legislador. Debe entenderse que para el caso en que existan normativas provinciales o locales menos restrictivas que la ley de presupuestos mínimos, estas deberán adecuarse a la Ley Nacional. Respecto de las normas locales vigentes y preexistentes a las leyes de presupuestos mínimos de protección ambiental, aquellas mantienen su vigencia en la medida que no se opongan y sean más exigentes que estas.

Las leyes de presupuestos mínimos vienen a conformar los cimientos jurídicos sobre los cuales se construye la política ambiental, definiendo las áreas prioritarias para la gestión pública y los instrumentos para lograr los objetivos definidos por la política ambiental. Eso al menos es lo que pareciera haber inspirado a quienes idearon y concibieron la reforma constitucional de 1994, al incorporar el “derecho al ambiente”, con la regla específica de concertación entre jurisdicciones, a partir de la facultad de la Nación de fijar los presupuestos mínimos.²⁵

El actual elenco de leyes de presupuestos mínimos de protección ambiental está dado por las siguientes normas:

1. Ley N.º 25.675 (B.O. 28-11-2002). Ley General del Ambiente. Política Ambiental Nacional. Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Principios de la política ambiental. Presupuesto mínimo. Competencia judicial. Instrumentos de política y gestión. Ordenamiento ambiental. Evaluación de impacto ambiental. Educación e información. Participación ciudadana. Seguro ambiental y fondo de restauración. Sistema Federal Ambiental. Ratificación de acuerdos federales. Autogestión. Daño ambiental. Fondo de Compensación Ambiental.

2. Ley N.º 25.612 (B.O. 29/07/2002)²⁶. Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios generados en todo el territorio nacional y derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.

3. Ley N.º 25.670²⁷ (B.O. 19-11-2002). Gestión y Eliminación de PCBs. Establece los Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la gestión de los PCBs, en todo el territorio de la Nación. Registro.

4. Ley N.º 25.688 (B.O. 3-01-2003). Régimen de Gestión Ambiental de Aguas. Establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional. Utilización de las aguas.

5. Ley N.º 25.831 (B.O. 7-01-2004). Régimen de Libre Acceso a la Información Pública Ambiental. Creación. Objeto. Acceso a la información. Sujetos obligados. Procedimiento. Centralización y difusión.

²⁵ Conf. Walsh, Juan Rodrigo “La ley 25.916 sobre gestión de residuos domiciliarios: una pieza nueva en el tablero de los presupuestos mínimos de protección ambiental”, *La Ley*, LXIV-E, 2004, p. 6565.

²⁶ Decreto Nacional N.º 1343/02. *Promulgación Parcial 25-07-2002*. Observase parcialmente el proyecto de Ley N.º 25.612 derogando el capítulo III De la Responsabilidad Penal.

²⁷ Decreto Nacional N.º 853/2007 (B.O. 06-07-2000). Reglamentación de la Ley N.º 25.670 de Gestión y Eliminación de PCBs. Autoridad de aplicación.



Denegación de la información. Plazo para la resolución de las solicitudes de información ambiental;

6. Ley N.º 25.916 (B.O. 7-09-2004). Gestión Integral de Residuos Domiciliarios. Establece presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Generación y Disposición inicial. Recolección y Transporte. Tratamiento, transferencia y disposición final. Coordinación interjurisdiccional.

7. Ley N.º 26.331²⁸ (B.O. 26-12-2007). Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos.

8. Ley N.º 26.562 (B.O. 16-12-2009). Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para control de actividades de quema en todo el territorio nacional.

9. Ley N.º 26.639 (B.O. 28-10-2010). Régimen de Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial.

Presentadas las nueve normas que en la actualidad integran la familia de leyes de presupuestos mínimos ambientales, cabe preguntarse sobre la “comunicabilidad” de estas normas, atendiendo con ello no solamente la cuestión de su publicación en el Boletín Oficial, su difusión, o la cobertura periodística de sus debates parlamentarios, sino los problemas, las cuestiones, los debates, las prácticas, los obstáculos, e interpretaciones que las mismas traen ya en su discusión y luego en el terreno de su aplicación, de su puesta en práctica, y de su vigencia en los hechos, en la realidad.

Este análisis requiere un abordaje que por cierto excede el contenido de las presentes líneas, pero al menos se presenta el interrogante como un disparador que permite reflexionar sobre los contextos jurídico-comunicacionales y ambientales de este particular tipo de normas. Ya sabemos que la existencia y la imposición normativa no alcanzan si la misma no es acompañada de cambios culturales, de prácticas concretas, de internalización comunitaria.

Sin duda, en el concierto de leyes de presupuestos mínimos, el acceso a la información ambiental ocupa un eje central, presente tanto en la Ley N.º 25.675, General del Ambiente, como en la específica que ha desarrollado el tema, la Ley N.º 25.831. Ahora bien, la existencia de estas leyes no garantizan *per se* comunicar el ambiente, es decir, reconocemos que son instrumentos fundamentales a la hora de pretender acceder a la

²⁸Decreto Reglamentario N.º 91/2009 (B.O. 16-02-2009). Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Aprueba la Reglamentación de la Ley N.º 26.331.

información ambiental, pero requiere de prácticas educativas y culturales que permitan su puesta en marcha, tanto para quienes ejercen el derecho a solicitar información ambiental como para quienes están obligados a suministrarla.

Tal como sostiene Néstor Cafferatta, la participación pública y el acceso a la información resultan imprescindibles para avanzar en la senda del desarrollo sostenible, el medio ambiente es cuestión de todos. En ese orden de ideas, el acceso por parte de los ciudadanos a la información ambiental es un pilar esencial en el establecimiento de sistemas adecuados de participación pública, y por lo tanto, un instrumento básico en la consecución de una política ambiental efectiva.²⁹

Las cuestiones ambientales requieren de instancias comunicacionales múltiples. El derecho de acceso a la información ambiental es una de sus herramientas fundamentales, pero lejos de agotarse en ella, el ambiente requiere de otros ámbitos de participación, educación y comunicación.

Así, auspiamos que colectiva y participativamente se contribuya en la elaboración de una norma de educación ambiental que contemple la mirada comunicacional poniendo énfasis en el proceso de transformación de las personas y las comunidades y que a su vez piense en la planificación comunicacional como herramienta de organización y transformación de la calidad de vida.³⁰

En este sentido además, la redacción y elaboración de normas ambientales también requieren de ámbitos de comunicación y elaboración participativa y crítica, que contemple los distintos aspectos puestos en debate y la atención de los sectores más vulnerables de la sociedad.

La comunicación ambiental requiere de espacios de encuentros y de expresión, donde las distintas voces puedan ser escuchadas. Esto implica también un cambio de actitud y de concepción de las prácticas gubernamentales y de las políticas públicas en materia ambiental. Como resultado de la falta de espacio real en la institucionalidad democrática para las voces ciudadanas, los movimientos sociales de base se ven, frecuentemente, empujados a privilegiar estrategias confrontativas. Basta ver la forma en que se han manejado los conflictos con comunidades indígenas que se oponían a la prospección petrolera en sus tierras en Ecuador, o el Movimiento de los Sin Tierra en Brasil o el conflicto entre el pueblo mapuche y las empresas forestales en el sur de Chile, por mencionar solo unos pocos, para saber que es necesario desarrollar mecanismos democráticos

²⁹ Cafferatta, N. A. Ley N.º 25.675 General del Ambiente. Comentada, interpretada y concordada. La Ley. DJ 2002-3, 1133-Antecedentes Parlamentarios 2003-A, 673.

³⁰ Ceraso, Inchaurredo. *op. cit.* (p. 28).

de participación en el que todos y todas puedan ser escuchados.³¹

También es necesaria la formación y capacitación continua de quienes ejercen el periodismo ambiental³², o realizan la cobertura periodística de temas ambientales, como así también, por parte de las empresas informativas, que informe sobre las cuestiones ambientales sobre la base de la investigación y cubriendo las diversas aristas que conforman el tema en tratamiento, con diversidad y cotejo de fuentes, con responsabilidad social y profesionalismo, con honestidad, sin que se confunda con los intereses en juego, ni con la militancia ambientalista.³³

CAMINOS POSIBLES

La comunicación y el ambiente, como derechos humanos y como ámbitos de realización se requieren y necesitan mutuamente, son derechos indivisibles, individuales y sociales o colectivos simultáneamente y su abordaje interdisciplinario es aún reciente, y como tal sigue reclamando de saberes, de prácticas y de acciones compartidas.

El apotegma “pensar global, actual local”, en cuanto a su aplicación, requiere de una adecuada relación entre los macro problemas que acucian al ambiente y sus particularidades que se determinan en el nivel local, afectando a todos y cada uno de los habitantes. Pero lo “global” del mundo no puede desatender el interés nacional, pese a que los planteos globalizantes piensan más en las necesidades a futuro de los centros de poder mundial que en una concreta mejora de las condiciones de vida de quienes comparten territorialmente el mismo espacio vital.

Si bien debemos ser prudentes en nuestras conductas por la incidencia en el todo, la resolución de los grandes temas no puede ignorar las necesidades y problemas de las pequeñas realidades que engloban no solo personas, sino también otros seres vivos, de cuyas existencias somos independientes y con los que a su vez se da una relación recíproca de interdependencia.³⁴

³¹ Castro Salinas, V. (2003). “El desafío de la participación de la sociedad civil en la aplicación de la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación (CLD)”. En Mérega, J. L. (comp.). *Desertificación y sociedad civil*, (p. 49). Buenos Aires: Fundación del Sur.

³² Se estima necesario resaltar aquí, la apuesta de la Facultad de Periodismo y Comunicación Social de la Universidad Nacional de La Plata, que desde el año 2007 ha creado e implementado la Especialización en Comunicación y Medio Ambiente. Ver <www.perio.unlp.edu.ar>.

³³ Ferretti, E. (2009). “Periodismo, Comunicación y Ambiente”. En Ferretti, E., Gonzalez, L. J., Useglio, P. (comp.). *Comunicar el ambiente. Una nueva experiencia pedagógica*, (pp. 16-31). La Plata: Ediciones de Periodismo y Comunicación.

³⁴ Bibiloni, H. M. (2008). *Ambiente y Política. Una visión integradora para gestiones viables*, (p. 36). Buenos Aires: Ediciones RAP.

En este escenario, tal como remarca Anabel Manasanch, la Universidad ocupa un rol central.

hay un gran movimiento, una profusión de actores y experiencias: lo que falta es unirlos en una política de gestión educativa-ambiental que canalice todo ese potencial.

Para que eso suceda, todavía hay un largo camino por delante: la Universidad debe aprender a desarrollar *nuevas habilidades* para estar a la altura de los problemas que estos tiempos le imponen. Debe ser capaz de combinar la predisposición con una capacidad real de gestionar el ambiente. En ese desafío, la comunicación, la educación, la planificación estratégica y la gestión aparecen como piezas clave e inescindibles.³⁵

La necesaria intervención interjurisdiccional en las temáticas ambientales nos convocan, como sostiene el Dr. Homero Bibiloni³⁶, hacia una actitud de *sincronía pública*, que consiste en alinear en la solución de los conflictos ambientales a la Nación, la provincia y a los municipios, como referentes administrativos traccionadores de competencias y recursos en orden a resolver las multiformes expresiones de los conflictos ambientales.

Por ende, lograr la sincronía pública o en otros términos, superar las particularidades de estancamiento administrativo de los diversos niveles del Estado, es una de las claves en la concepción de una política pública ambiental integral que considere las necesarias contribuciones interjurisdiccionales en pos del auténtico logro de un desarrollo sustentable y de atención al interés general. Este es sin dudas, uno de los grandes desafíos de una gestión pública comprometida con su entorno e inescindible de la comunidad de la que forma parte.

En este marco también, quienes comunican el ambiente, tanto desde los medios de comunicación, como desde las diversas instituciones públicas y no gubernamentales que trabajan sobre los temas ambientales, necesitan una visión que vaya más allá del acontecimiento propio de la noticia para la construcción solidaria y la promoción de procesos comunicacionales comprometidos con el ambiente.

El posible camino a recorrer, con las luces y sombras que indefectiblemente nos presenta, requieren del entendimiento de nuestro destino común, con un enfoque interdisciplinar, con solidaridad de saberes, en el que la Universidad está llamada a ocupar un lugar central.

³⁵ Manasanch, A. (2011). "Educación Ambiental y Universidad. Aportes hacia una institución sustentable", (p. 126). Trabajo Integrador Final. Especialización en Comunicación y Medio Ambiente. Facultad de Periodismo y Comunicación Social. Universidad Nacional de La Plata. Inédito.

³⁶ Bibiloni, H. M., *op. cit.* (p. 384).



Compromiso de todos: Estado, universidad, sociedad civil, individuos, grupos, organizaciones... en fin, de todos y todas, de cada uno y cada una.

Porque cuando hablamos de las “generaciones futuras” tenemos que entender que no es un cliché. Las generaciones futuras tienen nombres y apellidos. Nombres de hijos, nietos, sobrinos...

Porque el mundo que respiro es de nadie / es de todos.



Eduip
Editorial
de la Universidad
de La Plata

Fotografía: Claudio Lanús

Revista de la Universidad

Desafíos para la energía eléctrica

PATRICIA LILIANA ARNERA

Ingeniera Electricista, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Prosecretaria de Vinculación y Transferencia, UNLP. Directora del Instituto de Investigaciones Tecnológicas para Redes y Equipos Eléctricos, Laboratorio de Alta Tensión (IITREE-LAT), Instituto de Investigación y Desarrollo, Facultad de Ingeniería (FI), UNLP. Consejera directiva, FI, UNLP. Profesora en el Área Sistemas de Suministro de Energía Eléctrica en materias de las carreras de Ingeniería Electricista e Ingeniería Electromecánica. Profesora de cursos de posgrado para las carreras de maestrías y doctorado, FI, UNLP. Miembro de la Academia de Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires (desde 2004). Miembro de la Academia Nacional de Ingeniería (desde 2009). Fue prosecretaria de Políticas en Ciencia y Técnica (2004-2007), UNLP.

En los próximos años se vislumbran importantes cambios en el sector eléctrico, en vistas a las nuevas características de consumo y generación, originadas por restricciones a la utilización de hidrocarburos, ya sea por falta de disponibilidad de este recurso como por restricciones vinculadas a los efectos asociados al cambio climático.

Frente a la sensibilización del público sobre el medio ambiente y las restricciones a la posibilidad de utilización de hidrocarburos como fuentes primarias de energía, se están planteando nuevos desafíos y factores de cambio para el sector eléctrico, desde modificaciones en el tipo y características del consumo, como de la disponibilidad de fuentes de generación y los valores de los módulos que se presenten. Así es que pequeños módulos de generación podrán estar incorporados en las redes de media o baja tensión, haciendo que se modifique drásticamente la actual estructura del sistema.

Respecto a la demanda, se prevé que los cambios en los tipos y características del consumo, hará que los usuarios desempeñen un rol protagónico planteando lo que se considera como “gestión de la demanda.

Para estas nuevas exigencias, se han propuesto líneas estratégicas a desarrollar como son: análisis de los futuros sistemas eléctricos; mejor uso de los sistemas de potencia existentes; contemplar el medio ambiente y sustentabilidad; mejorar la comunicación para el público y los responsables de decisiones.

LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Las fuentes de energía primaria, permiten ser utilizadas directamente, para generar calor, vapor, iluminación y/o producir energía mecánica, como tales citamos a los combustibles fósiles, la energía nuclear, contemplando también las energías renovables como hidráulica, solar, eólica, mareomotriz, etcétera. Las fuentes secundarias de energía, en general no se encuentran en la naturaleza y se obtienen a partir de fuentes primarias, actúan de intermediarias transportando la energía al punto de consumo o bien sirven para almacenar energías primarias. Actualmente podemos considerar como energías secundarias, a la electricidad y el hidrógeno.

Resulta significativo destacar que no se puede realizar un uso directo de la energía eléctrica, sino que la misma es un vector que permite el transporte y distribución de energía, con el objeto de satisfacer los requerimientos de los usuarios en la oportunidad y cantidad que estos la requieran, permitiendo ser nuevamente transformada en otras formas de energía (luz, calor, mecánica, etcétera).

Partiendo de dichos conceptos, los objetivos que se deben considerar en el suministro de energía eléctrica son: a) debe estar disponible en forma permanente y absoluta, para cada usuario en la cantidad requerida, esta disponibilidad debe ser permanente y absoluta; b) el suministro debe cumplir normas de calidad, las cuales se evalúan a través de las magnitudes físicas que deben ser prácticamente constantes (tensión, frecuencia, forma de onda sin perturbaciones, etcétera) y c) fundamentalmente el suministro debe realizarse de manera económica y eficiente, respetando el medio natural y social.



Los objetivos enunciados anteriormente, se sintetizan con las siguientes características: a) confiabilidad, b) calidad y c) economía, palabras vigentes en todas las actividades de la ingeniería.

Si analizamos la forma en que se han desarrollado los sistemas eléctricos, veríamos que su estructura es bastante jerárquica, encontrándose conformada por generación, transporte y distribución.

La generación está constituida por centrales de tipo hidráulica, nuclear, térmica donde las principales fuentes son los hidrocarburos, o bien energías no convencionales como son los recursos eólico, solar, biomasa, etcétera.

El sistema de transporte y distribución está constituido principalmente por líneas, cables, estaciones transformadoras, en diversos niveles de tensión, elementos de control, sistemas de compensación, etcétera. Finalmente se encuentra el usuario quien utilizará la energía eléctrica transformándola en otra forma de energía.

El principal uso que se le da a este tipo de energía es a instancias de la tecnología como uno de sus pilares fundamentales, teniendo para el ser humano, salvo en aplicaciones muy complejas y singulares, una utilidad directa. Las variaciones en el consumo de electricidad se las relaciona en forma directa a las fluctuaciones en el crecimiento de la población y principalmente a los índices de producción del país.

CARACTERÍSTICAS DE GENERACIÓN Y CONSUMO EN ARGENTINA

El sistema de transmisión de energía eléctrica en alta tensión de Argentina, posee un diseño similar al del sistema de transporte ferroviario, prevaleciendo una estructura principalmente radial que confluye al área de Gran Buenos Aires, desde regiones distantes del país (NOA, Comahue, NEA, Cuyo, Patagonia, etcétera).

Los datos suministrados por la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA¹), indican que considerando diciembre de 2010, el consumo anual de energía ha sido 110775 GWh, teniendo una potencia instalada de 28665 MW. El consumo de las áreas de Gran Buenos Aires, Litoral y Provincia de Buenos Aires (GBA-LIT-BAS), representan el 64% del consumo del total del país, mientras que en las mismas se encuentra instalado el 44% del total del parque generador, lo cual demuestra que estas áreas son deficitarias en el abastecimiento propio requiriendo para ello el aporte de energía desde otras áreas. Por otra parte, la región que se presenta principalmente como exportadora es el COMAHUE, que posee un 21% de la potencia instalada, mientras que su consumo es del 4% de la energía total.

La distribución de generación y demanda en regiones geográficas, demuestra una alta concentración de demanda en el área de Gran Buenos Aires y el Litoral, haciendo que el sistema de transporte resulte limitado en la posibilidad de garantizar el suministro con los niveles de calidad, confiabilidad y optimización de recursos como se espera de los sistemas eléctricos.

¹ CAMMESA (2011). *Datos relevantes del Mercado Eléctrico Mayorista*. Consultado el 27 de abril de 2011 en <portalweb.cammesa.com/memnet1/Pages/descargas.aspx>.

Por otra parte, en los últimos años se ha incrementado la generación del tipo térmica convencional, con dependencia de los hidrocarburos. En el año 2006 se interconecta el sistema patagónico al resto del sistema argentino. En dicho año la potencia instalada era de 24350 MW, constituida por 41% hidráulico, 4% nuclear y 55% térmico convencional (19% turbo vapor, 9% turbo gas y 27% ciclos combinados). En el año 2010, la potencia instalada es 28665 MW, constituida por 37% hidráulico, 4% nuclear y 59% térmico convencional (16% turbo vapor, 12% turbo gas, 29% ciclos combinados y 2% unidades diesel).

A fin de realizar una comparación de la evolución del consumo y la oferta de generación, se consideran los datos de potencia máxima consumida y potencia instalada para los años 2006 y 2010, correspondiendo 16718 MW y 20843 MW como valores de potencia máxima consumida, mientras que las potencias instaladas fueron 24350 MW y 28665 MW, respectivamente. Para dichos valores se determinan las tasas medias de crecimiento anual, lo cual implica para el período de cuatro años que la tasa de crecimiento anual de la potencia consumida ha sido de 5,66%, mientras que para el mismo período la potencia instalada se ha incrementado con una tasa anual del 4%, evidenciando un retraso en el seguimiento del crecimiento que ha tenido la demanda.

Con el mero objetivo de visualizar lo que estamos diciendo, planteamos un sencillo ejercicio de considerar al mediano plazo, que la tasa media de crecimiento de la demanda es del 5% y se plantea determinar la generación necesaria a futuro, contemplando que la relación entre potencia instalada y máxima potencia consumida, mantenga la misma relación que la existente en el año 2010.

Bajo dichas premisas, en el año 2015 sería necesario incorporar generación del orden de 7900 MW, mientras que para el año 2020, el incremento de generación debería ser del orden de 18000 MW. Se debe destacar que resultan muy importantes los módulos de generación a instalar en pocos años. Por otra parte no se ha considerado que parte del parque generador actual pueda ser retirado del servicio por obsoleto, lo cual implicaría mayor generación a incorporar.

Los módulos de generación que se requieren a futuro implican un serio desafío para evaluar el tipo de generación que se debe instalar, contemplando que la mayor área deficitaria es principalmente la del Gran Buenos Aires, la cual se encuentra alejada geográficamente de posibles recursos energéticos existentes en el país.

Sin embargo, sobre otro elemento en el que se puede trabajar para que resulten más razonables los emprendimientos a ejecutar, es operar sobre la propia demanda.

A lo largo del día, el consumo resulta variable, de acuerdo a las características propias del tipo de carga que se posea. En el caso de consumos residenciales la variación entre la demanda de la madrugada que constituye un valle y la demanda máxima del día, que ocurre en horarios vespertinos, puede ser en una relación de 1 a 2. En demandas del tipo industrial las variaciones no resultan tan importantes.

De considerar un esquema de carga medio, se encontrarían diferencias horarias en el consumo, reconociendo en la curva de demanda un valle y una punta bien diferenciados.

Si se pretende tratar de controlar la tasa de crecimiento de la demanda, se debería actuar contemplando el ahorro de energía, así como la optimización de equipos y procesos, de manera de hacerlos más eficientes, esto permitiría la disminución total de la curva de demanda.

Otra forma de actuar sobre la curva de demanda es desplazar consumos del horario de la punta hacia el valle, lo cual se logra con una discriminación tarifaria horaria, que penalice los consumos en el pico de carga. Esta debe ser reconocida y aceptada por los usuarios, debiendo ser significativa para ellos de modo que modifiquen sus hábitos de consumo. En este caso no se modifica la energía consumida, sino que se disminuye el valor máximo de la potencia demandada.

A su vez se puede disminuir la relación valle/punta, realizando consumos específicamente en los horarios de valle. Esto ocurre actualmente con las centrales del tipo de bombeo, en las cuales en este horario se transforman en demanda para luego generar en el horario de punta. En estos horarios es en los cuales deberían conectarse las futuras tecnologías de almacenamiento, o bien los vehículos eléctricos.

Finalmente otra acción a contemplar es la reducción de la punta, contemplando cargas interrumpibles e implementando lo que se considera como gestión automática de carga.

DESARROLLO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN EN ALTA TENSIÓN

El sistema de transmisión en alta tensión, ha funcionado en forma radial durante casi cuarenta años, si bien se encuentran en construcción nuevas líneas en 500 kV que tienden a formar una malla (líneas Comahue-Cuyo y NOA-NEA), la red que se conforma es débil.

El desarrollo de la infraestructura de nuestra red ha sufrido serios retrasos, lo cual ha llevado a que el sistema de transporte se encuentre muy exigido ya que existen corredores saturados. Se han presentado problemas para mantener el nivel de tensión en valores admisibles, además de la falta de capacidad de transformación en varias regiones. Bajo estas circunstancias, la operación de la red se torna compleja. Se requiere realizar adaptaciones a la misma, para lo cual se ha recurrido al uso de automatismos, que permiten la conexión/desconexión de equipos de compensación de reactivo o bien el corte de generación y/o de demanda.

La implementación de automatismos permite ampliar la transmisión con inversiones menores, pero la complejidad que estos introducen en la operación hace que disminuya la confiabilidad del sistema e incrementa la potencia cortada ante falla en los equipos existentes. Bajo dichas condiciones se objeta fuertemente el nivel de confiabilidad con el que opera el sistema.

Para revertir la situación planteada se requiere la incorporación de obras de ampliación del sistema para transformarlo con la robustez que el mismo amerita. Las obras a realizar implican la construcción de líneas e incorporación de nuevos transformadores.

Para los niveles de transmisión que se están analizando, considerando la existencia de fuentes de energía primaria que deberán abastecer demandas lejanas en forma puntual, deberán incorporarse otras tecnologías en lo que se refiere a la generación de energía eléctrica, a la transmisión de la misma y al control del crecimiento de la demanda de energía.

Por otra parte, las últimas centrales que se han incorporado a la red dependen de la disponibilidad de combustibles fósiles, mientras que los futuros proyectos de generación contemplando recursos renovables se encuentran muy distantes de la demanda, lo cual introduce un gran desafío al sistema de transmisión, debiendo evaluarse la incorporación de vínculos en corriente continua, los cuales a su vez introducen ciertos beneficios para las condiciones de control en los sistemas eléctricos.

Una importante discusión deberá plantearse, a fin de comenzar a considerar en el mediano y largo plazo la incorporación de grandes aprovechamientos hidráulicos e incrementar la generación nuclear. Por otro lado resulta una incógnita importante evaluar si la demanda continuará con las actuales características.

FACTORES DE CAMBIO PARA EL SECTOR

Debido a su facilidad de uso y bajo impacto del medio ambiente, en el punto de uso final, el consumo eléctrico está creciendo constantemente.

Este crecimiento se produce a nivel mundial con características que dependen de la región y del desarrollo de la sociedad a la cual se abastece, por lo cual se observa un crecimiento con diferentes ritmos.

Por un lado se debe prestar especial atención a que, en numerosos países, aún hay dos millones de personas que no tienen acceso a la electricidad, esto requiere acciones inmediatas para lo cual resulta necesaria la adopción de respuestas técnicas específicas, como por ejemplo la utilización de generación distribuida del tipo fotovoltaica, biomasa o bien pequeños aerogeneradores.

Por otra parte, en otros países en desarrollo con altos estándares de confort, se observa la utilización de la electricidad en nuevas aplicaciones, o bien el reemplazo de otras formas de energía por electricidad, resultando en un consumo cada vez mayor. Se vislumbran en los hogares nuevos consumos ya sean por nuevos electrodomésticos, como por la inserción del transporte eléctrico (conexión de vehículos eléctricos para su carga), con gran tendencia a la incorporación de otros servicios basados en tecnología de la información.²

Resultarán más exigentes los requerimientos del suministro, exigiendo mayores estándares en calidad, confiabilidad y economía.

Es un hecho indiscutible que con estos nuevos usuarios, veremos un significativo desarrollo y cambio en el consumo de electricidad, evidenciando estas modificaciones en el volumen, en la naturaleza y en el espacio físico que debe ser abastecido.

Como contrapartida a este crecimiento de la demanda, un problema que resulta importante es la aceptación pública de la infraestructura que requiere el sistema eléctrico, especialmente para las nuevas obras. La escasez de espacio disponible para nuevas infraestructuras en lugares de alta concentración de población, los problemas de ocupación e impacto visual que generan estas obras, la preocupación de la población por el hi-

² Ungar, E. y Fell, K. (2010). "Plug In, Turn On, and Load Up". *IEEE Power & Energy Magazine*, (pp. 30-35), 8(2).

potético efecto de campos magnéticos en la salud, la existencia de perturbaciones eléctricas, ruido, etcétera, generalmente originan en la población el rechazo y oposición a la realización de nuevas obras, las que resultan fundamentales para poder brindar el servicio eléctrico.

Se vislumbra para el mediano y largo plazo que la electricidad es la forma preferida de energía para abastecer los requisitos de la sociedad moderna.

Sin embargo, los principales puntos adversos que se han planteado para este tipo de insumo es la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles, a los que se asocia un impacto importante sobre el calentamiento global por la emisión de carbono y, al mismo tiempo, el rechazo al desarrollo de la infraestructura de transmisión, distribución y generación (particularmente las centrales nuevas que no contemplan fuentes primarias renovables). En consecuencia, los retos para el sector son sustanciales.

Con el fin de satisfacer las demandas de los consumidores, se debe contemplar todo tipo de recurso para la generación de energía eléctrica, en particular las fuentes de energía renovables, como por ejemplo, la energía solar y eólica, las que tendrán que estar totalmente desplegadas e integradas en la alimentación del sistema. Por otra parte, este tipo de energía se caracteriza por la falta de flexibilidad para su despacho y ante la intermitencia del recurso primario, surge la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías para prever el almacenamiento de energía.

La eficiencia energética tendrá que ser mejorada en cada nivel, lo que implica reformas en la generación, transmisión, distribución y consumo de electricidad. Se han incorporado nuevas y estrictas normas ambientales que rigen de manera significativa el desarrollo futuro del sistema.

Otros aspectos son el desarrollo del mercado energético considerando las transacciones de venta al por mayor y al por menor, requiriendo la compatibilización de normativa entre países, considerando aspectos técnicos, económicos, regulatorios y ambientales, a fin de optimizar recursos e intercambios regionales.

En consecuencia, el sistema de energía eléctrica del futuro será diferente.

Líneas estratégicas

CIGRÉ “Conseil International des Grands Réseaux Électriques” es una sociedad internacional permanente no gubernamental creada en 1921, sin fines de lucro, con sede central en París, reconocida mundialmente como una organización líder en sistemas eléctricos de potencia, que cubre aspectos técnicos, económicos, de medio ambiente, de organización y regulatorios.

CIGRÉ tiene comités nacionales que la representan en 57 países, y posee 16 comités de estudios (CE) en los que participan especialistas afines a la temática que se evalúan en cada uno de ellos. Su objetivo es el desarrollo y difusión del conocimiento técnico en las áreas de generación y transmisión de energía eléctrica en alta tensión y en algunos aspectos de distribución, que hacen al funcionamiento del sistema. Trata todos los temas de principal interés en el campo de electricidad, como por ejemplo, organización de empresas de servicios públicos, desarrollo y adecuación de redes, optimización de mantenimiento, expectativa de vida útil de equipamiento, impacto en el medio ambiente, etcétera.

Ante los nuevos cambios que se avizoran en el sector eléctrico, CIGRÉ ha definido cuatro líneas estratégicas a desarrollar para el período 2010-2020, las cuales se encuentran íntimamente vinculadas entre sí.³ Ellas son:

- a) los sistemas de energía eléctrica del futuro.
- b) Mejor uso de los sistemas de potencia existentes.
- c) Enfoque sobre el medio ambiente y sustentabilidad.
- d) Comunicación para el público y los responsables de decisiones.

Desarrollaremos estas líneas estratégicas:

a) *Los sistemas de energía eléctrica del futuro*

Considerando los escenarios, visiones y tendencias presentadas por los diversos órganos científicos y técnicos sobre el tema de los sistemas eléctricos en el futuro, básicamente se pueden señalar dos áreas clave para el desarrollo de las redes:

- Los sitios donde se ubican fuentes renovables de generación de energía a granel, como la eólica y la solar o bien recursos hidráulicos de gran porte, suelen encontrarse muy alejados de las ubicaciones de los centros de carga. En nuestro país los recursos hidráulicos (Comahue-cuenca del río Limay, Yacyretá-río Paraná, Salto Grande-río Uruguay, sur patagónico, etcétera) y eólicos (patagonia) se encuentran a miles de kilómetros del centro de carga de Gran Buenos Aires. Con el fin de aprovechar estos recursos “verdes”, es decir, no perder esa energía renovable, se requiere el transporte de energía a granel a grandes distancias (ya sea por tierra, o bien submarino), pudiendo ser estos vínculos en corriente alterna o bien corriente continua. En todos los casos la variabilidad temporal y estacional del recurso, es un factor significativo, exigiendo fuertes interconexiones entre los sistemas para que se operen en forma segura.

- Por otra parte, los actuales sistemas de energía eléctrica no se encuentran bien equipados para enfrentar al creciente número de pequeños generadores que se vinculan a la red. Con el uso creciente de estos recursos distribuidos, la interacción entre la carga y el sistema de suministro se hace cada vez más complejo. Será necesario en un futuro a mediano y largo plazo nuevas arquitecturas para el sistema: sistemas inteligentes en media y baja tensión (microrredes, celdas de combustible); sistemas de almacenamiento de energía de acción rápida; garantizar el acceso a la electricidad a toda la población; ampliación del uso de sensores con capacidad de cómputo, medición y control.

b) *Mejor uso de los sistemas de potencia existentes*

³Fröhlich, K. (2010). “Technical activities strategic Directions 2010-2020”. *ELECTRA*, (pp. 6-12), 249.

Paralelamente a los nuevos desarrollos de la red y sus dinámicos cambios, se debe considerar al sistema actual, contemplando la gestión y uso eficiente de los activos; extensión de la vida del equipamiento crítico, asociado ello a metodologías de mantenimiento y monitoreo; optimizar el desempeño de la red, mejorando la estabilidad del sistema y su recuperación; mejor aprovechamiento de los actuales derechos de paso en los electroductos existentes, mediante el uso de nuevos conductores, aumento de la tensión o vínculos en corriente continua.

c) Enfoque sobre el medio ambiente y sustentabilidad

Al referirnos a eficiencia no solo se contemplan los dispositivos de uso final que consumen energía, sino también se considera la eficiencia general del sistema eléctrico.

Deben ser estudiados el rendimiento y las pérdidas inherentes a los diferentes principios de transmisión (por ejemplo, corriente alterna/continua/híbrido) y en los distintos equipos y elementos que constituyen el sistema eléctrico.

La interrupción del suministro eléctrico ante condiciones extremas del clima o bien ante desastres naturales, agrava los problemas de prestación de servicios esenciales. Por lo tanto se imponen nuevas consideraciones de diseño para la infraestructura, debiendo ser más robusta, menos vulnerable y con posibilidad de adaptación ante estas situaciones.

Las normativas nacionales, las nuevas normas y el grado de estandarización entre los distintos países directamente o indirectamente influyen en el desarrollo de la red eléctrica. Bajo la influencia del medio ambiente, consideraciones técnicas y/o los aspectos económicos pueden no tomarse plenamente en cuenta en las decisiones políticas.

Cuando el sistema es controlado y operado por sofisticadas herramientas de tecnología de la información, mayor es su complejidad y vulnerabilidad a influencias externas, tales como sabotaje. La seguridad cibernética es por tanto otro de los temas a garantizar.

d) Comunicación para el público y los responsables de decisiones

Con la creciente conciencia del público sobre temas ambientales y económicos relacionados con los sistemas eléctricos, la posibilidad de malos entendidos entre los servicios públicos y los grupos ecologistas, es cada vez mayor.

En general está disminuyendo la aceptación del público a nuevas instalaciones en zonas densamente pobladas. Un buen ejemplo es la no aceptación de una mayor utilización de los electroductos existentes, y el rechazo a la creación de nuevos, en particular en lo que respecta a las líneas aéreas. En muchos casos las soluciones tecnológicas existen, aunque ello signifique aumentar los costos.

Sin embargo, los problemas subyacentes de los debates sobre los sistemas de alimentación por lo general, no están adecuadamente respaldados por hechos científicos-técnicos que posean un objetivo nivel de análisis.

Resulta imprescindible disponer de información técnico-científica imparcial, que resulte comprensible para información del público y los políticos responsables de las tomas de decisión.

Evolución de los sistemas eléctricos

Analizando el desarrollo de los sistemas eléctricos durante el siglo xx y lo que se vislumbra del siglo xxi, se observan cambios estructurales en varias áreas.⁴

En los aspectos tecnológicos se destaca el cambio de estructura de la red, dejando de ser un sistema jerárquico para transformarse en un sistema complejo. Las protecciones que eran electromecánicas son digitales. Los pocos sensores que se utilizaban para la operación y el control se han ampliado en cantidad y prestaciones que brindan, permitiendo el auto-monitoreo, autorrecuperación, adaptación con posibilidad de conformación de islas ante contingencias en el sistema, el control generalizado y el seguimiento en forma remota.

Además de estos significativos cambios tecnológicos, lo que genera el mayor impacto en los nuevos sistemas eléctricos es el tipo de relación que tendrá el usuario con el sistema.

Mientras que en el siglo pasado los usuarios eran únicos, no participaban en el sistema, se encontraban en un mercado que les resultaba restringido, la evaluación de la calidad del servicio eléctrico se realizaba por resultados (ex post), la respuesta a las posibles contingencias era orientado a la recuperación del servicio “post-falla”, pudiendo ser el sistema vulnerable al terrorismo o bien a desastres naturales. En las futuras redes inteligentes los usuarios estarán involucrados con el sistema, contarán con mayor información e intervendrán activamente en las tomas de decisiones. Existirán mercados integrados con nuevos mercados para los usuarios; si bien la calidad del suministro eléctrico resulta prioritaria y con mayores estándares, habrá diversos niveles de calidad asociados a los correspondientes niveles tarifarios, lo cual permitirá que el usuario opte por el nivel de calidad que desee en el servicio. La medición generalizada de parámetros en la red estará orientada a la prevención y minimización del impacto en los usuarios, fortaleciendo el nivel de seguridad resultando resistente a ataques y desastres naturales. El sistema eléctrico se caracterizará por el automatismo en la detección e inmediata respuesta a los problemas.

Por otra parte y como lo hemos señalado precedentemente, existirán nuevos tipos de demandas, las cuales serán abastecidas en forma automática dependiendo de las prioridades que defina el usuario. Esto implica equipamiento que cuente con posibilidades de comunicación a un controlador centralizado que actúe en forma inteligente. El usuario define el consumo dependiendo de la tarifa.

⁴ Santacana, E., Rackliffe, G., Tang, L. y Feng, X. (2010). “Getting Smart”. *IEEE Power & Energy Magazine*, (pp.41-48), 8(2) y Horowitz, S., Phadke, A. y Renz, B. (2010). “The Future of Power Transmisión”. *IEEE Power & Energy Magazine*, (pp. 34-40), 8(2).

Este controlador corresponde a los nuevos tipos de medidores que se tendrán a nivel domiciliario, los que actuarán dependiendo de la información propia del usuario y la que reciba desde la red de suministro. De esta manera, los electrodomésticos con inteligencia incorporada podrán reducir su demanda ante señales externas que indiquen que la red eléctrica está sobrecargada, o bien se activan cuando los índices de energía están más bajos.

Estas posibilidades de conexión/desconexión permitirán reducir exigencias extremas a la infraestructura de la red eléctrica incrementando drásticamente su seguridad.⁵

Accionar directamente sobre la demanda permite lograr el mayor impacto en la reducción de las pérdidas del sistema. Para ello resulta imprescindible la interacción entre compañías eléctricas y de comunicaciones, requiriendo la estandarización y certificación de los dispositivos inteligentes de energía y las interfaces de comunicaciones, para permitir el control del uso de la energía.

Respecto a la evolución de la generación de electricidad, uno de los aspectos más importantes de los sistemas basados en energías renovables es la correlación temporal entre demanda y generación, porque cambian los conceptos básicos de los sistemas de generación convencionales. La clave para aprovechar estos recursos es la adaptación de la demanda al suministro (control de demanda) y no al contrario.

Indudablemente lo que hemos señalado en la evolución de los sistemas eléctricos requiere el acercamiento integrado o convergente entre los sistemas eléctricos y de comunicaciones.

Un nuevo desafío es combinar los sistemas de energía eléctrica y comunicaciones en un entorno unificado de control y gestión para la utilización eficiente y efectiva de los recursos.

Las compañías eléctricas, que ya tienen desplegadas redes de fibra óptica, están buscando nuevas formas de utilizar toda su capacidad. También se pueden utilizar como infraestructura para el despliegue de fibras las redes de distribución de gas, de agua o las carreteras.

Por lo tanto aquí es donde está la clave, el cambio de paradigma del sistema energético apoyado en el cambio de paradigma que ya se ha producido en el sistema de comunicaciones.

Respecto al objetivo de optimizar los recursos naturales y sociales se ha observado en las últimas décadas que han sido priorizados en manera diversa los factores denominados AEI (Ambiente, Economía e Ingeniería).

En los países que requieren aún desarrollarse, el orden de prelación es que la Ingeniería precede a los temas de Economía y finalmente queda el Ambiente. En los países industrializados antecede a todos la Economía para luego contemplar el Ambiente y concluir con Ingeniería. Los órdenes citados anteriormente no resultan compatibles con la responsabilidad a futuro, para lo cual se deberá priorizar Ambiente, por encima de la Economía concluyendo con la Ingeniería.

⁵ Lui, J., Stirling, W. y Marcy, H. (2010). "Get Smart". *IEEE Power & Energy Magazine*, (pp. 66-78), 8(3).

DESAFÍOS PLANTEADOS

Los cambios que hemos señalado para el sistema eléctrico se orientan fundamentalmente a: reducir los costos mejorando los negocios y la eficiencia en la operación; mejorar e incrementar los objetivos de confiabilidad/seguridad/calidad; minimizar posibles impactos adversos al ambiente; migrar hacia sistemas “inteligentes”.

Planteados en forma resumida estos desafíos, los mismos requieren: el desarrollo de un amplio rango de nuevas tecnologías; la creación de nuevos equipamientos, contemplando la exploración e incorporación de nuevos materiales.

Para concretar estos desafíos, se requieren fuerzas de trabajo altamente informadas, capacitadas y con poder de decisión, por lo tanto la formación de recursos humanos se transforma en un tema estratégico.

A pesar de ello, es un problema generalizado el no contar en la población activa con la suficiente oferta técnica que permita satisfacer los requerimientos impuestos por el sector. En este sentido se deben evaluar distintos aspectos: por un lado el déficit de egresados en carreras de ingeniería, contemplando en ello cuestiones “vocacionales” y de abandono de estudios y por otra parte la rápida obsolescencia de algunos conocimientos de aplicación, que experimentan quienes ya se encuentran en el sector productivo.

Esta situación planteada en forma general para las distintas ramas de la ingeniería, resultan aún más críticas en el área de Ingeniería Eléctrica, la cual se enfrenta a una gran merma en el capital humano vinculado a esta carrera. Por un lado la falta de nuevos profesionales basado esto principalmente en la falta de reconocimiento social que posee la carrera y a su vez en preconceptos de los jóvenes que consideran a la temática de la carrera como antigua, con limitadas oportunidades para innovar o bajo desarrollo de empleo. Por otra parte, además de los rápidos cambios tecnológicos que requieren una constante formación de los profesionales activos, se suma en un futuro cercano el retiro de un importante porcentaje de quienes hoy se encuentran en actividad.

Indudablemente, la manera de revertir esta situación es invirtiendo en educación y ciencia, investigación y desarrollo y fundamentalmente en el apoyo al desarrollo de los jóvenes.

No se concibe desvincular el desarrollo socioeconómico y cultural de un país de sus avances en ciencia y tecnología, o de su aplicación para resolver sus problemas más importantes.

Las transformaciones que la economía mundial ha sufrido en las últimas décadas han hecho que el éxito, y aún la viabilidad, de las naciones, dependan fundamentalmente de la calidad del conocimiento puesto en juego en sus procesos productivos.

ELECTRICIDAD Y COMUNICACIONES

Hemos señalado la fuerte vinculación que se tendrá entre los sistemas eléctricos y las comunicaciones, por lo tanto podríamos plantear una hipotética evaluación del desarrollo que han tenido ambos sistemas.



Supongamos que Thomas Alva Edison y Alexander Graham Bell fueran transportados de alguna manera al siglo XXI, y se les presentaran sus respectivas invenciones, lo que encontraría cada uno de ellos resultaría muy distinto.⁶

Por una parte, los sistemas eléctricos se han desarrollado en forma similar a la planteada por Edison, con generadores y conductores para la transmisión de energía para abastecer la demanda. Sin embargo las comunicaciones han sufrido fuertes modificaciones, ya no resultan necesarias las líneas telefónicas, reconozcamos que tenemos comunicaciones interoceánicas en forma inalámbrica, con transmisiones de texto, imágenes y datos en general.

Por lo tanto es de esperar que para Bell, le resultaría muy dificultoso reconocer su invención y seguramente estaría deslumbrado con la tecnología desarrollada en los últimos años. A su vez Edison estaría familiarizado con el actual sistema eléctrico, ya que le resultaría muy similar a su creación.

Aunque este experimento mental dice mucho respecto a las apariencias de lo que ha sido el impacto de estos sistemas en la sociedad moderna, debemos señalar que al celebrar el comienzo del siglo XXI, la Academia Nacional de Ingeniería de USA, pretendió identificar los más importantes logros de la ingeniería del siglo XX.⁷

La academia ha compilado una lista de veinte estimables logros que han afectado a casi todos en el mundo desarrollado, evaluando el impacto que han tenido en mejorar el estándar de vida de la población en general.

Ante estos criterios de evaluación, se podría considerar que tanto el teléfono, como las computadoras o el uso de internet, han sido emblemáticos en la sociedad moderna, habiendo modificado además de las características de ejecución del trabajo, los hábitos de comunicación (correos electrónicos, chat, redes sociales, etcétera). Sin embargo en el listado de los veinte logros del siglo XX, el teléfono figura 9º, las computadoras 8º, mientras que internet figura en el 13º lugar.

Si estos desarrollos tuvieron esas posiciones en el listado, resulta significativo el que ocupa el primer lugar, habiéndose considerado que el mayor logro de la ingeniería en el siglo XX, ha sido la electrificación.

Esta elección no resulta sorprendente, basta con tratar de imaginar alguna actividad en la sociedad moderna, en la cual no se encuentre involucrada la utilización de la energía eléctrica. Sin ella no sería posible la vida moderna, en la forma en la que actualmente la concebimos.

Finalmente, los veinte mayores logros de la ingeniería en el siglo XX han sido:

1. la electrificación, 2. el automóvil, 3. el avión, 4. el abastecimiento y la distribución de agua, 5. la electrónica, 6. la radio y la televisión, 7. la mecanización agrícola, 8. las computadoras, 9. el teléfono, 10. el aire acondicionado y la refrigeración, 11. las carreteras, 12. la astronave, 13. la Internet, 14. las imágenes, 15. los electrodomésticos, 16. las tecnologías de salud, 17. las tecnologías de petróleo y petroquímica, 18. el láser y la fibra óptica, 19. las tecnologías nucleares y 20. los materiales de alto rendimiento,

⁶ Department of Energy U.S. *The SMART GRID: an introduction*. Consultado el 26 de abril de 2010 en <www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia>.

⁷ National Academy of Engineering (2011). "Greatest Engineering Achievements of the 20th Century". Consultado el 26 de abril de 2011 en <www.greatachievements.org>.

REFLEXIONES FINALES

La ingeniería eléctrica se ha convertido en una de las mayores industrias existentes. El sistema eléctrico es la mayor máquina que haya construido el hombre, ya que su extensión ocupa países y continentes. Esta máquina debe funcionar con altos estándares de calidad y confiabilidad, durante las 24 hs del día, los 365 días del año, y ante cualquier inconveniente o falla en su funcionamiento queda inmediatamente en evidencia ante terceros.

Resulta oportuno recordar la definición de “sistema” como *conjunto estructurado de elementos concebibles en forma independiente, que tienen un objetivo en común el cual no pueden lograr en forma individual*. El objetivo de los sistemas eléctricos de potencia es abastecer la demanda en la cantidad que la misma es requerida, con altos estándares de calidad y confiabilidad, optimizando los recursos naturales y sociales.

Indudablemente, durante el siglo xx, la ingeniería eléctrica ha hecho un excelente trabajo en satisfacer las necesidades energéticas, convirtiéndose en una necesidad básica en la sociedad moderna. Es uno de los principales pilares de nuestra civilización, junto con alimentos, agua, salud y educación, brinda una contribución sustancial al desarrollo social y económico de la humanidad.

Con humildes comienzos en la década de 1880, con incertidumbre respecto a lo que significaba su aparición y sobre todo su desarrollo, ha sido considerada el mayor logro de la ingeniería en el siglo xx.

Por lo tanto, el nuevo y gran desafío que se presenta para la energía eléctrica, en el siglo xxi, es *superarse a sí misma*.



Las costas: variabilidad, procesos naturales y acción humana

ENRIQUE JORGE SCHNACK

Doctor en Ciencias Naturales, Orientación Geología y especialista en Geología de Costas y del Cuaternario, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesor en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata y en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), UNLP. Responsable argentino por la UNLP del proyecto de la Unión Europea sobre el “Análisis comparativo a escala continental de la vulnerabilidad costera” y presidente de la Asociación Argentina de Cuaternario y Geomorfología (2009-2012). Investigador Honorario de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la provincia de Buenos Aires. Fue becario del Consejo Británico, Universidad de Reading (Reino Unido, 1968-1969) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad de Stanford (Estados Unidos, 1969-1971). Director fundador del Centro de Geología de Costas y del Cuaternario de Mar del Plata. Trabajó en el Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT); en el Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (convenio entre la CIC y la Universidad Nacional de Mar del Plata) y en el Laboratorio de Oceanografía Costera, FCNyM, UNLP. Profesor visitante distinguido por la P. S. Warren Society, Universidad de Alberta (Canadá, 1988); investigador visitante en el Climate Institute del Lamont-Doherty Earth Observatory, Universidad de Columbia (Estados Unidos, 1989) y conferencista invitado en ámbitos académicos del país y del exterior. Autor de numerosas publicaciones y contribuciones en revistas nacionales e internacionales, y en acciones de transferencia al sector público relacionadas con los procesos y el manejo de áreas litorales.

Los sistemas costeros representan uno de los ambientes más frágiles y cambiantes de todos los sistemas de la superficie terrestre. Representan la interfase entre los continentes y los océanos o mares.

La definición de la costa puede ser distinta, en función del punto de vista con que se la tipifica. Si nos atenemos a los procesos actuales, los límites espaciales de la zona costera pueden definirse como aquellos en donde los procesos continentales y marinos son mutuamente influyentes. En una escala geológica, la costa adquiere un sentido más amplio, ya que puede abarcar los ámbitos generados por las grandes oscilaciones del nivel del mar, las más comunes generadas por los cambios en la excentricidad de la órbita terrestre (“Ciclos de Milankovitch”), con una frecuencia de 94.000 años. Estas oscilaciones fueron mayores a los 100 metros verticales durante el período Cuaternario (últimos 2,6 millones de años), por lo que las plataformas continentales pueden ser consideradas como zonas costeras, al haber sido expuestas a varios ciclos de ascenso y descenso del nivel del mar (glaciaciones-deglaciaciones).

En las costas actuales o en su *hinterland* reside un 60% de la población mundial. Desde el punto de vista geomorfológico, las costas están representadas por sistemas arenosos (duna-playa), frentes de acantilados, estuarios, deltas y llanuras intermareales, entre otras formas de distintas escalas. Mientras que las playas son el ámbito por excelencia de recreación humana, otros ambientes constituyen ámbitos de cría y reproducción de especies de valor carismático y comercial o centros urbanos, industriales y portuarios.

La ocupación humana de las zonas costeras y, en particular, aquellas de interés turístico y recreativo, ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos 150 años. La expansión más notable de actividades y el incremento de su intensidad, asociados al desarrollo del turismo masivo, tuvieron su manifestación después de la II Guerra Mundial, debido a las nuevas condiciones económicas y a la distribución de los beneficios en diferentes niveles sociales, incluyendo la mayor disponibilidad general de tiempo libre.¹ Esta expansión, que se produjo principalmente en el continente europeo y en las Américas, tuvo su manifestación en la Argentina, en lo que se denominó “turismo social”, que posibilitó el acceso a los beneficios del turismo a las clases medias y bajas.

Como consecuencia de este desarrollo se generaron múltiples necesidades de infraestructura y servicios, y las localidades costeras, con pocas excepciones, se fueron conformando sin una adecuada organización o planificación, en el marco de lo que actualmente denominamos “gestión integrada de la zona costera”.²

Existe una abundante experiencia mundial en materia de costas arenosas, similares a las existentes en el litoral bonaerense. Gran parte de ellas sufren procesos erosivos, usualmente asociados a la acción humana, aunque en algunos casos se manifiestan procesos de acumulación. El sistema costero de este tipo funciona en términos de “balance de sedimentos”, es decir, de ganancias y pérdidas. Cuando estas están compensadas, la playa mantiene su conformación, pero cuando se produce una disminución de las fuentes de alimentación la costa sufre erosión (Figura 1). Por ejemplo, cuando las dunas son afectadas por la urbanización, extracción, nivelado y actividades recreativas, el límite con la playa sufre procesos erosivos por déficit de arenas y las playas se exponen a la acción destructiva de las ondas de tormenta. El sistema duna-playa es, entonces, un espacio frágil que requiere medidas de control y conservación.

¹ Nordstrom, K. F. (2000). *Beaches and Dunes of Developed Coasts*. Cambridge: Cambridge University Press.

² Masselink, G. y Hughes, M. G. (2003). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. London: Arnold.

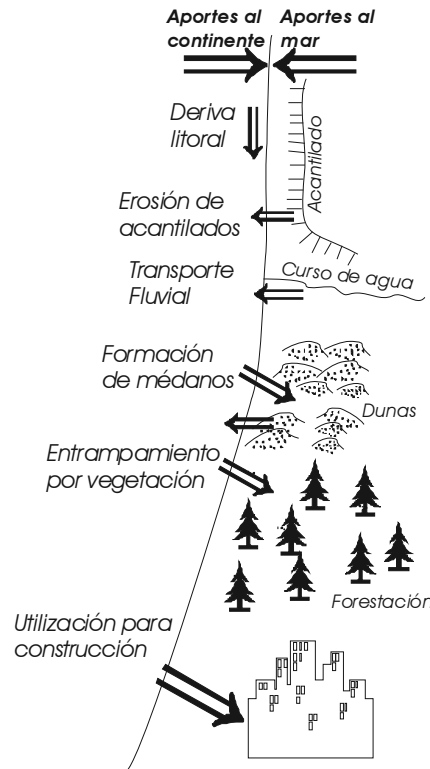


Figura 1. Representación esquemática del balance de sedimentos (ganancias y pérdidas) en un sistema litoral

El análisis de la variabilidad del litoral y de las tendencias de erosión-acreción es fundamental no solo para el conocimiento científico, sino también para la ingeniería y el manejo de la zona costera. Es, además, de gran relevancia desde el punto de vista legal, aspecto en el cual se define el concepto y la aplicación de la “línea de ribera” (intersección de la superficie acuática y terrestre).

LOS AGENTES FORZANTES

Sobre los diferentes ambientes y, por ende, sobre las diferentes geoformas y tipos de sustrato, la constante acción del oleaje (originado por el viento) y de las corrientes litorales, asociadas a la permanente influencia de las mareas, causan la conformación de diferentes morfologías, acrecentándose estos efectos por las tormentas,

las que incrementan el nivel de las mareas (por encima o por debajo de los niveles astronómicos predecibles, que se observan en las Tablas de Marea) y la energía del oleaje, aumentando sustancialmente el poder erosivo, manifestándose este tanto en el retroceso de la línea de costa como en la modificación del perfil de la playa. En este sentido, uno de los cambios en el corto plazo y más marcado se da por los efectos de las tormentas, volviendo en la mayoría de los casos en el mediano plazo y por la acción de los procesos normales a las condiciones previas.

Puede decirse que las modificaciones más notables en la costa se deben a fenómenos que llamamos “episódicos” (ondas de tormenta, tsunamis, ENSO) y que causan efectos destructivos, a veces permanentes o crónicos (retroceso de la línea de costa) sobre sistemas debilitados por la intervención humana o por la repetición de los procesos extremos.

Ondas de tormenta

Las ondas de tormenta consisten en una elevación y apilamiento de las aguas sobre el nivel normal (astronómico) resultante de la tensión del viento y la reducción de la presión atmosférica. Sus consecuencias sobre los sistemas costeros pueden ser más severas cuando se manifiestan en las pleamares. Consisten en elevaciones (o depresiones) anómalas con respecto al nivel establecido por las variables astronómicas, que son predecibles. Según su frecuencia e intensidad, suelen provocar severos daños en los sistemas costeros, tanto en el medio natural como en las propiedades e instalaciones.

Las ondas de tormenta son, fundamentalmente de dos tipos. Las *tropicales* se generan en las latitudes bajas, aproximadamente entre los 5° y 25°, mientras que las *extratropicales* se producen a mayores latitudes, entre 25° y 60°. Las primeras son comunes en el Océano Índico, en la costa sudeste de EE.UU. y en el Caribe. Generalmente son de pequeña extensión, con fuertes gradientes de presión que, en el caso de los huracanes, pueden alcanzar velocidades superiores a los 240 km/h. Se denominan huracanes en el Atlántico norte, Pacífico nororiental y occidental; ciclones en el Mar de Arabia, la Bahía de Bengala y el Océano Índico sudoccidental, baguios en las Filipinas y willy-willies en Australia.

Las *extratropicales* son típicas del Mar del Norte, la costa noreste de EE.UU. y Canadá, y en el Océano Atlántico sudoccidental. En la Argentina estas ondas de tormenta se conocen genéricamente como “sudestadas”, que producen inundación en zonas deprimidas (Figura 2).





Figura 2. Sudestada del 21 de marzo de 2001. Ondas de tormenta sobre el muro costero y el camino en Punta Lara, Provincia de Buenos Aires (El Día, La Plata)

Las ondas de tormenta que afectan a la costa (positivas) conllevan un incremento en el nivel del agua y un adicional aporte energético de las olas y producen erosión en las costas arenosas, alterando el perfil de la playa y el balance de sedimentos. Bajo condición naturales, se presenta un “perfil de calma” y otro “de tormenta”, es decir que el sistema tiende a recuperarse. (Figuras 1 y 3). En regiones en las que estas situaciones corresponden a variables estacionales, estos perfiles se definen como “de verano” y “de invierno”.

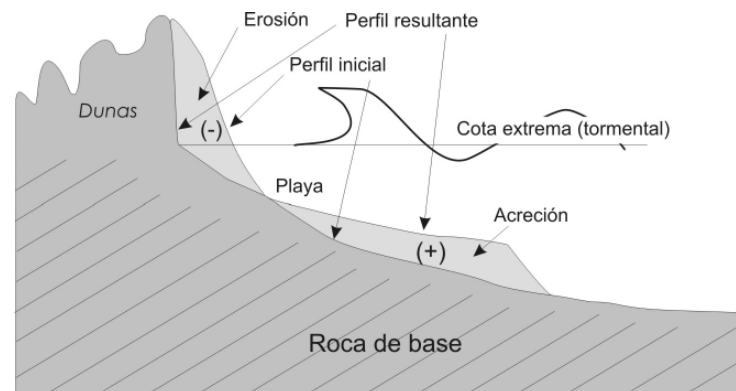


Figura 3. Perfiles idealizados de la playa pre-“calma” y post-tormenta.

Estas tormentas, que se generan a centenas o miles de kilómetros en el Atlántico sudoccidental, suelen generar procesos erosivos y destrucción a lo largo de extensos sectores del litoral argentino, llegando sus efectos hasta el sur de Brasil. Algunos ejemplos de la Argentina se ilustran en las Figuras 4, 5 y 6.



Figura 4. Efectos de la sudestada de fines de diciembre de 2003 sobre el frente costero de Villa Gesell (Buenos Aires)

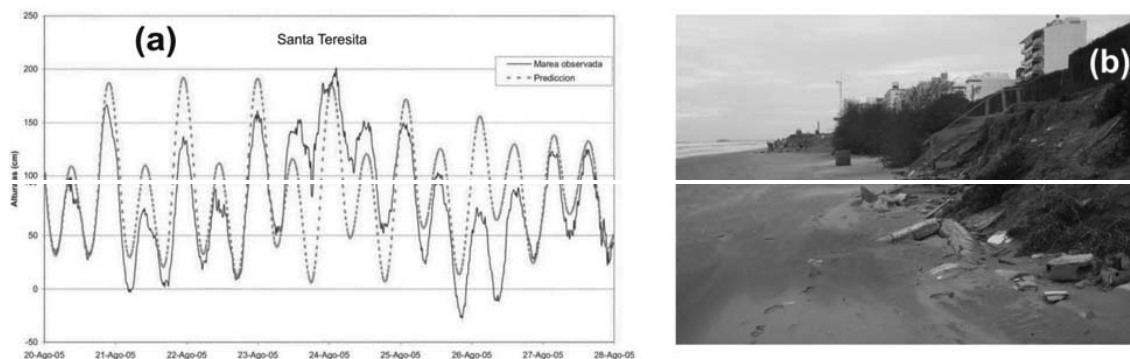


Figura 5. La onda de tormenta de fines de agosto de 2005. (a) Gráfico de niveles del mar observados y predichos; (b) impacto en la playa de Santa Teresita

En las últimas décadas se ha producido un incremento en la frecuencia e intensidad de las ondas de tormenta que afectan la costa argentina y sus efectos parecen ser mayores porque van acompañadas por el incremento del nivel del mar (v.2.4). Los fenómenos erosivos son comunes en todas las regiones del mundo. En la Argentina se manifiestan principalmente en las localidades balnearias del litoral bonaerense, donde se conjuga la acción de las olas asociadas a tormentas con la ocupación e intervención humanas, generando sistemas debilitados y conduciendo a una erosión crónica.



Figura 6. Destrucción del frente medanoso costero en el norte de Las Toninas (Buenos Aires). Se pueden observar los pilotes que habían sido emplazados para contener un relleno de arena con propósitos de defensa ante la erosión

Durante el período 22 y 23 de julio de 2009 se produjo una particular situación tormentosa generada en el Atlántico Sur, provocando efectos erosivos a lo largo de vastos sectores de la costa argentina, por lo menos desde Playa Unión (Chubut) hasta Mar del Plata. Un ejemplo de tales efectos puede observarse en la Figura 7.



Figura 7. Sector del Balneario Las Grutas (Río Negro) mostrando el efecto de una tormenta severa de extensión regional (26 de julio, izquierda) y la recuperación de la playa tres meses después (20 de octubre de 2009, derecha)

Tsunamis

Si bien los tsunamis no son precisamente relacionados con los procesos de cambio climático, tienen importantes efectos en las zonas costeras. El término “tsunami” es una transliteración de una palabra japonesa que significa “ola de puerto”. La mayoría se origina por desplazamientos del fondo oceánico causados por fenómenos sísmicos; otros son generados por deslizamientos submarinos o por erupciones volcánicas. También pueden producirse por desprendimiento de glaciares y por los extremadamente raros impactos de asteroides o meteoritos en el océano.

Cuando un tsunami se genera por un sismo en una zona de subducción puede alcanzar la costa más cercana en pocos minutos.

Como las ondas de los tsunamis viajan largas distancias, y se propagan radialmente, sus efectos pueden sentirse en áreas costeras distantes dentro de la cuenca (e.g. el Pacífico), o pueden propagarse a través de los océanos (tsunamis “transoceánicos”).

La llegada de una onda de tsunami es usualmente precedida por un marcado retiro de las aguas costeras luego de una elevación suave, apenas perceptible del agua. Esta subida es la primera onda de un tren de tsunami mientras que el retiro es la depresión entre el primer y el segundo tren de olas. El número de olas de un tren de tsunami es variable y sus picos están generalmente espaciados entre 15 y 20 minutos. En algunos casos ellos pueden cubrir un período de alrededor de 24 horas, por lo que se superponen a un ciclo normal de mareas.

Los tsunamis pueden producirse prácticamente en todo el océano mundial, pero las zonas que bordean el Océano Pacífico son particularmente vulnerables debido a la naturaleza del fondo y de sus márgenes, con gran actividad tectónica (fracturas activas) y sus numerosos volcanes, por lo cual se lo conoce como el “Anillo de Fuego”. También son zonas tsunamigénicas la Placa Intra-Americana (Caribe), el Océano Índico, el Atlántico Norte y el Mar Mediterráneo, con ejemplos conocidos en la historia y también en el registro geológico, reconocibles en capas de sedimentos o bloques rocosos depositados por tsunamis. En regiones como el Caribe, donde también se manifiestan huracanes, el origen de bloques rocosos se encuentra en discusión (Figura 8).





Figura 8. Bloque coralígeno atribuido a un tsunami sobre una plataforma arrecifal antigua, Isla de Bonaire (Antillas Holandesas, Caribe)

Entre los numerosos ejemplos históricos se destacan, entre otros, el tsunami que ocurrió en ca. 1640 a. C., asociado a un evento volcánico en Santorini, en el Mediterráneo, al que se le atribuyó la desaparición de la civilización minoica, aunque es probable que ello haya sido una combinación de diferentes factores. Estudios realizados sobre las evidencias del tsunami sugieren alturas de entre 5 y 8 metros.

Otro caso es el terremoto submarino que sucedió en 1755 en el Océano Atlántico Norte, entre las placas africana e ibérica, que causó la destrucción de Lisboa. El tsunami impactó sobre las costas de Inglaterra y alcanzó la región de Escandinavia. Sus aguas penetraron en la catedral de Cádiz. La tragedia de Lisboa motivó a Jean-Marie Arouet (Voltaire) a escribir poemas alusivos y en su novela *El Cándido*, una de las primeras desgracias de sus protagonistas se manifiestan en Lisboa, sobre cuyos efectos, incluyendo el tsunami, se expresa el autor: “Y el mar se revolvió furioso en el puerto”.

Si bien la mayoría de los tsunamis afecta a los países costeros del Océano Pacífico, pueden citarse algunos casos en el Océano Índico. Una de las manifestaciones más destructivas fue causada por la explosión del volcán Krakatoa el 27 de agosto de 1883. La explosión arrojó 18 km³ de cenizas y rocas que afectaron el clima global (filtro solar) y también originó un tsunami devastador que se propagó a una velocidad de más de 600 km/h y alcanzó alturas de más de 35 metros en la costa causando la muerte de más de 36.000 personas y destruyó alrededor de 300 villas en Indonesia. La onda produjo efectos destructivos en el puerto de Calcutta (India), destruyó instalaciones portuarias en Perth (Australia) y llegó a afectar otras regiones distantes, incluyendo las Georgias del Sur, en este caso detectada por una expedición alemana catorce horas después de la explosión. Después de cruzar el Índico, las ondas fueron detectadas, aunque atenuadas, en el Canal de la Mancha.

El gran naturalista Charles Darwin fue testigo del terremoto y tsunami que afectó, entre otras, las localidades de Valdivia, Concepción y Talcahuano el 20 de febrero de 1835:

Los almacenes en Talcahuano habían sido derribados y sobre la playa se encontraban grandes bolsas de algodón, yerba y otras mercaderías valiosas. Durante mi caminata observé numerosos fragmentos de rocas que, por los restos marinos adheridos sugerían que habían yacido recientemente en el fondo del mar y habían sido empujados hacia la playa; uno de ellos tenía seis pies de longitud, tres de ancho y dos de espesor... Poco después del terremoto, se vio una gran ola a una distancia de tres o cuatro millas, aproximándose en el medio de la bahía con un suave diseño; pero a lo largo de la playa destruyó viviendas y árboles a medida que avanzaba con fuerza irresistible. En la cabecera de la bahía rompió en una feroz línea de ondas blancas que se elevaron hasta una altura de 23 pies por encima de la línea de las más altas mareas.

El 22 de mayo de 1960, un sismo en la costa sur de Chile originó un tsunami con efectos destructivos en costas lejanas del Océano Pacífico. Solo en Chile se produjeron más de 900 víctimas fatales.

Entre los más recientes, el de Sumatra (26 de diciembre de 2004), destruyó numerosas ciudades y villas en Indonesia y también afectó a varios países costeros del Océano Índico. En Indonesia, y desde Tailandia hasta Tanzania, hubo unas 300.000 víctimas.

En febrero de 2010 un terremoto de gran intensidad, con epicentro en la zona submarina a pocos kilómetros de la costa, al norte de Concepción, provocó un tsunami que devastó varias ciudades y poblados costeros en el sector central-sur de Chile, causando daños en el puerto de Talcahuano. Se reportaron casi 600 víctimas. Se emitieron alertas en 53 países y la onda causó daños menores en San Diego (California) y en la región de Tohoku (Japón), donde el impacto sobre las pesquerías fue estimado en USD 60 millones).

El 11 de marzo de 2011 un sismo de magnitud 9, con epicentro cercano a la costa oriental de Honshu (Japón), generó un tsunami que, junto con el terremoto, causó la devastación de vastas regiones, alcanzando alturas máximas de 10 metros (Figura 9).



Figura 9. La zona costera de Natori (noreste de Japón) donde puede observarse la entrada de la onda de tsunami del 11 de marzo de 2011 (fuente: Reuters)

ENSO

El fenómeno ENSO, conocido como la “Oscilación Austral El Niño” es una fluctuación de la temperatura superficial del mar en el Pacífico tropical, cerca de la costa sudamericana. El Niño corresponde a una anomalía cálida mientras que La Niña representa una anomalía fría de la temperatura. Es un ciclo que tiene una recurrencia de entre dos y siete años. Se trata del fenómeno más intenso y predecible que influye en el clima del planeta con alcance global y causa importantes impactos en los procesos físicos, geológicos, biológicos y químicos de los océanos y la atmósfera, como así también en los ecosistemas terrestres. El ciclo causa, además, significativos impactos socioeconómicos a escala planetaria.

La fase cálida (El Niño) produce cambios en los patrones de precipitación y origina sequías en Australia, Indonesia y otras áreas, mientras que otras, como la cuenca del río Paraná en Sudamérica, sufren inundaciones. También se registra una anomalía positiva del nivel del mar que, sumada a otros factores como el oleaje causan erosión de sectores costeros, tal como ocurrió durante El Niño 1982-1983 en California y en Esmeraldas (Ecuador), situación que se registró en 1997-1998 en la costa ecuatoriana y colombiana. En esta ocasión, en

la isla de barrera El Choncho, en la costa occidental colombiana se produjo un rápido retroceso de la playa, la apertura de una boca de mareas y la inundación de pequeñas poblaciones con la destrucción de estructuras costeras. Existen algunas menciones sobre los efectos en la morfodinámica de las dunas costeras de la costa noreste de Brasil. Los efectos de la teleconexión en playas del sur de Brasil y de la Argentina han sido sugeridos, pero las señales pueden estar superpuestas con otros procesos de la interacción océano-atmósfera propios del Océano Atlántico sudoccidental, dando lugar a incertidumbres para su correlación.

Los cambios del nivel del mar

Estas variaciones revelan tendencias históricas y geológicas y por ello no las consideramos, como los factores anteriores, como episódicos.

Los cambios del nivel del mar han ejercido una fuerte influencia en la evolución de las costas y en la historia de la humanidad. En una escala de tiempo geológico, las variaciones de los niveles oceánicos han dejado un registro ampliamente distribuido en la forma de depósitos sedimentarios. Durante la mayor parte del Fanerozoico –543-33 millones de años (Ma)– prevalecieron las condiciones de “planeta de invernadero”, con niveles del mar considerablemente más altos que los actuales, hasta + 250 m. En los últimos 100 Ma, los cambios del nivel del mar reflejan la evolución climática global desde tiempos de casquetes polares antárticos efímeros (100 a 33 Ma) hasta el establecimiento de grandes casquetes primariamente en Antártida (33-2,5 Ma) y un planeta con grandes casquetes en la Antártida y en el Hemisferio Norte (2,5 Ma-presente). Es decir, desde hace unos 33 Ma el mundo es un “planeta frío” (“*ice house*”), con niveles del mar con tendencia descendente, aunque con fluctuaciones de amplitudes máximas de 200 metros.

Durante el período Cuaternario (últimos 2,6 millones de años) el nivel del mar fluctuó con una variación vertical del orden de los 100 metros, en respuesta a los ciclos glaciales/deglaciales, alcanzando niveles máximos en los últimos. El descenso del nivel del mar durante la Última Glaciación, que alcanzó unos 120 metros hace unos 18.000 años, permitió la emergencia del estrecho de Bering y la migración humana y de otras especies desde Eurasia hacia América.

La Antártida y Groenlandia contienen suficiente hielo para elevar el nivel del mar mundial unos 70 metros. Aunque los registros mareográficos centenarios indican que el nivel medio del mar aumentó entre 1 y 2 mm/año durante el siglo pasado, nuevos aportes de la altimetría satelital señalan un incremento de 3 mm/año a partir de 1992³, lo que indica una aceleración reciente de la elevación del nivel medio del mar. Durante el último siglo el nivel del mar ascendió globalmente ~ 1-2 mm/año, de los cuales la expansión térmica del océano contribuyó solamente 0,5± 0.2 mm, debiéndose la mayor parte a la adición de agua al océano (cambio eustático) debido al derretimiento de hielo terrestre. Se han planteado diferentes escenarios relativos a las concentraciones de

³ Meier, M. F., Dyurgerov, M. B., Rick, U. K., O'Neill, S., Pfeffer, W. T., Anderson, R. S., Anderson, S. P. y Glazovsky, A. F. (2007). “Glaciers dominate eustatic sea-level rise in the 21st century”. *Science*, 317, 1064-1067.

gases de invernadero. A partir de ellos y teniendo en cuenta las incertidumbres de los modelos, la pérdida de la masa de hielo de Groenlandia más las contribuciones por expansión térmica y un colapso parcial del casquete antártico occidental contribuiría durante el presente milenio a un incremento del nivel del mar de 1m/siglo.⁴ Sin embargo, otros modelos muestran que Groenlandia es el mayor contribuyente al aumento del nivel del mar, mientras que la Antártida estaría casi balanceada.⁵

La desintegración de los glaciares constituye una causa sustancial en la aceleración del nivel del mar global. La pérdida de hielo representa virtualmente todo el aumento del nivel del mar no atribuible al calentamiento del océano. El incremento de los gases de invernadero y el calentamiento global resultante plantean escenarios inquietantes ante una futura aceleración del aumento del nivel del mar. El informe preparado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático indica que la temperatura media sobre la superficie terrestre, promediada globalmente, ha aumentado en 0,6°C (con un error de 0,2°C) durante el siglo xx. Las proyecciones sugieren que la temperatura en superficie aumentará entre 1,4°C y 5,8°C durante el siglo xxi, y el aumento del nivel medio del mar, también promediado globalmente, se hallará entre 0,09 y 0,88 metros para el mismo período, con un valor medio de ca. 0,50 metros, previéndose importantes efectos (inundación y erosión) en las áreas costeras bajas del planeta.⁶

En la Argentina, los registros mareográficos más confiables y extensos muestran una tendencia histórica de incremento del nivel del mar de entre 1,6 mm/a (Buenos Aires) y 1,4 mm/año (Mar del Plata), coincidente con la tendencia global (Figuras 10 y 11).

⁴Nicholls, R. J. y Lowe, J. A. (2004). "Benefits of mitigation of climate change for coastal areas". *Global Environmental Change*, (pp. 229-244), 14.

⁵Alley, R. B., Clark, P. U., Huybrechts, P. y Joughin, I. (2005). "Ice-sheet and sea-level changes". *Science*, (pp. 456-460), 310.

⁶Nicholls, R. J., Wong, P. P., Burkett, V. R., Codignotto, J. O., Hay, J. E., McLean, R. F., Ragoonaden, S. y Woodroffe, C. D. (2007). "Coastal systems and low-lying areas". En Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J. y Hanson, C. E. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, (pp. 315-356). Cambridge: Cambridge University Press.

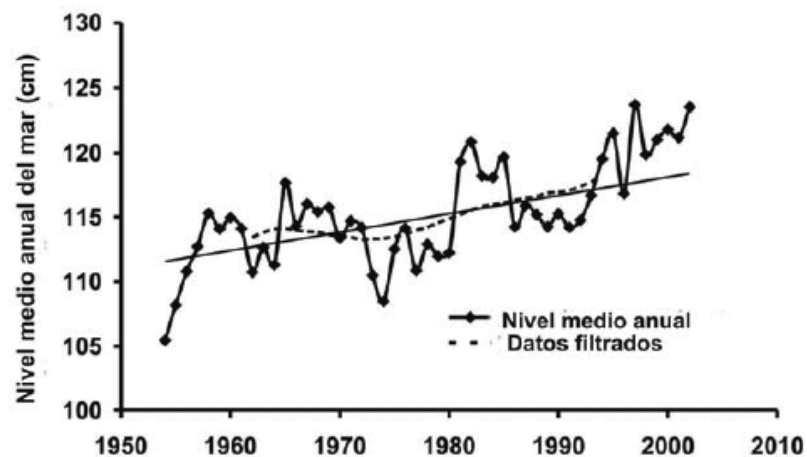


Figura 10. Regresión lineal calculada a partir de datos filtrados de niveles medios absolutos anuales en Mar del Plata, período 1954-2002, indicando un incremento de $1,4 \pm 0,01$ mm/año

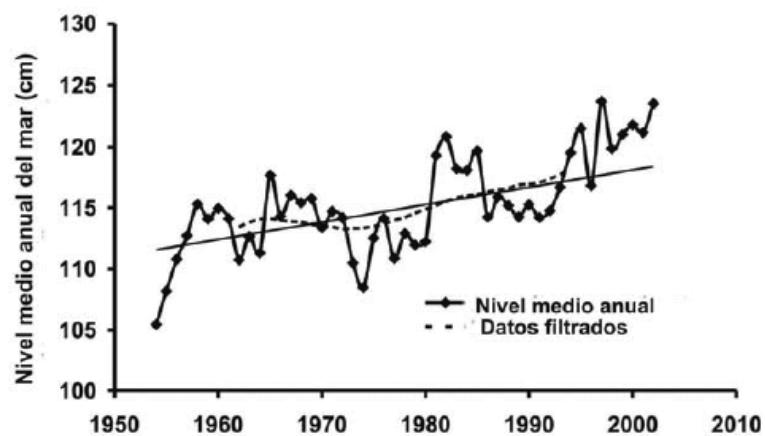


Figura 11. Regresión lineal (línea sólida recta) calculada de datos filtrados (trazo punteado) de los niveles medios anuales en Buenos Aires (trazo sólido curvo), período 1905-2003, mostrando un incremento de $1,68 \pm 0,05$ mm/año

CONSIDERACIONES FINALES

Las áreas costeras son sistemas frágiles y se verán severamente afectadas por las tendencias señaladas, en caso de confirmarse los pronósticos. Se estima que actualmente reside en ellas, incluyendo su *hinterland*, un 60% de la población mundial. Entre los efectos esperados pueden citarse el incremento de la erosión de las playas, la inundación de zonas bajas, la restricción o desaparición de humedales y acuíferos costeros, el aumento de la frecuencia e intensidad de procesos episódicos (e.g. ondas de tormenta, ENSO) que provocarán impactos de variada magnitud sobre los ecosistemas y el hombre. Actualmente se encuentran en desarrollo distintas iniciativas tendientes a formular estrategias de adaptación y respuesta ante los escenarios de cambio global. Pese a los diferentes escenarios e incertidumbres sobre los efectos del aumento del nivel del mar atribuidos a causas indirectas vinculadas con la acción humana (“efecto invernadero”), en opinión de este autor la principal contribución al deterioro de los sistemas costeros es la acción directa (urbanización, ocupación permanente u ocasional, obras de ingeniería, contaminación) que requieren procedimientos de “gestión costera integrada”, es decir, con un enfoque integrado de los aspectos naturales y socioeconómicos.

El agua en la llanura bonaerense

EDUARDO KRUSE

Doctor en Ciencias Naturales, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), especializado en Hidrología General (UNESCO). Profesor de Hidrología General, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP y de Hidrología de Llanuras en la maestría de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Su actividad de investigación y docencia se relaciona fundamentalmente con la hidrología, en especial con evaluación de aguas subterráneas, aguas superficiales, riesgos ambientales y costeros en diferentes regiones de la mayoría de las provincias argentinas y de Latinoamérica. Es autor de diversos artículos publicados en revistas especializadas, libros, capítulos de libros, actas de congresos y memorias técnicas.

JERÓNIMO AINCHIL

Doctor en Ciencias Ambientales, Universidad Ca' Foscari di Venezia. Magíster en Ingeniería Ambiental, UTN. Geofísico, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Participó en diversos proyectos de investigación aplicada, dedicados a la solución de problemas concretos. Esta actividad le ha permitido conocer los problemas de abastecimiento de agua en muchas regiones del país, e incluso de otros países de Latinoamérica.

El agua es un recurso de importancia primaria para el desarrollo socioeconómico de una región, para preservar sus características ambientales y una de las bases esenciales para la vida. Estos conceptos se deben vincular a la problemática hidrológica de las grandes llanuras, en la cual se desarrolla la mayor parte del territorio de la provincia de Buenos Aires. En un esquema global, las características que diferencian a los ambientes llanos y que resultan menos conocidos son: un predominio de los movimientos verticales del agua (evapotranspiración-infiltración) sobre los horizontales (escurrimientos) y una fuerte interrelación entre el agua superficial y el agua subterránea en todos los procesos hidrológicos.

El conocimiento hidrológico de estos ambientes, no ha sido desarrollado con la intensidad necesaria, aún a nivel internacional,¹ por esa razón se plantea que es indispensable avanzar en la cuantificación de los procesos y en la adaptación y desarrollo de modelos de simulación aptos para este tipo de ambientes, que posibiliten la predicción del comportamiento del sistema para situaciones normales o extremas, tanto en su condición natural como afectado por las actividades antrópicas.

Los avances más recientes estuvieron orientados en tal sentido,² ya que se incluye al agua subterránea como un elemento importante en cuestiones ambientales, cuantificándose procesos de infiltración, evapotranspiración, transporte del agua en la zona no saturada (ZNS) y en la zona saturada (ZS).

El objetivo de este trabajo es plantear las características del comportamiento hidrológico global en los ambientes llanos de la provincia de Buenos Aires y la necesidad de lograr un conocimiento más preciso de la influencia de las actividades del hombre en el ciclo del hombre.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las particularidades del medio físico que caracterizan a la provincia de Buenos Aires (ubicación geográfica, extensión territorial, predominio de las condiciones llanas y de escasas alturas sobre el nivel del mar, extensa costa marítima, geología, geomorfología) asociados al clima imperante resultan fundamentales para analizar el comportamiento hídrico.

La provincia ocupa unos 300.000 km², siendo parte de la llanura Chacopampeana y se conecta hacia el sur con la llanura patagónica. Hacia el este y sur, limita con el Atlántico, prolongándose el relieve de bajas pendientes unos 300 km en plataforma continental.

Los ámbitos montañosos son de escasa expresión ya que abarcan menos del 10% del área. El Sistema de Tandil es el menos desarrollado, con un máximo de 500 m.s.n.m. elevándose apenas sobre su entorno. El Sistema de Ventana, con alturas medias que oscilan entre 600 y 700 m, alcanza unos 1.200 m.s.n.m. en Cerro Tres

¹ Fuschini Mejía, M. (1983). Hidrología de Grandes Llanuras. Coloquio de Olavarría. UNESCO. CONAPHI.

² Kruse, E. y Zimmermann, E. (2002). "Hidrogeología de Grandes Llanuras. Particularidades en la Llanura Pampeana (Argentina)". Groundwater and Human Development (IAH Congress). Publicación Workshop, Mar del Plata.

Picos. El Sistema de Ventana, con alturas medias que oscilan entre 600 y 700 m, alcanza unos 1.200 m.s.n.m. en Cerro Tres Picos. La diferencia de altura respecto a la llanura y la posición en relación al océano no modifican regionalmente el clima, pero resultan destacables al considerar su influencia hidrológica local.

La llanura propiamente dicha, que apenas sobrepasa alturas de unos 120 m.s.n.m., algo mayores en las proximidades de las sierras, posee en general pendientes topográficas regionales que oscilan entre 10^{-3} y 10^{-4} .

Corresponde a una llanura de acumulación con sedimentos aflorantes principalmente de origen continental, que están compuestos predominantemente por limos, arcillas, arenas y cenizas volcánicas. Por su textura global y el desarrollo de suelos el material de superficie se puede calificar como relativamente permeable in situ. En el comportamiento hidrológico adquieren importancia la presencia de mantos de arenas y médanos, aun aquellos que representan cuerpos restringidos y de escaso espesor. Existen capas de tosca con una baja porosidad efectiva primaria, pero que regionalmente puede verse incrementada por efectos de fisuración, discontinuidad de los mantos y aumento del tamaño de los poros. Además se debe destacar, en la secuencia estratigráfica, la presencia de paleosuelos, importantes testigos desde el punto de vista de las variaciones climáticas pasadas.

En el subsuelo, desde un punto de vista estructural, se reconocen bloques positivos y negativos limitados por fallas. Las regiones deprimidas dan lugar a cuencas sedimentarias (Salado, Colorado, Macachín, Laboulaye) algunas de las cuales se prolongan en el océano. En una forma general, sobre el basamento cristalino se asientan rocas paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas. Por su comportamiento hidrológico, conjuntamente con las del Plioceno y del Cuaternario, se destacan las del Mioceno el “rojo”, sedimentos continentales y el “verde”, marinos. Desde un punto de vista hidrológico son unidades heterogéneas con distintas permeabilidades y variables posibilidades de transmitir agua en profundidad.

CONDICIONES CLIMÁTICAS

El clima de la provincia de Buenos Aires en términos regionales se puede clasificar como templado húmedo, de acuerdo a la clasificación de Köppen. La precipitación modular anual es aproximadamente de 1000 mm en el noreste, disminuyendo hacia el oeste y sur, pero se reconocen ciclos secos y húmedos que alteran fuertemente los valores modulares mencionados.

Desde 1970 se advierte un ciclo climático húmedo, caracterizado por un aumento de las precipitaciones, que han superado los registros históricos. Asociado al incremento de las precipitaciones, existe un aumento en los excesos de agua, estimados a partir de los balances hídricos. Estos excesos alimentarán a la infiltración o se almacenarán en los bajos existentes en la superficie del terreno.

Como consecuencia de este aumento en las precipitaciones, se registran modificaciones en el régimen hidrológico de la región, lo cual ha dado lugar a significativos ascensos en los niveles freáticos y a la aparición de variadas e innumerables áreas anegadas, de diverso grado y frecuencia.

La alternancia de períodos secos y húmedos que se observan en los datos de precipitación existentes, también se reconoce desde un punto de vista histórico y geológico. Si bien en estos últimos casos no dan una idea cuantitativa de intensidad y frecuencia de los fenómenos, permite establecer probabilidades cualitativas para una escala global, indispensable para entender cuestiones de mayor detalle.

Los cambios paleoclimáticos han dejado rastros importantes que se detectan en las características geológicas de la región, siendo los más detectables, entre otros, los paleosuelos (períodos húmedos) y las acumulaciones cíclicas medanosas (períodos secos).

De modo que la naturaleza permite prever oscilaciones climáticas significativas, existiendo además referencias históricas testimoniales que demuestran la alternancia entre sequías e inundaciones, entre las que se pueden mencionar por ejemplo la “gran seca de Darwin” entre 1827 y 1832 o la llegada a Chascomús de un barco a vapor que partió de la ciudad de Buenos Aires en 1857.³

COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO

Las variables fundamentales intervinientes en los balances hidrológicos (precipitaciones, evapotranspiración, escurrimiento superficial y fluvial, escurrimiento subterráneo) posibilitan entender el comportamiento hidrológico de la región. Estos balances están definidos por la diferencia entre ingresos y egresos de agua y su consiguiente variación en la capacidad de almacenamiento (superficial y en el subsuelo) en un tiempo determinado.

La capacidad de almacenamiento en el subsuelo representa al volumen de agua con posibilidad de almacenarse entre el nivel freático y la superficie del terreno (Zona No Saturada: ZNS). Aparece como relevante en regiones de llanura como la considerada, dada su continuidad areal y la porosidad del medio aflorante.

La capacidad de almacenamiento superficial corresponde al volumen de agua que puede acumularse en los cuerpos lagunares, cañadas, bajos, que almacenan temporariamente y/o retardan la infiltración directa, escurrimiento superficial y/o subterráneo.

En la llanura, las bajas pendientes topográficas disminuyen la velocidad y cantidad de escurrimiento superficial regional, y en términos medios este proceso se hace poco significativo. Ello implica un mayor tiempo de contacto del agua con la superficie del terreno, incrementándose así la posibilidad de infiltración y evapotranspiración. De esta forma se debe resaltar la importancia de los procesos de movimiento vertical y las variaciones en la capacidad de almacenamiento.

La escasa pendiente acentúa la influencia reguladora de los almacenamientos superficial y subterráneo. Es frecuente que no pueda precisarse un área de drenaje superficial. En determinadas situaciones hídricas existen transferencias entre bajos que normalmente se encuentran aislados e incluso pueden presentarse pluralidad de

³ Maiola, O., Gabellone, N. y Hernández, M. (2001). *Inundaciones en la Región Pampeana*. La Plata: Edulp.

puntos de salida. Además con frecuencia la red de drenaje no es el reflejo del clima actual. Estas características resultan factores que favorecen a que la intervención antrópica, a través de la ejecución de canalizaciones u otras obras de arte, distorsione fuertemente las condiciones naturales del drenaje superficial.

En el subsuelo es necesario reconocer la existencia de escurrimientos subterráneos locales y regionales.⁴ El local se refiere a un escurrimiento activo, que después de cierto recorrido aflora en los arroyos o lagunas, constituyéndose en su caudal básico. El escurrimiento regional o profundo es un flujo pasivo, sumamente lento, que en una gran llanura es generado por la diferencia entre los volúmenes ingresados y egresados del escurrimiento subterráneo local y que se debe relacionar con los espesores sedimentarios involucrados en el subsuelo.

Por otra parte debe tenerse en cuenta que las particularidades mencionadas y la presencia frecuente del nivel freático a escasa profundidad de la superficie, hacen que el agua de los arroyos y lagunas y el agua subterránea se encuentren directamente relacionadas y deban tratarse como una unidad.

RELACIÓN AGUA SUPERFICIAL-AGUA SUBTERRÁNEA

La conjunción de factores geomorfológicos y climáticos dan lugar a sistemas hidrológicos que van desde un extremo con drenaje organizado, que se puede denominar lineal y otro carente de red de drenaje, de carácter areal.

En el primer caso, la inexistencia de cursos fluviales hace que al producirse precipitaciones el agua no presente suficiente energía para escurrir por la superficie hacia un punto determinado de descarga. En el caso, existe un escurrimiento superficial local hacia los cauces, y a su vez regionalmente hacia un punto determinado de descarga.

Una visión regional del sistema hidrográfico de la provincia muestra un significativo desarrollo de cuerpos lacunares de variada extensión y características, siendo relativamente escasa la relevancia de la red de drenaje fluvial.

A través de relevamientos de campo y estudios hidrológicos es posible establecer que en una alta proporción esos cuerpos lagunares representan afloramientos de agua subterránea, incluso se los ha denominado como cuerpos de “agua en superficie” para diferenciarlos de cuerpos de aguas superficiales, dado que hacia ellos no existe un aporte significativo de la afluencia de aguas fluviales y cuando esta se encuentra presente, igualmente predomina la afluencia subterránea.

⁴Kruse, E. (1992). “El agua subterránea y los procesos fluviales en la región centro-oriental de la Provincia de Buenos Aires”. *Situación ambiental de la Provincia de Buenos Aires*, (pp. 13-31), 2 (15). La Plata: CIC, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

En períodos secos estos cuerpos tienden a disminuir o carecer de agua, conjuntamente con la profundización de la superficie freática. En los húmedos con el ascenso del nivel freático, aflora la capa freática, expandiéndose los espejos de agua en los sectores bajos.

De acuerdo a la vinculación con la red de drenaje se reconoce que las lagunas pueden ser arreicas, endorreicas o exorreicas. Los cuerpos arreicos no están vinculados a ningún curso fluvial. Casos típicos se reconocen en el noroeste, en la zona oriental y en el ambiente interserrano. Los endorreicos reciben cauces fluviales de distintas direcciones y los exorreicos son lagunas originarias de cursos fluviales, que resultan típicas en las cabeceras de algunos ríos en el noreste. Existen combinaciones de los distintos tipos, por ejemplo endo-exorreicos, que tiene un cauce fluvial influente al cuerpo y otro efluente.

CONDICIONES HIDROLÓGICAS REGIONALES

La llanura costera de la zona deprimida del Río Salado constituye un área de muy baja pendiente topográfica, que sufre anegamientos periódicos, en los cuales la escasa profundidad del nivel freático tiene una influencia directa en la permanencia y drenaje de los cuerpos de agua.

La región endorreica del suroeste (lagunas encadenadas) representa una zona centrípeta de descarga regional tanto de las aguas subterráneas provenientes del cordón de médanos adyacente (ubicado hacia el Norte) como de las aguas superficiales que fluyen de la vertiente Norte de la Sierra de la Ventana.

En estos casos el ritmo y la intensidad de renovabilidad del agua son lentos y escasos. El carácter intermitente depende de la profundidad del cuerpo lagunar, de la intensidad del período climático y de la posición en el sistema hidrológico regional.

La característica efluente del agua de ríos y arroyos con respecto a las subterráneas es una condición generalizada en la exigua red de drenaje existente. La gran mayoría de los cursos, desde un punto de vista hidrológico, son autóctonos de la llanura, ya que sus nacientes se encuentran en la misma llanura, no existiendo un área generadora a partir del escurrimiento superficial.

En la red de drenaje se reconocen algunas particularidades que deben destacarse. En el noreste, los ríos, entre otros, Matanza, Reconquista, Luján, Arrecifes, conforman una red fluvial relativamente uniforme, no muy densa, en cuyo desarrollo se debe destacar la influencia de la infiltración que alimenta al caudal base de estos ríos.

Los arroyos que nacen en llanuras serranas (Tandil) aparentan tener un área generadora, con drenaje fluvial adecuado, pero al ingresar a zonas de bajas pendientes son alimentados por aguas subterráneas. En las partes medias e inferiores los cursos más extensos carecen de afluentes, apareciendo una amplia área interfluvial entre los mismos con lagunas aisladas, donde los procesos dominantes son la evapotranspiración, infiltración y almacenamiento superficial temporario, y en donde el escurrimiento superficial es muy bajo. En este caso es la infiltración profunda la que posibilita mantener un equilibrio a pesar de la escasa densidad de drenaje superficial. Los efectos se disipan en la llanura con cursos de cauce único frecuentemente influentes-efluentes según el tramo y las oscilaciones climáticas. Además se desdibujan los cauces, adquiriendo la cuenca un aparente truncamiento.

En la región periserrana de Ventana, se pueden definir sectores que presentan distintos niveles de descarga. Uno de ellos descarga en el mar, otro lo hace en el sistema centrípeto de la Laguna de Chasicó y otro hacia el sudoeste conformado por el drenaje superficial y subterráneo regional hacia las lagunas del medio oeste. Algunos cursos tienen tributarios en las serranías, que comúnmente se insumen en las llanuras periserranas.

En el sudoeste existen arroyos de llanura intermitentes (tributarios de los arroyos Cocheuleufú Chico y Grande, Río Sauce Grande), en los cuales sus caudales se relacionarían con el estado de humedad regional y estarían conformados por los excesos drenados superficialmente.

En la región interserrana algunas cuencas tributarias tienen nacientes serranas y otros directamente en la llanura. El río Quequén Grande es el mayor exponente fluvial de esta región, donde la descarga del escurrimiento subterráneo local en los cursos influye en el modelado de los cauces y configuración de la red de drenaje. Los cursos descargan superficialmente en el océano, otros cursos de esta región se terminan en lagunas que transfieren lentamente sus aguas favoreciendo la evaporación.

La información para cuantificar los volúmenes escurridos es escasa y discontinua. De acuerdo a los datos disponibles, el escurrimiento fluvial medio varía entre un 12% (en el Noreste en el Río Matanza) y un 4% (en arroyos de sectores periserranos) de la precipitación anual, incluyéndose en ese valor el caudal básico correspondiente a la descarga del escurrimiento subterráneo local.⁵ De acuerdo a registros de tormentas el caudal escurrido fluvialmente oscila entre el 5 y el 80% de la precipitación en ese evento dependiendo de la intensidad de la precipitación, del estado de humedad de la cuenca y en muchos casos de la profundidad de los niveles freáticos y consecuentemente del espesor de la zona no saturada.

El patrón natural generalizado indica una buena calidad en acuíferos someros (Pampeano) o de profundidad intermedia (Acuífero Puelche en el noreste de la provincia), reconociéndose un incremento salino desde las zonas de recarga a la de descarga. Si bien la información de los acuíferos profundos es escasa, se destaca la baja salinidad del sistema hidrotermal profundo de Bahía Blanca, que es el más estudiado.

En las zonas deprimidas de la llanura (noroeste, Salado-Vallimanca, oriental) la salinidad del agua subterránea generalmente supera los 2000 mg/L. En ambientes medanosos, serranos y costeros el contenido salino es menor a dicho valor encontrándose dentro de los parámetros aceptables para agua potable. A pesar de ello, debe citarse la presencia de contenidos relativamente altos de arsénico y flúor en distintos sectores, especialmente hacia el oeste y el sur, lo cual es atribuido al contenido de vidrio volcánico de los sedimentos y que restringe las posibilidades de uso del agua.

⁵Kruse, E. y Laurencena, P. (2005). Aguas superficiales. Relación con el régimen subterráneo y fenómenos de anegamiento. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino, (pp. 313-326). La Plata.

INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

El uso de la tierra, la sobreexplotación del agua subterránea y las prácticas de disposición de efluentes y desechos conducen a modificaciones significativas del ciclo hidrológico tanto en sus términos de cantidad como de calidad. En forma general estos efectos se traducen en la reducción de la infiltración natural de las aguas pluviales, con la consiguiente disminución de la evapotranspiración y el aumento del escurrimiento superficial. Además puede verse deteriorada la calidad química por las prácticas agrícolas, vertidos de efluentes en el agua superficial, disposición de desechos y contaminación del agua subterránea.

Las aguas superficiales resultan altamente vulnerables a la contaminación, es así que gran parte de los cursos en zonas industriales resultan poco favorables para la vida acuática, mostrando la presencia de distintos contaminantes. La vulnerabilidad de las aguas subterráneas depende de las características litológicas, profundidad de los niveles de agua, parámetros hidrogeológicos. Si bien el medio físico protege al acuífero del riesgo de contaminación de los vertidos que pueden infiltrarse desde la superficie, los vertidos industriales afectan la calidad del agua subterránea.

Fenómenos locales como la extracción de agua subterránea han modificado los límites de cuencas fluviales, cambiando la relación aguas superficiales-subterráneas y acelerando la modificación de la calidad del agua. La explotación de las aguas subterráneas modifica la relación agua dulce-salada de las lentes continentales y en la costa marina.

El uso y emisión de elementos nocivos contaminan el aire, el suelo y a través de él o en forma directa a las aguas superficiales y/o subterráneas. Estos efectos resultan intensivos en sitios urbanos e industriales, especialmente en los parques industriales sin control; en que la contaminación química y bacteriológica del agua subterránea se acelera ante la presencia de los conos de depresión generados por la explotación. El uso de agroquímicos, especialmente agravado por un uso no adecuado puede afectar extensivamente la calidad del agua.

El derrame de aguas servidas en la superficie terrestre, en los ríos y lagunas, se insume con los conos de explotación al revertirse la relación agua superficial-agua subterránea.

Con respecto a los anegamientos e inundaciones de los campos (fenómeno extensivo), puede verse agravado por la parcelación, si no se tiene en cuenta la limitación geomorfológica e hidrológica.

El riego en la provincia de Buenos Aires, tanto a través de aguas superficiales como subterráneas se inició espontáneamente a través de la cultura creada por la experiencia de los agricultores. Así se generó una extensión de riego mayor que el de las provincias tradicionalmente regantes. Últimamente se han ampliado las áreas a zonas de cultivos extensivos sin que se consideren pautas de manejo y sin atender las variaciones climáticas e hidrológicas del territorio.

Precipitaciones intensas en las zonas urbanizadas pueden producir efectos significativos, pues disminuye la infiltración y se acelera el escurrimiento superficial. El problema se agrava al asentarse las poblaciones dentro de los cauces mayores de los ríos, lagunas y bañados. Ejemplos claros son, entre otros, la ciudad de Azul, Olavarría, Guaminí, Epecuén, Pehuajó. Pero por la densidad poblacional debe señalarse el conurbano, cuyas poblaciones frecuentemente están asentadas dentro del cauce mayor de los ríos Matanza y Reconquista.

Por último debe señalarse efectos directos sobre el régimen hídrico por acciones antrópicas, aparentemente inocuas, sobre las geoformas, entre otras, por explotación minera, emplazamiento de obras de arte, urbanización. Las cavas facilitan la contaminación y disminuye o debilita los procesos naturales de purificación. La devastación de los médanos en el litoral marítimo dañó parte del reservorio de agua potable.

Los datos hidrométricos históricos son escasos para evaluar y pronosticar los efectos descriptos, con especial referencia a los datos fluviométricos y freaticométricos.

Actualmente se ha llegado al punto que resulta imprescindible estudiar la interacción de todos los componentes del ciclo hidrológico, para entender mejor los sistemas de los recursos hídricos. Tanto para construir modelos en distintas escalas como para mejorar el conocimiento de la naturaleza es necesario integrar a la hidrología dentro de límites amplios. El desarrollo y uso de estos modelos conectados a buena información pueden asegurar que la hidrología, en particular en la Provincia de Buenos Aires, tendrá un crecimiento relevante para el hombre y la sociedad.

USO DEL AGUA

El agua es uno de los recursos naturales que resulta indispensable en el medio ambiente y es vital para el hombre. Además es uno de los factores que encuadran el comportamiento ecológico de cualquier región.

Si bien no existen antecedentes precoloniales del uso del agua en la Provincia de Buenos Aires, los aborígenes satisfacían sus necesidades de agua, conocían la ubicación de los ríos, lagunas y manantiales, permitiéndoles asentamientos o amplios desplazamientos a los de hábitos nómades. Algunos tendrían conocimiento de las aguas freáticas (presencia de utensilios y puntas de flecha en médanos con agua dulce) así lo atestiguarían, llegando a modificar sus hábitos culturales de acuerdo a la disponibilidad hídrica.

Los españoles exploraron el territorio fundamentalmente localizando los recursos hídricos superficiales y asentando las poblaciones en sus vecindades, por lo que se han desarrollado ciudades en las planicies de los ríos. Posteriormente los habitantes para satisfacer sus necesidades y las del ganado, usaron los cuerpos de agua superficiales, luego jagüeles y donde las aguas eran salobres y/o salinas, las complementaron con aljibes. La introducción de los molinos a viento mejoró la situación.

Con fines de riego se hicieron proyectos en la zona de influencia de los ríos Negro y Colorado.

La existencia de aguas subterráneas potables fue uno de los factores para la ubicación de la nueva capital de la provincia –La Plata– en 1882. Servicios así abastecidos, como el de Bahía Blanca, se implementaron en otras ciudades. En general no existe un manejo sustentable de los recursos subterráneos.

El empleo de aguas superficiales, tradicional abastecimiento de la ciudad de Buenos Aires, es relativamente más reciente en la provincia, y en la actualidad es la base de la provisión en el conurbano bonaerense, resultando complementario en La Plata y Bahía Blanca.

Con el desarrollo industrial se incrementó y anarquizó el empleo del recurso subterráneo y aceleró su contaminación.

Por culturas espontáneas locales se evolucionó hacia el uso del agua subterránea para áreas de riego, extendiéndose hoy a cultivos extensivos. Actualmente el uso en prácticas agrícolas se ha transformado en uno de los más importantes, dado que las superficies regadas resultan porcentualmente significativas con respecto a otros usos.

La distribución heterogénea de la población, el clima relativamente favorable, el desarrollo agrario extensivo y la cercanía del Río de La Plata, son algunos de los factores que llevaron a suponer una ventaja hídrica que contribuyó a limitar los estudios sistemáticos continuos, tornándose los conocimientos insuficientes para satisfacer las demandas sociales presentes.

CONSIDERACIONES FINALES

El sistema hidrológico natural de la llanura de la Provincia de Buenos Aires se caracteriza por su fragilidad y sus oscilaciones (sequías-inundaciones) frecuentemente significan efectos negativos en las actividades del hombre. En general, la acción antrópica ha acentuado dichos efectos, manifestándose en una mayor gravedad de los anegamientos-sequías, la contaminación y la disminución de las reservas de agua dulce.

Se reconoce que el manejo del agua no es adecuado y ello afecta el desarrollo sustentable de los recursos hídricos.

Se reconoce una escasez o falta de datos básicos y de un conocimiento adecuado del medio físico que posibiliten un entendimiento global del comportamiento hidrológico de la llanura de la Provincia de Buenos Aires que permitan afrontar la problemática derivada de la influencia de la actividad del hombre en la cantidad y calidad de los recursos hídricos.

Un conocimiento y seguimiento adecuado de su comportamiento resulta cada día más importante, no solo para una correcta planificación del uso del agua sino también para prevenir cualquier alteración cuali-cuantitativa del recurso hídrico.

Dado que en los años futuros es previsible un sensible aumento en los problemas relacionados con el agua, es necesario evitar algunos manejos erróneos del pasado, consecuencia directa de la carencia de una política adecuada sobre el uso de los recursos naturales y de la equivocada convicción de que estos recursos eran inextinguibles o que podían ser manejados prescindiendo del ciclo natural. Para eliminar los daños que han sido causados a la economía y al ambiente, deben ser adoptadas todas aquellas prevenciones dedicadas a evitar un mal uso del agua, a enriquecer las reservas hídricas y a evitar toda posibilidad de contaminación.

En función del conocimiento general actual se pueden delinear algunas medidas preventivas que deberán encararse, entre otras:

- ajustar la demanda de aguas a las reales necesidades, evitando el inadecuado uso actual.
- Conocer el comportamiento hidrológico detallado para cualquier actividad que influya en el ambiente.
- Atenuar o suprimir la posibilidad de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas mediante el desecho de residuos limpios.

El conocimiento actual del problema global –ineludible para atacar los locales– es insuficiente ante las necesidades humanas y sociales que se plantean. Los estudios globales mejorarán el conocimiento durante su ejecución produciendo resultados para entender problemas a largo, mediano y corto plazo y favorecer así la relación hombre-agua (ambiente).

Además un tema que resulta trascendente para la provincia de Buenos Aires, donde los fenómenos son extensivos de intensidades y recurrencias cuantitativamente poco conocidas es la elaboración de pronósticos hidrológicos. Una adecuada red de medición freaticométrica e hidrométrica, datos meteorológicos particulares y el uso de distintas imágenes satelitales permitirán analizar la evolución de los fenómenos hidrológicos e incluso efectuar pronósticos más seguros.

Química, sociedad y ambiente: el empleo de la luz para la destrucción de contaminantes

JORGE LUIS LOPEZ

Doctor de la Facultad de Ciencias Exactas, Especialidad Química, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesor de Química Analítica I, y de Físicoquímica, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. Miembro del agrupamiento técnico profesional, en la Dirección de Planificación, Control y Preservación de los Recursos Hídricos, a cargo de la planta depuradora de los efluentes líquidos del Laboratorio Central de la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires.

ALBERTO LUIS CAPPARELLI

Doctor en Ciencias Químicas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesor de Físicoquímica, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Responsable por Argentina de la Comisión de Apoyo al Desarrollo Científico y Tecnológico de la RECyT-MERCOSUR. Fue titular de proyectos financiados por CONICET, ANPCyT, Fundación Antorchas y de cooperación internacional con grupos de investigación en Alemania, en Italia y en Uruguay y miembro de comisiones asesoras en el CONICET, CICPBA, CONEAU. Consultor del programa FOMECS/SPU en su etapa de implementación. Fue vicedirector del INIFTA-UNLP-CONICET (2003 - 2009). Es autor de más de ochenta trabajos de investigación en el campo de la cinética y fotoquímica en solución en revistas con arbitraje internacional y de un centenar de comunicaciones en congresos y reuniones científicas.

Los requerimientos de la sociedad y de los procesos productivos conducen a la síntesis de nuevos compuestos químicos, para muchos de los cuales no se conoce su impacto directo así como las posibles transformaciones que puedan experimentar una vez volcados al ambiente. La evaluación del impacto siempre ha estado desfasada en el tiempo, a veces por décadas, si se le compara con la velocidad a la que se producen, ingresan y adaptan tanto a la vida diaria como a la actividad productiva en todas sus modalidades y facetas.

La Química es una ciencia central. La sociedad moderna se ha visto en muchos aspectos beneficiada por los desarrollos alcanzados en este campo. A pesar de la inmensa importancia de la Química para la sociedad y su desarrollo, su imagen en el ámbito social va acompañada con la preocupación pública de la degradación ambiental, alimentada por especulaciones e informaciones sensacionalistas y aun mala información que han contribuido a ensombrecer su imagen tanto a nivel local como internacional¹ sumado a la enseñanza inadecuada de la disciplina en niveles preuniversitarios.

La incorporación de procesos modernos ecocompatibles o amigables con el ambiente, así como nuevas tecnologías de remediación es en sí mismo un desafío constante para la actividad científica básica y aplicada. En el campo de la química se están generando nuevas áreas de desarrollo, que se integran a la *Química verde* o *Química sustentable*². Estos avances impactan en la tecnología, que comienzan a acuñar el término de “*Tecnologías verdes*”.

La química y la fisicoquímica han contribuido a introducir cambios en procedimientos y tecnologías asociadas con esta ciencia. Así, se pueden mencionar, entre otros, nuevas vías de síntesis, incluso para productos tradicionales, desarrollo de nuevos solventes y medios de reacción en condiciones supercríticas, reacciones en medios iónicos, sustitución creciente de reactivos peligrosos (empleo de ácidos sólidos en lugar de ácidos líquidos altamente corrosivos), empleo de los subproductos de reacción como materia prima en otros procesos tecnológicos, disminución y reducción de residuos generados, procedimientos y tecnologías modernas para la eliminación de contaminantes en aguas, suelos y aire, etcétera. La relevancia de estos estudios se pone de relieve por la permanente organización de congresos y eventos especiales que apoya la *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), tal como puede consultarte en el sitio de este organismo (www.iupac.org).

El tratamiento de aguas residuales y de gases en general es un aspecto importante en la química, fisicoquímica y tecnologías asociadas.³ Como consecuencia del deterioro progresivo del ambiente, en el campo de la química con base fisicoquímica, se están desarrollando procedimientos ecocompatibles para impulsar tecnologías sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Las aguas contaminadas pueden ser eficientemente tratadas en plantas biológicas convencionales. Sin embargo, existen contaminantes que son refractarios a los tratamientos biológicos como así también a los tratamientos normales de oxidación o son cinéticamente lentos o resultan ser altamente tóxicos para los tratamientos biológicos convencionales.

¹ Clark, J. (1999). “Forum”. *Journal of Green Chemistry*, 1(1), 1-2.

² Nudelman, N. (ed.) (2004). *Química Sustentable*. Santa Fe: UNL.

³ Doré, M. (1989). *Chimie des Oxydants, Traitement des eaux*. París: TEC & DOC.

Desde hace unos años, se han incorporado procedimientos basados en el empleo de la radiación electromagnética para promover la fotodegradación en el tratamiento de contaminantes refractarios. Estos procedimientos se conocen en la literatura como *Procesos de Oxidación Avanzados* (AOP, en inglés)⁴, algunos de los cuales han alcanzado nivel de aplicación industrial en países desarrollados y en vías de desarrollo.

Entre los objetivos de las AOP se encuadra el desarrollo de métodos fisicoquímicos económicos para el tratamiento de efluentes, con la eventual posibilidad de emplear radiación solar y así facilitar la mineralización de los contaminantes a CO₂, agua e iones inorgánicos como Cl⁻, etcétera.⁵

Por ejemplo, la oxidación 2,3-diclorofenol + 6 O₂ → 6CO₂ + H₂O + 2HCl es una reacción termodinámicamente espontánea pero cinéticamente lenta. Este tipo de sistemas por ejemplo es un excelente sustrato para la aplicación de los AOP.

El empleo de métodos alternativos y la aplicación de procedimientos fotoquímicos en general pueden constituir una vía adecuada para la eliminación y/o reducción de estos contaminantes primarios y secundarios a niveles de toxicidad tolerables o transformarlos en productos susceptibles a los tratamientos biológicos convencionales. A diferencia de los tratamientos fisicoquímicos convencionales y/o biológicos, las AOP no crean lodos residuales.

En la presente comunicación se describen algunos aspectos relevantes asociados con las AOP, así como sus ventajas y limitaciones.

ASPECTOS GENERALES RELACIONADOS CON LOS TRATAMIENTOS DE AGUAS

Toda actividad humana genera residuos, sólidos, líquidos y gaseosos. La fracción líquida de los mismos es lo que se denominan *aguas residuales*, la que se puede definir como la combinación de los residuos líquidos procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales. Sin embargo, existen procesos en los que se generan compuestos y desechos industriales y aún domiciliarios que son refractarios al ataque de microorganismos y en consecuencia no pueden ser destruidos por tratamientos biológicos debido a su toxicidad.

Estas aguas residuales deben ser conducidas, en última instancia, a cuerpos de agua receptores o al mismo terreno, previo tratamiento específico en función de que contaminantes deben ser eliminados con el fin de amortiguar los potenciales impactos ambientales.

Debido a la complejidad que suelen presentar las aguas residuales, no existe un único y general tratamiento previo a su descarga en el ambiente.

⁴ Sievers, M. (2011). "Advanced Oxidation Processes". En: Wilderer, P. (ed.). *Treatise on Water Science*, (pp. 377-408), 4. Oxford: Academic Press, y Oppenländer, T. (2003). *Oxidation Processes (AOPs): Principles, Reaction Mechanisms, Reactor Concepts*. New York: Wiley-VCH.

⁵ Sievers, M., *op. cit.*

El avance científico-tecnológico y de los progresos en la medicina y salud pública, impulsó a fines del siglo XIX y principios del siglo XX, la generación de procesos para el tratamiento sistemático de las aguas residuales. Sin embargo, razones culturales y geográficas, como por ejemplo, la existencia de grandes masas de aguas receptoras y/o extensiones de terrenos donde verter estas aguas, factores económicos, y problemas de educación tanto de la población como de los sectores generadores de grandes volúmenes de aguas residuales, demoró la puesta en marcha de sistemas para su tratamiento. Algo similar se aplica a las emisiones gaseosas, constituyendo este un aspecto de mucha relevancia en virtud de su potencial impacto en los cambios climáticos y sobre la salud.

Si bien nos orientaremos a problemas asociados con el tratamiento de aguas mediante tecnologías alternativas, algunos de los procedimientos a describir se aplican también al tratamiento de emisiones gaseosas.

La aplicación de los procedimientos fotoquímicos ha sido exitosa en la degradación en aguas de compuestos organoclorados, nitroaromáticos, etcétera. En nuestro laboratorio se han estudiado, desde el punto de vista básico, este tipo de procedimientos de base fotoquímica, y como resultado se contribuyó, a través de trabajos de tesis doctorales, a la formación de recursos humanos capacitados en el ámbito de la Universidad Nacional de La Plata que continúan desarrollando sus estudios en este campo.⁶ También se está contribuyendo a la formación de profesionales en el ámbito del MERCOSUR en el campo de la fisicoquímica ambiental.⁷

Por otro lado, se ha colaborado en la planificación e instalación de una planta para el tratamiento de los efluentes líquidos del laboratorio de la Autoridad del Agua de la provincia de Buenos Aires, constituyendo una acción de formación de recursos humanos y de transferencia desde la investigación básica hacia objetivos aplicados concretos.⁸

TRATAMIENTO DE AGUAS CONVENCIONALES Y ALTERNATIVOS

Los tratamientos convencionales de origen químico o biológico no siempre son aplicables, pues existen sustancias refractarias a los mismos, ya sea porque son difíciles de oxidar o porque su toxicidad es de tal magnitud que hace imposible el cultivo de microorganismos para su degradación.

⁶ Lopez, J. (2009). Propiedades químicas, fotoquímicas y ecotoxicológicas del ácido 4-cloro-3,5-dinitrobenzoico en solución acuosa, Tesis, UNLP, y Carlos, L., Fabbri, D., Capparelli, A. L., Bianco Prevot, A., Pramauro E. y García Einschlag, F., (2009). "Effect of simulated solar light on the autocatalytic degradation of nitrobenzene using Fe³⁺ and hydrogen peroxide". En Chemistry, A. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 201.

⁷ Vera, J. (2010). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y degradación térmica de compuestos de interés Biológico-Ambiental: Glifosato y sus productos de degradación, Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

⁸ Lopez, J., *op. cit.* y Carlos, L., Fabbri, D., Capparelli, A. L., Bianco Prevot, A., Pramauro E. y García Einschlag, F., *op. cit.*

La combinación de procesos físicos, químicos y biológicos definen los tratamientos de tipo primario, secundario y terciario (o avanzado).

El tratamiento primario se apoya en el uso de operaciones físicas –como la sedimentación– para la eliminación de una fracción de sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. El efluente del tratamiento primario suele contener una cantidad considerable de materia orgánica y una demanda biológica de oxígeno alta. El tratamiento primario es previo al secundario (procesos biológicos y químicos) para eliminar la mayor parte de la materia orgánica.

La eliminación de nutrientes presentes es necesaria en muchos casos, pues se pueden crear o acelerar procesos de eutrofización. Los principales nutrientes contenidos en las aguas residuales son nitrógeno y fósforo, y su eliminación puede llevarse a cabo mediante procesos químicos, biológicos o la combinación de ambos.

En el tratamiento terciario (o avanzado) se emplean combinaciones adicionales de procesos y operaciones con el fin de eliminar otros componentes (tradicionalmente nitrógeno o fósforo) cuya reducción con el tratamiento secundario no es significativa. El término tratamiento avanzado admite varias definiciones.

Un proceso avanzado provee un nivel de tratamiento para la eliminación de constituyentes de las aguas residuales que puede ser más eficiente o acompañar en una etapa previa a los convencionales.

Los procesos empleados habitualmente en los tratamientos avanzados son la coagulación química, floculación y sedimentación seguida de filtración y carbón activado. Para la eliminación de iones específicos y para la disminución de sólidos disueltos se emplean métodos menos comunes como el intercambio iónico o la ósmosis inversa.

En la actualidad, la mayoría de las operaciones y procesos empleados en el tratamiento de las aguas residuales son objeto de una intensa y continúa investigación para introducir innovaciones y mejoras en los métodos convencionales, así como desarrollar tratamientos y tecnologías alternativas.

A pesar de que la mayoría de los compuestos orgánicos presentes en el agua residual pueden ser tratados usando métodos convencionales está creciendo el número de compuestos que no son susceptibles de ser eliminados siguiendo dichos procedimientos. El número de compuestos que han sido sintetizados desde principios del siglo xx pasa hoy en día de medio millón y aparecen unos 10.000 compuestos nuevos cada año, y en muchos casos es escasa o nula la información sobre los efectos que tienen a largo plazo sobre el medio ambiente.

Debido a la naturaleza cambiante de las aguas residuales, el estudio del método adecuado para su tratamiento debe ser investigado a nivel básico para llevarlo a escala piloto y su posterior escalado a nivel comercial y/o industrial. Tales estudios son de especial importancia a la hora de proponer y desarrollar nuevos métodos de tratamiento. Además el empleo de cloro, dióxido de cloro, hipoclorito y otras sustancias químicas para desinfectar líquidos puede producir efectos que son perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

Una forma eficiente de eliminar compuestos refractarios se basa en la generación de especies muy reactivas y poco selectivas capaces de reaccionar con la materia orgánica, transformarla en compuestos más oxidados o mineralizarla completamente a CO_2 y H_2O , y ácidos inorgánicos. Eventualmente, la extensión de la degradación podría llevarse a niveles tales que, a partir de un efluente muy tóxico, se reduzca su capacidad biocida hasta que sea compatible con los tratamientos biológicos más económicos.

Los métodos alternativos se basan en la generación fotoquímica y/o fotoasistida de agentes oxidantes, normalmente radicales, altamente reactivos y no selectivos. Entre ellos cabe mencionar el papel especial del radical hidroxilo (HO^\bullet), tanto en medios homogéneos como heterogéneos. Estas tecnologías que emplean radiación electromagnética para generar radicales HO^\bullet son más adecuadas para la desinfección en reemplazo de cloro y sus derivados.

FOTOQUÍMICA DE SISTEMAS ACUOSOS

Las aguas residuales son mezclas muy complejas debido a la presencia de materia en suspensión y/o suspensiones coloidales y de materia orgánica e inorgánica. Estas aguas pueden sufrir diferentes tipos de procesos fotoquímicos debido a la presencia de materia orgánica disuelta o micropolutantes.⁹

Diferentes tipos de procesos fotoquímicos primarios (resultantes de la absorción de la luz) pueden tener lugar en el sistema bajo irradiación, a saber, fotodisociación, reagrupamientos intermoleculares, fotoisomerización, fotodimerización, abstracción de átomos de hidrógeno y reacciones fotosensibilizadas principalmente.¹⁰

En aguas naturales, un contaminante puede sufrir una serie de transformaciones fisicoquímicas generando así nuevos contaminantes, tanto por vía térmica como fotoquímica como resultado de la interacción de la radiación solar. La materia orgánica disuelta en aguas experimenta procesos fotoquímicos. Por ejemplo, los ácidos húmicos presentan bandas de absorción en la región visible y como consecuencia de la absorción de la luz, pueden originarse radicales OH^\bullet , electrones solvatados (e_{solv}^-), radicales superóxido $\text{O}_2^{\bullet-}$, hidroperóxido HO_2^\bullet , peróxidos, ROO^\bullet , hidroperóxidos, etcétera, que a través de una serie de reacciones térmicas con otros compuestos presentes en el medio pueden conducir a la generación de otros contaminantes secundarios.¹¹

PROCESOS FOTOQUÍMICOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS

Las tecnologías AOP constituyen un conjunto de procesos que se aplican para la destrucción de contaminantes tradicionales y emergentes presentes en sistemas acuosos y que se pueden implementar para el tratamiento y potabilización de agua para consumo y/o reutilización para otros fines. Estas técnicas han demostrado

⁹ Helz, G. R., Zepp, R. G., Crosby D. G. (eds.) (1994). *Aquatic and surface photochemistry*. Chelsea: Lewis Publishers y David Gara, P. (2009). Extracción, caracterización de sustancias húmicas y su empleo en procesos fotoquímicos de interés ambiental, Tesis, Universidad Nacional de La Plata.

¹⁰ Suppan, P. (1994). *Chemistry and Light*. Cambridge: Thomas Graham House

¹¹ David Gara, P., *op. cit.*

su potencialidad para destruir sustancias organocloradas, nitroaromáticos, pesticidas, herbicidas¹², toxinas generadas por algas, geosmina, etcétera, resistentes a los tratamientos convencionales.

Las tecnologías AOP involucran en general la generación de poderosos, pero relativamente no selectivos oxidantes (HO^\bullet , átomos de oxígeno $\text{O} (^1\text{D})$). Después del átomo de flúor, el radical HO^\bullet es el oxidante más poderoso, siendo capaz de oxidar a la mayoría de los compuestos orgánicos.

La luz es un reactivo esencial para los procesos fotoquímicos. La fotoquímica estudia las transformaciones que experimentan las sustancias cuando absorben radiación electromagnética de la frecuencia adecuada para que aquellas se exciten a estados electrónicos de mayor energía.¹³

La fotodegradación de contaminantes presenta mecanismos complejos, donde se forman intermediarios de distinta naturaleza, y cuya caracterización e identificación, así como la evaluación de su potencial toxicidad, son importantes para el empleo de las metodologías AOP a sistemas reales. *En general, nuestra propia experiencia nos muestra que no basta con la eliminación del sustrato para asegurar la potencialidad de estas técnicas.*¹⁴ La desaparición del contaminante primario puede conducir a especies que pueden ser potencialmente más tóxicas que la que se desea eliminar¹⁵ o generar aguas con una carga orgánica importante debido a la formación de moléculas de menor peso molecular.¹⁶ Por este motivo, las técnicas analíticas convencionales (cromatográfica, espectroscópica, TOC, etcétera) son herramientas para estudiar la evolución temporal del contenido orgánico.

Varias de las AOP recurren al uso de la radiación luminosa UV-vis en condiciones homogéneas.¹⁷ Las mismas se reconocen en la literatura bajo los acrónimos UV/ H_2O_2 , UV/ TiO_2 , UV/ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$, UV/ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe(II)}$ o Fe(III) (reacción Fenton estimulada), VUV que se basa en la fotólisis directa de agua, entre otros para destruir contaminantes orgánicos e inorgánicos. Otro grupo de reacciones ocurre en condiciones heterogéneas en presencia de semiconductores, entre los cuales el dióxido de titanio TiO_2 es uno de los más estudiados y empleado, particularmente por la posibilidad de doparlo específicamente para incrementar la posibilidad de emplear luz solar.

¹² Oppenländer, T. *op. cit.* y Fabbri, D., Villata, L., Bianco Prevot, A., Capparelli, A. L. y Pramauro, E. (2006). "Photocatalytic degradation of DNOC in aqueous TiO_2 dispersions. Investigation of the initial reaction steps". En Chemistry, A. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, (pp. 157-164), 180 (1-2).

¹³ Turro, N., Ramamurthy, V. y Scaiano, J. C. (2009). *Principles of Molecular Photochemistry: An Introduction*. Estados Unidos: University Science Books.

¹⁴ García Einschlag, F., (2003). Fotodegradación de compuestos nitroaromáticos mediante la técnica UV/ H_2O_2 , Tesis, Universidad Nacional de La Plata y López, J., *op. cit.*

¹⁵ Lopez, J., *op. cit.*

¹⁶ García Einschlag, F., *op. cit.*

¹⁷ Legrini, O., Oliveros, E. y Braun, A. M. (1993). "Photochemical Processes of Water Treatment". En *Chemical Review*, 93, 671.

Estos métodos pueden conducir a la degradación de los contaminantes orgánicos por dos tipos generales de procesos:

(I) por excitación del sustrato y su descomposición subsiguiente (fotólisis),

(II) por generación fotoquímica de especies muy oxidantes capaces de atacar al sustrato.

El radical HO• juega un papel relevante pues reacciona con una amplia variedad de compuestos orgánicos con una constante de velocidad específica del orden de $10^9 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ a través de la abstracción de hidrógeno o por adición al compuesto de este radical. Además, durante la degradación pueden generarse otros radicales cuya reactividad varía según su naturaleza y que pueden participar en el proceso. Un aspecto importante asociado con este tipo de tecnologías es que si no se controlan las condiciones experimentales, pueden generarse otros compuestos cuya toxicidad es comparable o mayor que la del de partida. Sin embargo, comparado con otro tipo de procedimientos, donde un compuesto puede ser concentrado en un compartimiento y potencialmente transferido a otro, los AOP son eficientes para alcanzar condiciones de mineralización, o en su defecto, modificar las condiciones de toxicidad del medio para su posterior tratamiento por métodos convencionales (por ejemplo, bioremediación).

La radiación electromagnética se extiende en un amplio espectro de longitudes de onda. En función de la energía asociada, la radiación de interés se puede ordenar de la siguiente manera en orden creciente de energía.

Tecnología VUV (Ultravioleta del vacío)

La radiación VUV corresponde a la franja del espectro de longitudes de onda (λ) menores a 200 nm ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$). Aunque presente en la radiación emitida por el sol, no alcanza la superficie de la tierra. Un mol de fotones de esta frecuencia aporta una energía suficiente para la ruptura de enlaces en la molécula de agua a través de la reacción $\text{H}_2\text{O} + h\nu \rightarrow \text{H}^\bullet + \text{HO}^\bullet$, incluyendo átomos de oxígeno, O^\bullet , electrones solvatados, e_{solv}^\bullet , etcétera. La fotólisis, sin el agregado de aditivos especiales, se realiza empleando lámparas de excímeros de xenón (Xe) que emite a 172 nm. En estas condiciones, hay procesos de oxidación como de reducción *in situ*, que favorecen la mineralización de compuestos orgánicos, y de contaminantes inorgánicos de alto nivel de toxicidad como cianuros. La radiación VUV generada artificialmente no es penetrante y es absorbida por una capa muy delgada de la solución a tratar (aproximadamente 0,1 mm).

Tecnologías basadas en la radiación ultravioleta (UV)

La radiación UV es capaz de inducir transformaciones fotoquímicas y procesos fotoinducidos,¹⁸ y corresponde a la fracción del espectro comprendido entre 200 y 380 nm. Esta radiación se clasifica en *UV-C* (200-280 nm), *UV-B* (280-320 nm) y *UV-A* (320-380 nm). La luz *UV-C* no alcanza la superficie de la tierra al igual que la fracción *UV-B* debido al papel que juega el ozono atmosférico.¹⁹ La luz *UV-A* por su parte alcanza la superficie terrestre. Una molécula que absorbe energía en la región UV del espectro experimenta cambios en su estado electrónico y simultáneamente en sus energías vibracionales y rotacionales.²⁰

Una molécula excitada electrónicamente puede descomponerse para dar nuevas especies (fotoquímica), experimentar distintos procesos fotofísicos tales como desactivación sin emisión de radiación, decaer por emisión de radiación sin cambio en la multiplicidad electrónica (emisión de fluorescencia que involucra transiciones entre estados singuletes) o puede experimentar cambio en su multiplicidad electrónica mediante cruce entre sistemas (por ejemplo de un estado singlete excitado a un estado triplete), o decaer desde un estado triplete excitado a uno singlete como ocurre, o viceversa con emisión de radiación. La emisión entre estados de distinta multiplicidad es característica de la fosforescencia, como por ejemplo la que se observa cuando el oxígeno decae desde su estado singlete excitado a su estado triplete de menor energía. En general, la energía de la radiación absorbida es mayor que la emitida por fluorescencia y esta mayor que la de fosforescencia. El O₂ en estado singlete se puede formar en las regiones UV-B o UV-A por procesos de transferencia de energía desde una molécula orgánica excitada al oxígeno en su estado fundamental (triplete) y la emisión fosforescente (ν_F) O₂(singlete) → O₂(triplete) + hν_F.

Los componentes *UV-C* y *UV-B* son capaces de provocar daños celulares y mutagénesis, pues son absorbidos por los componentes esenciales de la célula (ADN, proteínas, etcétera).

La radiación *UV-C* se utiliza en procesos de desinfección de aguas, empleando lámparas de mercurio (Hg), que presenta una emisión importante a 254 nm. La radiación *UV-B*, cuando incide en la piel puede inducir cáncer por daño directo sobre el DNA, y es motivo de preocupación en los períodos donde, como consecuencia del aumento en el agujero de ozono, esta radiación alcanza la superficie de la tierra con mayor intensidad. Por su parte, la radiación *UV-A*, cuando es absorbida por moléculas orgánicas naturales o sintéticas, puede también generar especies reactivas de oxígeno (OH•, O₂•, HO₂•, oxígeno singlete, etcétera) e interactuar con las bases componentes del DNA, a través de procesos fotoinducidos.²¹

¹⁸ Suppan, P., *op. cit.* y Turro, N., Ramamurthy, V. y Scaiano, J. C., *op. cit.*

¹⁹ Finlayson-Pitts, B. y Pitts, J. (2000). *Chemistry of the upper and lower atmosphere: theory, experiments, and applications*. Londres: Academic Press.

²⁰ Suppan, P., *op. cit.* y Turro, N., Ramamurthy, V. y Scaiano, J. C., *op. cit.*

²¹ Petroselli, G., Dántola, M. L., Cabrerizo, F. M., Capparelli, A. L., Lorente, C., Oliveros, E. y Thomas, A. H. (2008). "Oxidation of 2'-deoxyguanosine-5'-monophosphate photoinduced by pterin: Type I versus Type II mechanism". *En Journal of the American Chemical Society*, 130, 3001-3011.

A continuación se resumen los distintos tipos de procedimientos enunciados previamente que recurren al empleo de radiación de la región UV.

Proceso UV/H₂O₂

La fotólisis del peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a 254 nm conduce a la formación de radicales HO•. La fotólisis de esta sustancia es relativamente independiente del pH en el intervalo 2-10, pero es fuertemente afectada por la alcalinidad del medio a pH mayores. Algunas de las ventajas de este procedimiento son la fácil accesibilidad comercial del H₂O₂, su aceptable estabilidad térmica, su solubilidad en agua en todas proporciones, una muy buena eficiencia en la producción de radicales HO•, la formación de radicales hidroperóxidos y peróxidos que se degradan térmicamente, una mínima inversión de capital y diseños experimentales sencillos a escala piloto. Algunas de sus desventajas radican en que se debe trabajar a longitudes de onda menores que 300 nm pues el H₂O₂ aún a 254 nm presenta una baja absorbancia, y el contaminante, en general, actúa como filtro interno, inconvenientes a los que deben sumarse la presencia de radicales carbonato y bicarbonato que actúan eficientemente en la desaparición de radicales HO•. Existe una relación sencilla entre la eficiencia del proceso en términos de constantes de velocidades de las etapas de iniciación de la degradación y las absorptividades molares del H₂O₂ y la del reactivo a degradar.²²

Procesos UV/Ozono (O₃) y UV/H₂O₂/O₃

En el proceso UV/O₃ genera H₂O₂ y radicales HO• que produce todas las reacciones asociadas a este radical ya mencionadas. Por su parte, en la *técnica UV/H₂O₂/O₃* generar radicales HO• presenta un costo mayor en términos del consumo de energía. El relativo éxito de los tratamientos de agua basados en ozono se basa en su capacidad oxidante y desinfectante, aún a bajas concentraciones. Esta capacidad se ve reforzada cuando se emplea radiación UV o se le combina con radiación UV y H₂O₂. Por otro lado, el ozono se le puede transformar en O₂ disminuyendo su impacto ambiental, y no es necesario almacenarlo pues se le puede generar *in situ*.

Procesos Fenton y foto-Fenton

En estos procesos se combina H₂O₂ en medio ácido con sales de Fe⁺² para la oxidación de los sustratos. La descomposición del H₂O₂ utilizando el ión ferroso (Fe (II)) o el ión férrico (Fe(III)) bajo condiciones ácidas produce radicales HO•. En el proceso foto-Fenton la velocidad de descomposición de la materia orgánica utilizando Fe(II)/H₂O₂ y Fe (III)/H₂O₂ aumenta considerablemente por irradiación con UV cercano o aún con luz

²² García Einschlag, F., *op. cit.*, Lopez, J., *op. cit.* y García Einschlag, F., López, J., Luciano, C., Oliveros, E., Braun, A. M. y Capparelli, A. L., *op. cit.*

visible.²³ Es interesante señalar que el reactivo de Fenton se conoce desde hace más de un siglo, pero se lo ha empleado en el tratamiento de efluentes en los últimos cuarenta años. Este reactivo presenta una amplia gama de aplicaciones para el tratamiento de aguas de desecho industriales y en escala piloto, pues se le ha aplicado eficientemente en aguas residuales que contienen hidrocarburos policíclicos aromáticos y clorados, clorofenoles, cloroanilinas y nitrofenoles, pesticidas y herbicidas, colorantes, fármacos, etcétera. Una ventaja interesante es la posibilidad de emplear aguas residuales conteniendo una alta carga de materia orgánica. Por su lado, la técnica foto-Fenton provee cinéticas de degradación mayores y grados de mineralización más altos que la reacción térmica, haciéndola más eficiente en la remoción de contaminantes. Un mejoramiento de esta técnica es el sistema UV-Vis/ferrioxalato/H₂O₂, que ha mostrado ser más eficiente que la técnica foto-Fenton tradicional.²⁴

Comparados con otras técnicas AOP, los procesos Fenton y foto-Fenton presentan ventajas adicionales, pues en general el equipamiento para su empleo es bastante simple y no existen limitaciones por transferencia de masa al tratarse de un sistema homogéneo. Además, si se emplea radiación solar en el proceso foto-Fenton los costos disminuyen considerablemente proporcionando otra ventaja más de estos sistemas.

Tecnologías basadas en la radiación visible (380-800 nm) e infrarroja

El ojo humano es sensible a esta franja visible del espectro electromagnético. Al absorber energía en el visible, las moléculas experimentan cambios en sus estados electrónicos. Las moléculas excitadas pueden descomponerse (por ejemplo la molécula de yodo), o bien emitir radiación por fluorescencia, por fosforescencia o experimentar procesos de transferencia de energía generando procesos fotosensibilizados.²⁵ La energía que no aparece asociada a ninguno de estos procesos y que fuera absorbida, se disipa bajo la forma de calor en su entorno.

Los *procesos fotosensibilizados* constituyen una categoría de procesos en los que la radiación interactúa con sustancias que se excitan electrónicamente y al interactuar con otras especies pueden generar especies reactivas de oxígeno como oxígeno singlete. Se pueden plantear dos tipos generales de procesos fotosensibilizados, aquellos en los que se emplean colorantes por un lado y semiconductores como el dióxido de titanio (TiO₂) por el otro.²⁶

En un proceso AOP sensibilizado por colorantes, la luz visible es absorbida por un colorante que actúa como *sensibilizador*. El colorante excitado transfiere algo de su exceso de energía a otras moléculas presen-

²³ Carlos, L. (2008). Estudio de la eficiencia de degradación de contaminantes empleando tecnologías de oxidación avanzada: Procesos Fenton y foto-Fenton. Tesis, Universidad Nacional de La Plata y Pignatello, J., Oliveros, E. y MacKay A. (2006). "Advanced Oxidation Processes for Organic Contaminant Destruction Based on the Fenton Reaction and Related Chemistry". *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 36, 1-84.

²⁴ EPA Handbook (1998). Advanced Photochemical Oxidation Processes, EPA/625/R-98/004, Washington, EE.UU.

²⁵ Legrini, O., Oliveros, E. y Braun, A. M., *op. cit.* y David Gara, P., *op. cit.*

²⁶ EPA Handbook, *op. cit.*

tes produciendo una reacción química. Cuando el oxígeno disuelto del medio acepta energía de la molécula excitada de colorante (por ejemplo, azul de metileno o rosa de bengala) el oxígeno es convertido en oxígeno singlete un oxidante muy poderoso.

En los métodos basados en el empleo *semiconductores como fotocatalizadores*, la absorción de radiación promueve electrones a la banda de conducción, dejando un hueco en la banda de valencia. En estos procesos la formación de radicales HO• es maximizada por la adición de oxidantes como H₂O₂ u O₃.

Uno de los fotocatalizadores más estudiados es el TiO₂. Este material absorbe luz de λ menores a 380 nm. En este proceso, se genera un par electrón (e⁻)/hueco (h⁺) según la reacción, $\text{TiO}_2 + h\nu \rightarrow e^- + h^+$. Este par e⁻/h⁺ puede recombinarse rápidamente o eventualmente, si en la interfase del semiconductor existen iones OH⁻, moléculas de agua adsorbidas, etcétera, formar el radical HO• adsorbido sobre la superficie del fotocatalizador, según la reacción $h^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{HO}^*(\text{ads})$.

Los electrones e⁻ se consumen por la presencia de O₂, generando el anión superóxido. Todas estas especies participan de las reacciones de oxidación de contaminantes. Respecto de los casos anteriores, lo que ha variado es el mecanismo de generación de estos radicales. La ventaja de este tipo de procedimiento radica en que un gran número de sustancias pueden ser mineralizadas completamente,²⁷ con una fuerte influencia del área superficial, el costo del fotocatalizador es relativamente bajo, es potencialmente aplicable en regiones UV propias del espectro solar, y existe la posibilidad de dopar el material o de construir matrices sólidas conteniendo dióxido de titanio. La mayor desventaja es su bajo rendimiento cuántico y que en sistemas donde el fotocatalizador está en suspensión, una fracción importante de la radiación es dispersada. Por este motivo, la investigación está orientada a desarrollar fotocatalizadores fijos sobre distintos tipos de soportes. En estos procesos el papel del oxígeno es fundamental para que la mineralización sea efectiva.

La radiación infrarroja cercana e infrarroja corresponde a la franja entre aproximadamente 900 nm hasta unos 2000 nm. En la región IR, las moléculas que absorben energía, modifican su energía vibracional y simultáneamente rotacional, sin cambio en la estructura electrónica. Sin embargo, moléculas presentes en la atmósfera como el N₂ y O₂ no son capaces de absorber energías de esta región.

Tratamientos de aguas con este tipo de radiación junto con la UV han sido discutidos en la literatura especializada.²⁸

Tecnologías económicas para regiones rurales y aisladas basadas en el empleo de la radiación UV-vis e IR

Las tecnologías que combinan la radiación UV-A e IR y la fotocatálisis para aprovechar la radiación solar son adecuadas para procesos de desinfección y destrucción de contaminantes presentes en aguas en regiones rurales aisladas que carecen de infraestructura sanitaria y/o de tratamientos municipales. Estas tecnologías

²⁷ EPA Handbook, *op. cit.*, Legrini, O., Oliveros, E. y Braun, A. M., *op. cit.* y Oppenländer, T., *op. cit.*

²⁸ Hussain, S. T., Siddiq, A. (2011). "Iron and chromium doped titanium dioxide nanotubes for the degradation of environmental and industrial pollutants". *International Journal of Environmental Science and Technology*, 8, 351-362.

son sencillas, pueden aplicarse sobre agua en botellas de plástico y que resultan económicamente sustentables para poblaciones que se encuentran por debajo de la línea de pobreza. No se requieren grandes instalaciones y permiten tratar aguas contaminadas con virus y bacterias nocivas para la salud. Estos tratamientos son más eficientes para la desinfección que el tratamiento por cocción o por calentamiento a ebullición que no eliminan los organismos termoestables y tampoco contaminantes inorgánicos y orgánicos. Para este fin, la desinfección solar, conocida bajo la sigla SODIS (*Solar Disinfection*), la remoción de especies metálicas como el arsénico trivalente (As^{+3}) por oxidación solar (SORAS) y el aprovechamiento de la radiación solar e IR en procesos fotocatalíticos son las tecnologías de bajo costo que se han aplicado con éxito en distintos lugares del planeta y en nuestro país en particular.

En el procedimiento SODIS, el agua a desinfectar se expone a la radiación solar en botellas de plástico transparente –politereftalato de etileno–. La desinfección resulta de la acción de la radiación UV-vis que promueve la inactivación de virus y bacterias patógenas e IR que calienta el agua hasta 55 °C.

La fotocatalisis heterogénea empleando TiO_2 , se emplea también con esta finalidad al combinar la acción de la luz UV-A e IR. El TiO_2 debe estar inmovilizado, lo que logra mediante impregnación de las botellas de plástico o perlas de vidrio o cerámicas con el semiconductor. La ventaja de este procedimiento es que conduce a la desinfección (por ejemplo, eliminación de coliformes fecales) y degradación de contaminantes. Sin embargo, se debe evaluar en cada caso los niveles de degradación de los contaminantes presentes, la variabilidad en la intensidad de la radiación solar, etcétera.²⁹ Con la aplicación de la tecnología SORAS, se aprovecha la radiación solar en presencia de sales de Fe(III) –como el citrato férrico, presente en el jugo de limón– y oxígeno para oxidar el arsénico de su forma tóxica As(III) a As(V), de menor toxicidad. El Fe^{+3} se reduce a Fe^{+2} y precipita como $\text{Fe}(\text{OH})_2$, facilitando la eliminación del As(V) por adsorción. Los sólidos se separan por decantación y filtración después de su exposición a la radiación solar. Estas tecnologías han sido aplicadas exitosamente en distintas regiones del país por investigadores de la CNEA y de la UNSAM activos en este campo.³⁰

Tecnologías basadas en la radiación de microondas

Esta radiación se extiende, en unidades de frecuencia, entre $3 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$ a $3 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$. Su absorción produce cambios en los estados rotacionales de las moléculas, que excitadas pueden disiparla a su entorno bajo la forma de calor. Justamente, el efecto de calentamiento es la base para su aplicación a distintos tipos de procesos. En los últimos diez años, se incrementó el interés por el desarrollo de equipos que pueden aplicarse, entre otros, a procesos de síntesis compatibles con el medio ambiente, en aplicaciones médicas, en el tratamiento de aguas contaminadas. En este caso, se ha aplicado a procesos de extracción, de remediación de suelos y residuos

²⁹ Litter, M. I. (ed.) (2006). Proyecto OEA/AE141: “Investigación, desarrollo, validación y aplicación de tecnologías solares para la potabilización de agua en zonas rurales aisladas de América Latina y el Caribe” en <www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/agua-pura>.

³⁰ Litter, M. I., *op. cit.*

radiactivos, pirolisis, tratamiento de aguas de desecho domiciliario, etcétera. Las microondas pueden aplicarse en el tratamiento de aguas en forma directa, en presencia de aditivos como el H_2O_2 , el persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$), o acopados a procesos Fenton, UV-vis/ TiO_2 . El empleo de las microondas aplicadas a la degradación de contaminantes permite una reducción del tiempo de reacción, incremento en la eficiencia del proceso, reducción en las dimensiones de los reactores que se emplean, entre otras.³¹

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los procedimientos AOP pueden aplicarse a un amplio espectro de situaciones, que incluyen aguas subterráneas y superficiales contaminadas, efluentes provenientes de industrias farmacéuticas, de alimentos, de hospitales, de la actividad pesquera, desechos biológicos, aguas de desecho domiciliarias, aguas de bebida, matrices acuosas provenientes de procedimientos de extracción sobre suelos contaminados, previa extracción de los contaminantes a degradar, etcétera, así también como al tratamiento de aire y de efluentes gaseosos. Además, en los últimos años se ha incrementado la investigación de procesos de desinfección basados en el diseño de reactores fotoquímicos.³² El conocimiento básico de los procesos fotoquímicos para la degradación de contaminantes así como el desarrollo de reactores fotoquímicos versátiles ha sido esencial para que las AOP adquirieran la relevancia que poseen.³³

El potencial inherente a las tecnologías AOP ha conducido a generar emprendimientos privados y estatales en distintos países. Entre los más conocidos está la *Plataforma Solar de Almería* (PSA) de alcance internacional instalado en Almería, España, una de cuyas actividades está dirigida a procesos para eliminación de tóxicos, desinfección y desalinización de aguas apoyados en el aprovechamiento de la energía solar.³⁴

En el ámbito de influencia de la UNLP, hemos contribuido a instalar una planta multipropósito para el tratamiento AOP de aguas de desecho basado en el empleo de las AOP, y en particular Fenton y foto-Fenton. Esta planta está instalada en el laboratorio de la *Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires* y es el primero de su naturaleza que se ha elaborado en la Provincia de Buenos Aires, resultado de la colaboración con especialistas en el tratamiento de efluentes industriales de la institución para el diseño y diagramación de esta planta.

³¹Neelancherry, R. y Jih-Gaw, L. (2011). "Current status of microwave application in wastewater treatment-A review". En *Chemical Engineering Journal* (pp. 797-813), 166 y Cravotto, G., Di Carlo, S. Tumiatti, V., Roggero, C. y Bremner, H. D. (2005). "Degradation of Persistent Organic Pollutants by Fenton's Reagent Facilitated By Microwave or High-intensity Ultrasound". En *Environmental Technology*, (pp. 721-724) 26.

³² [31] Braun, A. M, Maurette, M.T y Oliveros E. (1991). *Photochemical Technology*. Nueva York: John Wiley & Sons y Zalazar, C. S., Labas, M. D., Brandi, R. J., Martín C. A. y Cassano A. E. (2004). "Reactor scale-up in AOPs: From Laboratory to Commercial Scale". En *Water Science & Technology*, (pp. 13-18), 49(4).

³³ Zalazar, C. S., Labas, M. D., Brandi, R. J., Martín C. A. y Cassano A. E., *op. cit.*

³⁴ <www.psa.es>.

Finalmente, nuestra experiencia muestra que no existe un método universalmente eficiente que permita la mineralización total y no selectiva de los contaminantes a eliminar. La aplicabilidad de estos procesos a escala piloto o adecuada para el tratamiento de volúmenes apreciables de aguas requiere del desarrollo del diseño y construcción de fuentes de iluminación y de fotoreactores más adecuados, así el desarrollo de nuevos fotocatalizadores o sistemas de oxido-reducción más eficientes. La investigación básica es imprescindible para alcanzar estos objetivos.



Eduip
Editorial
de la Universidad
de La Plata

Fotografía: Claudio Lanús

Revista de la Universidad

*Esta publicación se terminó de imprimir en la ciudad de La Plata
en el mes de noviembre de 2011, en los talleres
de Estudio Centro de Bolívar, Buenos Aires | (0221) 155244574*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA