



Memorias

# II Congreso Regional SRA-LA

Sociedad para el Análisis de Riesgos

Capítulo Latinoamérica

Felipe Muñoz  
[Compilador]



# MEMORIAS

## II Congreso Regional SRA-LA

Sociedad para el Análisis de Riesgos

Capítulo Latinoamérica

Felipe Muñoz  
(Compilador)



# Índice

Presentación · ix

Organizadores · xi

## I CONTAMINACIÓN Y SALUD PÚBLICA 1

- [1] Co-Beneficios a la Salud Humana por la Mitigación de los Gases de Efecto Invernadero · 3
- [2] Determinación de COV's en el aire intramuros y extramuros de PyMEs del Partido de La Plata mediante el uso de monitores de difusión pasiva. Análisis del riesgo asociado · 14
- [3] Cuantificación de la Relación Concentración-Respuesta entre Exposición a PM<sub>2.5</sub> y Mortalidad en Chile a través de Juicio Experto Estructurado · 24
- [4] Construcción de un índice de riesgo para dengue en viviendas de la Ciudad de Colón, Entre Ríos (Argentina) · 30
- [5] Gestión del riesgo de lodos aceitosos en el Valle de Aburrá mediante vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva · 36
- [6] Implementación de monitoreo de polvos sedimentables con presencia de plomo y arsénico en establecimientos educacionales en Arica, Chile. · 42
- [7] Factibilidad de implementar proyectos de reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos en la frontera México-Texas · 51
- [8] Los efectos termoregulatorios de los insecticidas piretroides son dependientes de tiempo, dosis y estructura química · 63
- [9] Evaluación de riesgo ecológico en la Cuenca del Plata: comparación de la respuesta de biomarcadores de efecto en organismos expuestos en bioensayos in vitro vs. organismos centinelas. · 70

- [10] Factores de riesgo y pronóstico en cáncer de mama: comparación de dos grupos de pacientes argentinas. · 72
- [11] Utilización de ratas como bioindicadores de contaminación por plomo en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina · 74
- [12] O risco de super medicalização em saúde mental · 75
- [13] Riesgo, ¿para quién?: representaciones sobre la actividad minera de diferentes actores sociales del distrito Manganesífero Molango, Hidalgo, México · 76
- [14] Diseño del sistema de vigilancia de indicadores en salud asociados a contaminantes atmosféricos en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). · 83
- [15] Mapa de riesgo para la salud en un área contaminada con hidrocarburos de México · 89

## II DESARROLLO SOSTENIBLE 91

- [16] Plan de gestión de residuos sólidos de la ciudad de Nefza y de tres comunidades rurales piloto – Túnez · 92
- [17] Uso sustentable de fauna silvestre en América Latina desde la perspectiva de la conservación y el desarrollo local · 100
- [18] Estabelecimento do método de cálculo e do critério de tolerabilidade de risco para dutos em São Paulo · 107
- [19] Gerenciamento de risco no transporte ferroviário no Estado de São Paulo · 113
- [20] Análisis de escenarios de escape de cloro mediante la simulación con DDC acoplado a diferentes modelos de dispersión en aire · 119
- [21] A importância do estudo da reatividade química em avaliações quantitativas de risco de acidentes maiores · 126

## III DESASTRES NATURALES 132

- [22] Terremoto en Chile, 2010: Intervención interdisciplinaria en vivienda rural · 133
- [23] Evaluación de la peligrosidad por inundación fluvial en el curso inferior del río Maipo – Región de Valparaíso, Chile. · 139
- [24] Acidentes Naturais e Cenários Sociodemográficos: Estudo de Caso para o Estado do Paraná, Brasil · 152

	[25] Mapeamento de risco de deslizamentos em assentamentos precários em são paulo, brasil · 159	
	[26] Áreas de vulnerabilidade de deslizamentos na cidade Caraguatatuba, Brasil: uma proposta de gerenciamento de riscos · 160	
	[27] Mapa de riesgo para la salud en un área contaminada con hidrocarburos de México · 161	
<b>IV</b>	<b>GESTIÓN DE RIESGOS Y POLÍTICAS PÚBLICAS</b>	<b>163</b>
	[28] Gestión del riesgo sanitario ante los efectos del cambio climático en la salud de grupos vulnerables en México · 164	
	[29] Reducción de Riesgos por Desastres y Resiliencia Social: Superando la Discriminación, la Vulnerabilidad Social y los Desastres en el Mundo y México · 171	
	[30] Vulnerabilidad y Gestión Local del Riesgo en pequeños sistemas litorales antropizados de la Patagonia · 181	
	[31] Programas de gerenciamento de riscos faunísticos · 188	
	[32] De cómo la integración entre niveles y actores puede proteger el derecho a la educación en situación de emergencia: el caso del Departamento de Córdoba · 201	
	[33] Experiencias en la Construcción de la Gestión del Riesgo en el Cañón del Río Páez · 206	
	[34] Perspectiva económica en el mercado del seguro obligatorio de bienes comunes · 212	
	[35] Riesgo a inundación y comunidades afectadas en la rivera del Rio Hondo: frontera México – Belice – Guatemala · 213	
	[36] Disminución del riesgo ambiental por R.A.E.E.E: propuesta para un sistema integral estatal de gestión · 215	
	[37] Políticas de prevención y mitigación en la gestión de riesgos de desastres. El caso de la Ciudad de Santa Fe (Argentina) · 217	
<b>V</b>	<b>INGENIERÍA Y NUEVAS TECNOLOGÍAS</b>	<b>218</b>
	[38] Desarrollo de la investigación de incendios mediante el uso de herramientas computacionales: revisión histórica · 219	
	[39] Optimización del diámetro de una red tuberías para la liberación de presión utilizando variable entera · 226	

- [40] Método de Lattice-Boltzmann:  
Nueva alternativa para la estimación de pérdidas · 232
- [41] Caracterización de combustibles sólidos  
con ayuda de herramientas de simulación CFD · 237
- [42] Aprovechamiento de los neumáticos usados  
por medio de su gasificación parcial con CO<sub>2</sub>  
para la obtención de carbones activados · 245
- [43] Modelado y optimización del riesgo en redes  
de transporte de combustibles en zonas urbanas · 251
- [44] Diseño de una unidad de almacenamiento de  
lpg basado en los principios de seguridad inherente  
mediante una aproximación NLP · 259
- [45] Perceived risks and benefits of nanotechnology  
applied to the food and packaging sector in México · 267

## VI PERCEPCIÓN Y COMUNICACIÓN DEL RIESGO 268

- [46] Estrategias de prevención del riesgo en  
comunidades rurales expuestas a plaguicidas. · 269
- [47] El papel del monitoreo volcánico en  
la prevención de desastres y en la evaluación  
del riesgo por actividad volcánica. Caso: Colombia. · 276
- [48] El rol del bienestar personal en la Cultura  
de Percepción de Riesgo ante peligros, desastres y reubicación · 283
- [49] Promoting Gender Sensitivity  
in Disaster Risk Reduction in the Caribbean · 286
- [50] El Rol de la Compensación sobre las Relaciones Causales  
Confianza-Riesgo-Aceptabilidad frente a Peligros Ambientales · 293
- [51] Pánico de élites e información para no-japoneses  
en Sendai durante el triple desastre de marzo 11/11 · 294
- [52] Desafíos y oportunidades  
en una comunicación del riesgo de desastres efectiva · 295
- [53] Percepção de risco em situações de emergências  
nas áreas portuárias do litoral de São Paulo, Brasil. · 295

[54]	Gestión del riesgo volcánico asociado al complejo volcánico Cerro Bravo – Cerro Machín: Articulación del componente técnico y social	· 297
[55]	HAZCOM de sustancias químicas para Universidades de Centroamérica protegiendo al ser humano y el ambiente	· 298
[56]	Conocimientos, actitudes y prácticas sobre prevención de peligros de origen natural en una comunidad vulnerable de Cuba.	· 300
[57]	Herramientas para la comunicación y preparación para la prevención de emergencias químicas	· 307
<b>VII</b>	<b>SISTEMAS DE MONITOREO</b>	<b>308</b>
[58]	Metodología para la caracterización del Riesgo Ambiental	· 309
[59]	La estandarización de la información en los SIG para la gestión de riesgo en frentes litorales urbanizados	· 317
[60]	Relaciones hidrológicas y morfométricas con sensores antrópicos incidentes en las cuencas y factores de riesgo en los ríos del Caribe colombiano	· 326
[61]	Red de Desastres Hidrometeorológicos y Climáticos (REDESClim)	· 332
<b>VIII</b>	<b>SISTEMAS DE PREPARACIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS</b>	<b>338</b>
[62]	Experiencias relacionadas con el proceso eruptivo del Volcán Galeras (2004 – 2012)	· 339
[63]	El riesgo de tsunami en localidades costeras de centro sur de Chile: el caso de caleta Tubul-Raqui	· 348
[64]	Prevención de desastres. Responsabilidad y papel de los escolares y adolescentes cubanos en los procesos de transformaciones medioambientales.	· 363
[65]	Talleres de Intervención psicosocial y Apoyo Emocional en el lugar de trabajo, para 2000 trabajadores del sistema público de salud de los Servicios de Salud de Maule,Ñuble y Talcahuano afectados por el Terremoto y Tsunami del 27 de febrero de 2010	· 368

- [66] Resiliencia, factores protectores y sobrevivencia;  
el caso de los 33 mineros atrapados y rescatados de  
la mina San José en Atacama, Chile · 369
- [67] El Sistema Crisis para Gestión de Riesgos y Emergencias · 370
- [68] Análisis de tecnologías de servicios vitales en alojamientos  
institucionales y definición de la tecnología óptima a implementar · 372
- [69] Safety Management of Tailing Dams System · 374



# Presentación

## *Sociedad de Análisis de Riesgo Latinoamericana SRA-LA*

LA SOCIEDAD DE Análisis de Riesgo Latinoamericana SRA-LA es una institución agregada a la “Society for Risk Analysis” (sra.org) de los Estados Unidos. Fue creada el 6 de junio de 2008 en el 2º Congreso Mundial de la SRA que se realizó en Guadalajara, México.

La SRA-LA, es una sociedad científica multidisciplinaria e interdisciplinaria, que une esfuerzos con organismos e iniciativas públicas y privadas de los países que la integran, para trabajar sobre el análisis, manejo, comunicación, regulación de riesgos y mitigación de desastres. Entre sus objetivos se cuentan: reunir una masa crítica de especialistas e interesados en el estudio de riesgos a nivel Latinoamericano, para promover los procesos de análisis y toma de decisiones en los países de la región; focalizar la discusión de experiencias en temas comunes a la región, tales como: sistemas de respuesta, prevención de la contaminación, uso sostenible de tecnologías, energías alternativas y el trabajo con comunidades vulnerables, con el ánimo de compartir técnicas, métodos y metodologías; constituir un espacio favorable para la construcción, diseminación y fortalecimiento de redes de conocimiento sobre riesgos y promover la aplicación de evaluación de métodos de análisis de riesgos.

Las tareas desarrolladas por SRA-LA se ejecutan a través de foros de intercambio, proyectos de investigación y redacción de documentos técnicos sobre temas específicos de interés local, regional e internacional, con el fin de evitar y mitigar riesgos inaceptables y desastres, desde el contexto de los individuos, las organizaciones del sector público y privado, y las comunidades.

Cada dos años se realiza el Congreso Regional de la “Society for Risk Analysis Latin America” (SRA-LA) convocando a investigadores, profesionales, docentes y estudiantes de Latinoamérica y el Caribe; con el ánimo de compartir experiencias asociadas al análisis de riesgo y la atención de emergencias. El II congreso Regional SRA-LA se llevará a cabo del 9 al 12 de Abril en la Universidad de los Andes, en Bogotá.

## EJES TEMÁTICOS

1. Reacción
  - Cambio climático,
  - Desastres y catástrofes
  - Sistemas de preparación y atención de emergencias
  
2. Sostenibilidad
  - Fuentes de energías alternativas,
  - Desarrollo sostenible
  - Ingeniería, percepción y comunicación del riesgo.
  
3. Acción
  - Contaminación, gestión de riesgos y políticas públicas
  - Salud pública
  - Aspectos sociales

II Congreso Regional SRA-LA contará adicionalmente con la presencia de expertos internacionales como **Inés Camilloni** (Argentina), Licenciada en ciencias meteorológicas y Ph. D. en ciencias de la atmósfera **Fernando Díaz-Barriga** (México), Director del centro colaborador de la Organización Mundial de la Salud para la salud ambiental infantil y la evaluación de riesgos en la Facultad de Medicina de la UASLP y **Olivier Salvi**, (Francia) y Secretario general de la plataforma tecnológica Europea de seguridad industrial.

La representación local la harán **Carlos Iván Márquez** (Colombia), Director de la Unidad de Gestión de Riesgo) y **Marta Lucia Calvache** (Colombia), Directora Servicio Geológico.

# Organizadores

## Comité Organizador

- Grupo Regional Latinoamérica de la SRA (SRA-LA).
- Society for Risk Analysis USA (SRA).
- Centros de Investigación Estratégica-CIE de Energía y Agua de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes (Uniandes).
- Departamento de Ingeniería Química Universidad de los Andes.
- Grupo de Diseño de Productos y Procesos del Departamento de Ingeniería Química Universidad de los Andes.
- Universidad de los Andes y Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.

Organizador local: CHAIR Felipe Muñoz

## Consejo Ejecutivo SRA-LA

- Dr. Marcelo Wolansky, Presidente. Argentina
- Dr. Sandra Demichelis, Vice-presidente. Argentina
- Dr. Esperanza López Vázquez, Presidente saliente. México
- Dr. Mabel Padlog, Secretaria. México
- M.S. Hugo Murcia Agudelo, Tesorero. Colombia
- Ing. Elizabeth Nunez Alves, Concejal. Brasil
- Dr. Inés Navarro González, Concejal. México

## Comité Evaluador

- Dr. Marcelo Wolansky, *Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina*
- Dr. Julio Fuchs, *Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina*
- M.S. Hugo Murcia Agudelo, *Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales - INGEOMINAS, Colombia*

- Ing. Elizabeth Nunez Alves, *consultora y directora de Engine Engenharia Ltda, Brasil*
- Dr. Mabel Padlog, *Universidad de Guadalajara, México*
- Dr. Esperanza López Vázquez, *Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México*
- Dr. Alejandro Acquesta, *Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF), Argentina*
- M.S. Monica Jara, *Directora de Prevención y Atención de Emergencias Regional, Costa Rica*
- Dr. Eduardo Soares Macedo, *Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), Brasil*
- M.S. Virna Gutiérrez, *Universidad Diego Portales. Santiago, Chile*
- Dr. Felipe Muñoz, *Universidad de los Andes, Colombia*
- Dr. Ursula Oswald, *Investigador, Titular C, CRIM-UNAM*
- Dr. Armando Rodríguez Salvá, *Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Cuba*
- Dr. Rosa María Flores, *Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.*
- Dr. Mariluz Betancur, *Jefe de Línea de Gestión y Valorización de Residuos – GIA-UPB*

# I

## CONTAMINACIÓN Y SALUD PÚBLICA

- [1] Co-Beneficios a la Salud Humana por la Mitigación de los Gases de Efecto Invernadero
- [2] Determinación de COV's en el aire intramuros y extramuros de PyMEs del Partido de La Plata mediante el uso de monitores de difusión pasiva. Análisis del riesgo asociado.
- [3] Cuantificación de la Relación Concentración-Respuesta entre Exposición a PM<sub>2.5</sub> y Mortalidad en Chile a través de Juicio Experto Estructurado
- [4] Construcción de un índice de riesgo para dengue en viviendas de la Ciudad de Colón, Entre Ríos (Argentina)
- [5] Gestión del riesgo de lodos aceitosos en el Valle de Aburrá mediante vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva
- [6] Implementación de monitoreo de polvos sedimentables con presencia de plomo y arsénico en establecimientos educativos en Arica, Chile.
- [7] Factibilidad de implementar proyectos de reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos en la frontera México-Texas
- [8] Los efectos termoregulatorios de los insecticidas piretroides son dependientes de tiempo, dosis y estructura química
- [9] Evaluación de riesgo ecológico en la Cuenca del Plata: comparación de la respuesta de biomarcadores de efecto en organismos expuestos en bioensayos in vitro vs. organismos centinelas.
- [10] Factores de riesgo y pronóstico en cáncer de mama: comparación de dos grupos de pacientes argentinas.
- [11] Utilización de ratas como bioindicadores de contaminación por plomo en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina
- [12] O risco de super medicalização em saúde mental
- [13] Riesgo, ¿para quién?: representaciones sobre la actividad minera de diferentes actores sociales del distrito manganesífero molango, hidalgo, México
- [14] Diseño del sistema de vigilancia de indicadores en salud asociados a contaminantes atmosféricos en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).
- [15] Mapa de riesgo para la salud en un área contaminada con hidrocarburos de México



# [1]

## Co-Beneficios a la Salud Humana por la Mitigación de los Gases de Efecto Invernadero

Andrés Pica, Luis Cifuentes\*

### Resumen

EN ESTA INVESTIGACIÓN se determinaron los co-beneficios (costos evitados) a la salud humana producto de la disminución de la concentración de Material Particulado 2.5, asociados a 42 medidas diseñadas para la mitigación de GEI para todo Chile (extraídas de (Centro de Cambio Global UC 2009) y en (POCH & Centro de Cambio Global UC 2010)), las cuales apuntaban a transformaciones en los patrones de consumo de energía en los sectores: Centros de transformación, Transporte, Industrial y CPR (Comercial, Público y Residencial). Los resultados del estudio mostraron que todas las medidas generaron co-beneficios positivos para la salud de las personas, salvo la generación eléctrica a través de Biomasa, que genero costos medios que oscilan entre USD69 y 249/TonCO<sub>2e</sub>. Las medidas en promedio generaron co-beneficios medios que oscilan entre USD 49 y 178/TonCO<sub>2e</sub> según el escenario de valoración, siendo la medida más destacada aislación térmica de viviendas con co-beneficios entre USD 174 y 627 /TonCO<sub>2e</sub>. Estos resultados generan variaciones relevantes en los escenarios de costos de mitigación, dejando con costos netos 321+ negativos 10 medidas que antes tenían costos positivos, y disminuyendo los costos netos de otras 9 medidas, que siguen teniendo costos negativos. De los resultados de este estudio, se puede concluir que Chile para cumplir con sus objetivos de mitigación de las emisiones de GEI, debiera enfocarse en la implementación de medidas de mitigación con altos co-beneficios a la salud de las personas.

**Palabras Clave:** Cambio Climático, Co-Beneficios, Salud humana, Contaminación Atmosférica

\* Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

## Introducción

EN LA 15ª Conferencia de las Partes de la Convención sobre Cambio Climático en Copenhague, Dinamarca (COP-15) donde se firma el Copenhague Accord<sup>1</sup>, Chile se comprometió a una reducción del 20% de sus emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) al año 2020.

Por otro lado, gran parte de la población chilena vive en zonas que presentan altos índices de contaminación atmosférica. En el caso del material particulado varias comunas del país no cumplen con la norma anual de  $PM_{10}$  ni la de  $PM_{2,5}$  (DICTUC 2010).

Cabe notar que varias de las fuentes de contaminación local (HDP, por sus siglas en inglés, *Health Damaging Pollutants*) y gases de efecto invernadero (GEI) son las mismas y por ende la aplicación de un análisis estratégico que combine ambas dimensiones, permitirá atacar efectivamente los dos problemas.

Una reducción en las emisiones de GEI produce un beneficio al disminuir el calentamiento global, mientras que la reducción en las emisiones de HDP se traduce en una mejora en la calidad del aire y por ende una mejora en la salud de la población expuesta, tanto por disminución de la mortalidad prematura y la morbilidad.

De lo último, aparece la necesidad de cuantificar las reducciones de HDP como resultado de la aplicación de medidas de mitigación de GEI, y la identificación y cuantificación de beneficios y/o costos asociados a estas reducciones, que permitan la realización de un análisis integrado de políticas que tienda a una mejor estimación de los beneficios netos.

Es por lo anterior que se hace necesario realizar un análisis que incorpore a los costos de mitigación de GEI, los co-beneficios (costos evitados) asociados a la reducción de emisiones de HDP. Dicho análisis se llevó a cabo para el periodo 2010-2030, caracterizado a nivel regional y considerará los siguientes sectores:

- Energía
- Transporte
- Industrial
- Comercial, público y residencial (CPR)

Este estudio logra:

- Establecimiento de la “línea base”, o escenario BAU (business as usual, por sus siglas en inglés), desagregado a nivel sectorial y regional.
- Cuantificación y valoración de los costos y beneficios asociados al impacto de las diferentes medidas de mitigación de GEI.

1. <http://en.cop15.dk>



- Cuantificación de emisiones de GEI y de HDP a nivel regional por sector, y la evaluación de impactos económicos y sociales generados por la reducción esperada de emisiones que genera cada medida de mitigación de GEI. Para luego ordenar las medidas según costo efectividad, con inclusión de co-beneficios y sin ella.

### **Métodos ó Desarrollo experimental** *Modelación de la Línea Base de Emisiones*

La primera etapa para estimar las Emisiones de GEI y de HDP, es determinar el consumo de energía. Luego por medio de Factores de Emisión (FE), se pueden calcular las emisiones de GEI y de HDP. Los FE para cada contaminante dependen principalmente del energético y de la tecnología utilizada. Los contaminantes considerados son los siguientes:

- GEI: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>o
- HDP: PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, COVNM y NH<sub>3</sub>

Los modelos sectoriales desarrollados tienen distintos enfoques, dependiendo del nivel de información. Pero todos proyectan el consumo de cada energético en base al nivel de actividad esperado y a la evolución de la matriz tecnológica. Se utilizaron modelos Bottom-Up (Más caracterizados a nivel tecnológico), cuando se contaba con mayor información del sector y para el resto de los casos se optó por modelos econométricos de tipo Top-Down. En la tabla 1 se muestra la selección de modelo para cada sub-sector.

*Tabla 1.* Tipo de Modelo Sectorial utilizado

<b>Sector</b>	<b>Subsector</b>	<b>Modelo Utilizado</b>
Energía	Generación Eléctrica	Modelo Bottom-UP
	Gas y Coke	Modelo Top-Down
	Petróleo y Gas	
	Carbón y Leña	
	Gas y Metanol	
Transporte	Aéreo	Modelo Bottom-UP
	Ferrovionario	
	Marítimo	
	Terrestre	

Sector	Subsector	Modelo Utilizado
Industria	Cobre	Modelo Top-Down
	Salitre	
	Hierro	
	Celulosa	
	Siderurgia	
	Petroquímica	
	Cemento	
	Azúcar	
CPR	Industria y Minas Varias	Modelo Top-Down
	Comercial y Publico	
	Residencial	

Los FE para GEI utilizados son los Tier1 del (IPCC 2006). Los modelos Bottom-Up contaban con FE para HDP asociados a cada tecnología utilizada (obtenidos de (SECTRA & SistemasSustentables 2010) y (MG & L. A. Cifuentes 2010)). Mientras que para los modelos Top-Down, se conservo para cada región la razón entre emisiones de HDP y emisiones de CO<sub>2</sub>, para cada sector, obtenidos de los inventarios de emisiones regionales, considerando un factor de mejoras tecnológicas obtenido de (IIASA 2010).

### *Determinación del Potencial de Mitigación*

Para determinar las medidas de mitigación y determinar el potencial de penetración de cada una de estas, se analizaron estudios anteriores que determinaron los costos de mitigación ((Centro de Cambio Global UC 2009) y en (POCH & Centro de Cambio Global UC 2010)). Estos estudios definen tres escenarios de mitigación para cada medida Bajo, Medio y Fuerte. El listado de medidas se presenta en la tabla 2.

*Tabla 2.* Medidas de mitigación consideradas

Sector	Subsector	Medida
Energía	Generación Eléctrica	Aumento capacidad mini-hidro
		Aumento capacidad eólica
		Instalación capacidad geotérmica
		Aumento capacidad biomasa
		Instalación capacidad mareomotriz

Sector	Subsector	Medida
Energía	Generación Eléctrica	Instalación central nuclear Aumento capacidad solar
Industria	General	Cogeneración Motores Eficientes
CPR	Residencial	Aislación Viviendas Calderas de Condensación Colectores Solares Duchas Eficientes Electrodomésticos Eficientes Calentadores Eficientes Iluminación Residencial Eficiente Reducción Pérdidas Standby Refrigeración Residencial Eficiente
	Comercial	Refrigeración Comercial Eficiente
Transporte	Terrestre	Conducción eficiente Expansión Líneas de Metro Mejoras Aerodinámicas en Camiones Renovación parque de camiones de carga Renovación parque de vehículos livianos Vehículos Híbridos Buses Híbridos Vehículos Híbridos Plug-in Subvención Transporte Publico Impuesto a Combustibles Carga en Ferrocarril Biocombustibles

### *Estimación costos asociados a las medidas*

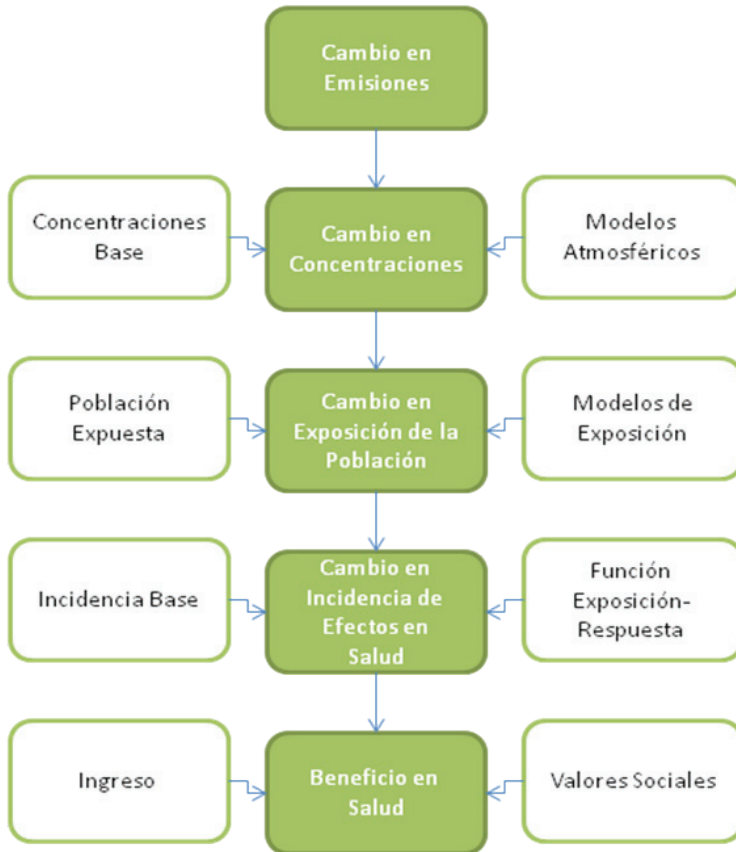
Los costos fueron obtenidos de los estudios de referencia:

- (Centro de Cambio Global (UC) , 2009)
- (POCH Ambiental & Centro de Cambio Global UC 2010)

Se utilizó una tasa de descuento social de un 6%.

*Estimación de los Beneficios a la Salud Asociados a las medidas*

Para llevar a cabo una evaluación económica de los impactos en salud, se utilizó el método conocido como la función de daño que se resume en la Figura 1.



*Figura 1.* Esquema del método de la función de Daño

El método de la función de daño comprende una secuencia de modelos interrelacionados. En primer lugar se dispone de un modelo que estima los cambios en emisiones producto de cambios en el nivel de actividad de las fuentes, luego un modelo que estima el cambio en concentraciones ambientales resultante de los cambios en emisiones, luego un modelo que vincula los cambios en concentraciones de MP2.5 con los cambios en la incidencia de efectos nocivos sobre la salud de la población. Finalmente, se valoriza el cambio en la incidencia de los efectos usando valores sociales.

Los Beneficios a la salud evaluados y sus parámetros más relevantes son los siguientes:

- Mortalidad Prematura por exposición a largo plazo 0.6 %/ugm-3MP2.5 (Pope et al 2002).
  - Escenario High: Valor de la Vida Estadística (VVE) USD1.5M (Estimación alta de (Cifuentes et al 2000) )
  - Escenario Low: Valor de la Vida Estadística (VVE) USD0.42M (Estimación baja de (Cifuentes et al 2000) )
- Morbilidad:
  - Admisiones hospitalarias
  - Visitas a salas de emergencia
  - Días laborales perdidos
  - Días de actividad restringida
  - Síntomas

## Resultados

El BAU de GEI por sector (Figura 2) muestra un crecimiento importante para todos los sectores, aunque destaca el sector energía, que producto del aumento esperado en la participación de las centrales a carbón en la matriz eléctrica es el que más aumentará sus emisiones hacia el 2030.

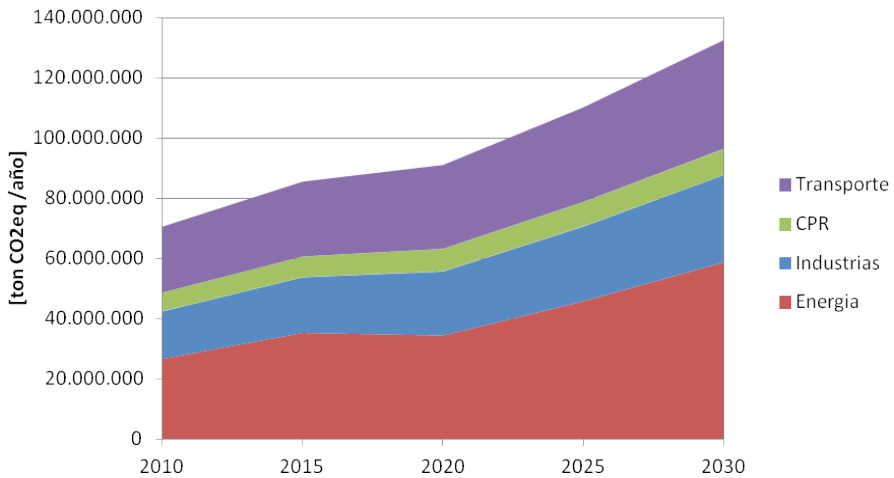


Figura 2. Línea Base de Emisiones GEI por sector

La Figura 3 muestra la fuerte correlación entre las emisiones de GEI y HDP.

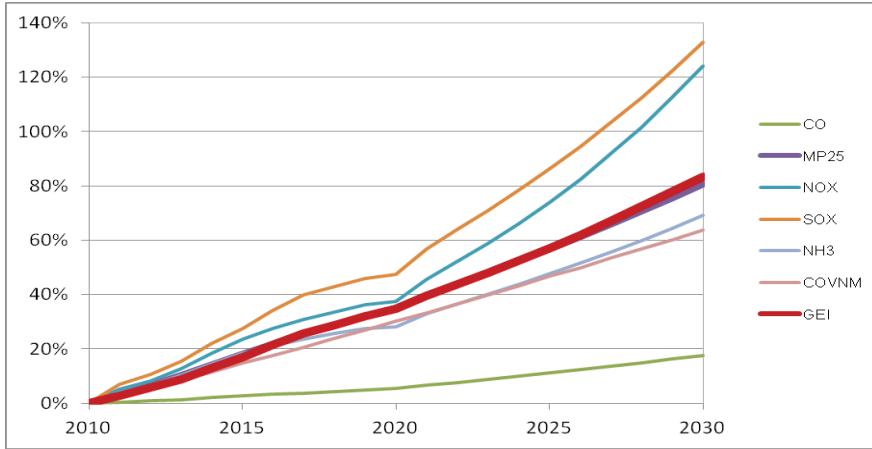


Figura 3. Variación porcentual de las emisiones de cada contaminante en relación al año base.

La Figura 4 muestra la curva de costos de mitigación obtenida para el escenario medio de mitigación.

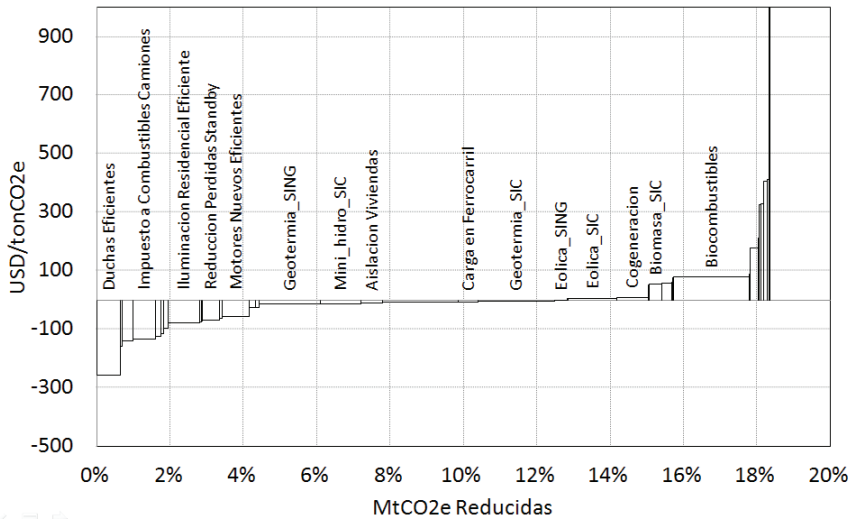
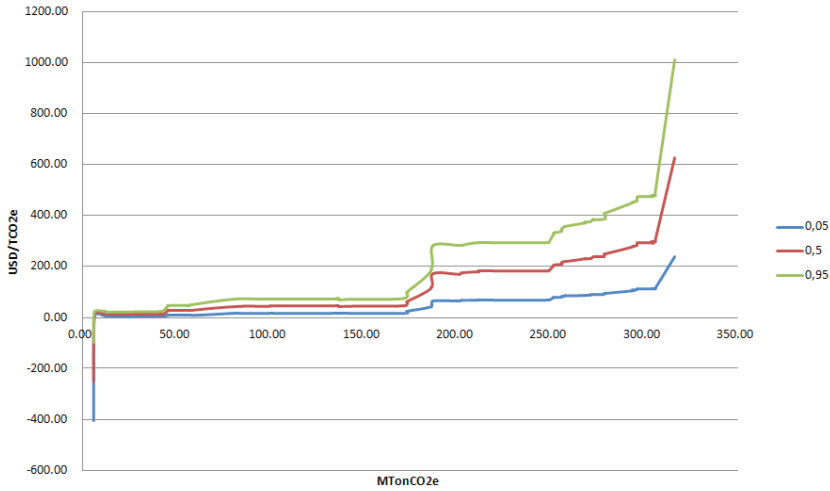


Figura 4. Curva de costos de mitigación de GEI

La Figura 5 muestra la curva de co-Beneficios (con el respectivo intervalo de confianza) obtenidos para el escenario medio de mitigación y de valoración High.



*Figura 5.* Curva de Co-Beneficios de Mitigación para el escenario High de Valoración

La Tabla 3 muestra los co-Beneficios medios para las medidas más relevantes. Se puede apreciar que en general son bastante altos.

*Tabla 3.* Co-Beneficios por medida de Mitigación de GEI

<b>Medidas</b>	<b>Escenario Low</b>	<b>Escenario High</b>
Aislación térmica de viviendas	-174	-627
Electrodomésticos Eficientes	-83	-299
Iluminación Eficiente	-78	-281
Chatarrización de Camiones	-70	-253
Subsidio al Transporte Público	-68	-246
Taxis Híbridos	-60	-217
BioCombustibles	-51	-183
Vehículos Híbridos Plug-in	-49	-175
Energías Renovables sin combustión	[-4,-13]	[-15,-47]
Generación en base a Biomasa	69	249
Mediana de las medidas	-58	-210

La Figura 6 muestra la confrontación de los costos medios de mitigación con los co-Beneficios (con la variabilidad entre el escenario low y high). Se puede apreciar que varias medidas al considerar los co-beneficios, pasarían a tener un costo neto negativo.

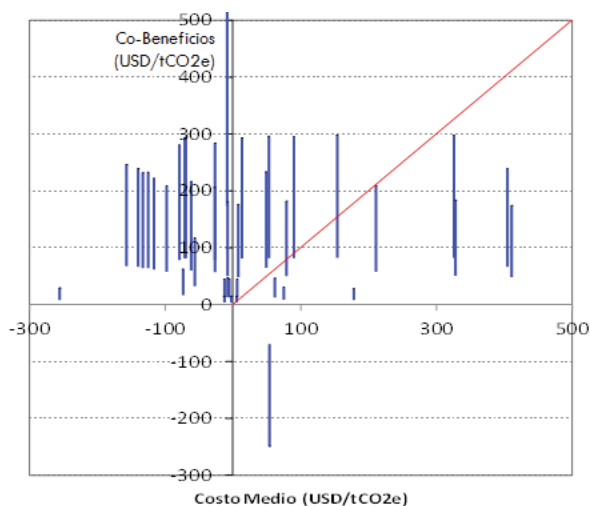


Figura 6. Costos v/s Co-Beneficios de Mitigación de GEI

### Conclusiones

Se espera que las emisiones de GEI y las de contaminantes locales, tengan una correlación positiva muy fuerte en Chile en las próximas décadas. Del BAU proyectado se desprende que Chile debiera duplicar sus emisiones en 20 años.

Las medidas de mitigación evaluadas, resultan insuficientes en su conjunto para alcanzar la meta del 20% de reducción para el 2020. En el escenario Medio de mitigación, esto hace ver que si Chile quiere alcanzar esta ambiciosa meta, deberá considerar medidas adicionales o consideración una mayor penetración de las medidas de mitigación acercándose al escenario Fuerte de mitigación.

El análisis de los Co-beneficios a la Salud Humana, para las medidas de mitigación demuestra ser relevante, dado que:

- Prácticamente todas las medidas de mitigación (41 de 42) tienen Co-Beneficios positivos, siendo la única excepción, la generación eléctrica en base a Biomasa.
- Los Co-Beneficios son mayores a los costos de mitigación, para 10 medidas con costos negativos, haciendo rentables estas medidas.
- Luego de considerar los Co-Beneficios solo 9 medidas de mitigación tienen costos totales negativos.

Del análisis de los resultados se desprende que considerar los Co-Beneficios a la salud humana, es útil y relevante para priorizar la implementación de las medidas de mitigación de GEI.



### Referencias

- CENTRO DE CAMBIO GLOBAL UC (2009). Estimaciones de Costo y Potencial de Abatimiento de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para Diferentes Escenarios Futuros. Estudio realizado para el Ministerio de Hacienda.
- CIFUENTES, L. A., J. VEGA, ET AL. (2000). "Effect of the Fine Fraction of Particulate Matter versus the Coarse Mass and Other Pollutants on Daily Mortality in Santiago, Chile." *Air & Waste Management Association* 50: 1287-1298.
- DICTUC (2010). Elementos para definir una Estrategia Nacional en la Gestión y Regulación de los Contaminantes Material Particulado Respirable (MP10) y Material Particulado Fino (MP2.5), Estudio preparado para CONAMA RM.
- IIASA (2010). "GAINS Annex I." from <http://gains.iiasa.ac.at/index.php/gains-annex-1>.
- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- MG & L. A. Cifuentes (2010). Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de una Norma de Emisión para Termoeléctricas.
- POCH Ambiental & Centro de Cambio Global UC (2010). Análisis de Opciones Futuras de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para Chile en el Sector Energía. Estudio realizado para CONAMA.
- POPE, C. A., 3rd, R. T. Burnett, et al. (2002). "Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution." *Jama* 287(9): 1132-1141.
- SECTRA & SISTEMAS SUSTENTABLES (2010). Análisis y Desarrollo de una Metodología de Estimación de Consumos Energéticos y Emisiones para el Transporte.

[2]

# Determinación de COV's en el aire intramuros y extramuros de PyMEs del Partido de La Plata mediante el uso de monitores de difusión pasiva. Análisis del riesgo asociado

J.E.Colman Lerner<sup>\*,\*\*\*</sup>, J.E.Sambeth<sup>\*\*</sup>, E.Y. Sánchez<sup>\*</sup>, A.A. Porta<sup>\*,\*\*\*</sup>

## Resumen

SE DESARROLLÓ UN muestreo mediante monitores de difusión pasiva (3M-3500) combinado con determinación por CG-FID para la detección de compuestos orgánicos volátiles (COV's) en aire intramuros y extramuros de diferentes PyMEs (pequeñas y medianas empresas) en el Partido de La Plata, provincia de Buenos Aires. Fueron analizados laboratorios químicos, talleres textiles, talleres de electromecánica y pintura, casa de comida y un local de fotocopias. Se optimizó la metodología analítica para la cuantificación 23 COV's (n-alcanos, cicloalcanos, compuestos aromáticos, compuestos clorados, cetonas y compuestos terpenoides) con límites de cuantificación del orden del  $\mu\text{g m}^{-3}$ . Para la evaluación del riesgo asociado a dicha exposición, tanto para los trabajadores de las PyMEs como para la población circundante, se utilizaron índices específicos para compuestos carcinogénicos (benceno, cloroformo y tricloroetileno, grupo 1A y 2B respectivamente) y no carcinogénicos (tolueno, xilenos, hexano). Respecto de los niveles intramuros se encontraron los mayores niveles de COV's en el taller de electromecánica y pintura (hexano, BTEX, cloroformo y tetracloruro de carbono) seguido por los laboratorios de análisis químicos junto con el taller textil. Los niveles extramuros, se relacionan básicamente con el tránsito vehicular (BTEX), con

<sup>\*</sup> Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA). Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. 47 y 115. 1900 – La Plata.

<sup>\*\*</sup> Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas (CINDECA -FCE-UNLP-CCT La Plata CONICET), La Plata, 1900, Argentina.

<sup>\*\*\*</sup> División Química Analítica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.

valores entre 0,5 y 6  $\mu\text{g m}^{-3}$ . Los niveles de riesgo presentan una clara correlación con los niveles de COVs. Para los carcinógenos tanto en el taller de electromecánica y pintura, como en laboratorios de análisis químicos, estas concentraciones son superiores a los aceptables por la Organización Mundial de la Salud.

**Palabras clave:** Monitoreo COV's, calidad de aire y riesgo, evaluación de riesgo

## Introducción

ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS RECIENTES evidencian como la exposición crónica a contaminantes relacionados al tráfico vehicular y la industria química y petroquímica, tales como material particulado en suspensión, hidrocarburos aromáticos policíclicos, compuestos orgánicos volátiles,  $\text{SO}_2$ , ozono y  $\text{NO}_x$ , producen efectos adversos al desarrollo y la función pulmonar, además del incremento de la morbilidad respiratoria, en particular, los compuestos volátiles orgánicos (COVs) comprenden un grupo importante de contaminantes de aire. La exposición a COVs está asociada con efectos a nivel respiratorio y alergias (1,2).

El estudio del aire intramuros se hace necesario debido a la existencia de un gran número de fuentes internas de emisión, y el hecho que en las áreas urbanas modernas, la gente pasa más del 70% de su tiempo dentro de casa. La situación se complica por la existencia de una amplia gama de ambientes interiores, tales como casas, escuelas, casas de comida, locales de fotocopia, PyMEs, etc. Cada uno de estos microambientes se ven afectados por una o más fuentes potenciales de compuestos orgánicos volátiles, incluyendo las siguientes: el uso de solventes y otros derivados del petróleo, obras en construcción o el suministro de materiales, calefacción y equipo de cocina, tales como estufas de gas y querosén o calentadores de aceite, la infiltración de compuestos orgánicos volátiles provenientes del aire extramuros (3,4).

Para el monitoreo y análisis de COVs se utilizó como metodología el uso de monitores 3M 3500 y su posterior desorción con una mezcla diclorometano (50%)-metanol (50%) y análisis mediante cromatografía gaseosa de 23 COVs representativos de diferentes fuentes de emisión.

Para la evaluación del riesgo asociado a dicha exposición, tanto para los trabajadores de las PyMEs como para la población circundante, se utilizaron índices específicos para compuestos carcinogénicos (benceno, tricloroetileno y cloroformo, grupo 1A y 2B respectivamente) y no carcinogénicos (tolueno, xilenos, hexano) (4,5).

### Metodología

La metodología utilizada para el monitoreo de COVs por nuestro grupo de investigación consiste en la colocación de equipos monitores pasivos (3M 3500) en PyMEs en ambientes intramuros (6,7). Los rubros de PyMEs estudiadas fueron: un Taller de electromecánica y pintura (TEP, 5 muestras), taller textil (TT, 3 muestras), local de comida (LC, 3 muestras), laboratorios de análisis químicos (LAQ, 10 muestras) y local de fotocopias (LF, 3 muestras). El período de muestreo fue de 30 días, período que permite alcanzar la sensibilidad adecuada, y obtener una muestra integrada de la concentración de exposición para quienes habitan en ese lugar.

Fueron analizados 23 COVs y la calibración se realizó mediante el uso de soluciones estándares de los mismos. Las condiciones de trabajo fueron las siguientes: cromatógrafo gaseoso Agilent serie 6890N, columna zebron ZB-624 de 30 m x 320  $\mu\text{m}$  x 1,80  $\mu\text{m}$ , detección FID.

La concentración media  $C$  de cada componente (en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) durante el intervalo de muestreo se calculó según la fórmula adoptada en el Boletín de Aplicación de 3M (8):

$$C = mA/rt$$

Donde  $m$  es la masa absoluta del contaminante adsorbido (en  $\mu\text{g}$ ),  $t$  el intervalo de tiempo muestreado (en minutos),  $r$  el factor de recuperación y  $A$  es una constante que incluye el coeficiente de difusión del contaminante, el área de difusión de la pastilla de carbón activado y la distancia de difusión dentro del muestreador 3M.

El cálculo de riesgo de cáncer requiere el potencial cancerígeno de un compuesto específico y la exposición media del grupo objetivo. El riesgo de cáncer de toda la vida (LCR) asociado al benceno (grupo A, conocido carcinógeno), cloroformo (grupo B2, probable cancerígeno) y tricloroetileno (grupo B2, probable cancerígeno) en las diferentes áreas de estudio se ha calculado mediante la multiplicación de la ingesta diaria crónica (CDI) por el factor de potencia del sistema IRIS (para cada objetivo la CDI en  $\text{mg kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$  se calculó con la siguiente ecuación:

$$CDI = \frac{CC \times IR \times ED \times EF \times LE}{BW \times ATL \times NY}$$

Donde  $CC$  es la concentración del contaminante (mediana en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ), la tasa de inhalación  $IR$  ( $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ ),  $ED$  la duración de exposición (h por semana),  $EF$  la frecuencia de exposición (semanas por año),  $LE$  la duración de exposición

(años), BW el peso corporal (kg), ATL el promedio de vida (período durante el cual se promedia la exposición), NY el número de días al año expuesto.

La duración de la exposición (LE) se calculó como la edad media menos la edad media de inicio laboral para cada población laboral del sitio muestreado, este valor juntos a los otros parámetros se muestran en la tabla 1. El factor de absorción de los compuestos orgánicos volátiles para el ser humano se supone que es del 90%. Los valores de CDI para el benceno, el cloroformo y el tricloroetileno utilizados fueron 0,029, 0,013 y 0,081  $\text{kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , respectivamente (US EPA).

*Tabla 1.* Variables usadas para calcular LCR

	TEP	TT	LAQ	LC	LF
IR	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
ED	40	40	40	40	40
EF	48	48	48	48	48
LE	8.5	27	22	12	22.5
BW	70	70	70	70	70
ATL	47	47	47	47	47
NY	240	240	240	240	240

La Organización Mundial de la Salud (WHO) considera como "aceptable" valores de LCR en el rango entre  $1 \times 10^{-5}$  y  $1 \times 10^{-6}$ , mientras que la EPA recomienda un LCR en  $1 \times 10^{-6}$  (9,10). El riesgo para compuestos no cancerígenos se estimaó mediante el uso de las concentraciones de referencia de inhalación (RfC en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ). El valor de RfC se define como un estimado de exposición a la inhalación continua de la población humana en donde es probable que se produzca un riesgo debido a los efectos nocivos no cancerígenos a la salud durante toda la vida (EE.UU. EPA, 1994). La exposición en cada una de las PyME se calcula dividiendo la concentración del contaminante (CC en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) con el respectivo valor de RfC, el "punto de referencia de salud" no cancerígeno para calcular un riesgo y lo denominamos "HQ".

$$HQ = \frac{CC}{RfC}$$

Los valores de RfC para el tolueno (grupo D, no clasificable), xileno (grupo D, no clasificable) y hexano (grupo D, no clasificable) utilizados fueron de 400, 300 y 200  $\mu\text{g m}^{-3}$ , respectivamente. Valores de  $HQ > 1$  indica que la concentración de COV es superior a la concentración de referencia y podría ser un problema de salud pública. Si  $HQ \leq 1$ , ningún daño se esperaba debido a que la exposición fue por debajo del umbral.

## Resultados y Discusión

En cuanto al monitoreo, se observó que los niveles de COVs en el taller de electromecánica y pintura son varias veces superiores a los otros sitios muestreados en varios ordenes de magnitud, mayormente en cloroformo, tetracloruro de carbono, tolueno y xilenos (Tabla 2). Estos resultados son esperables dadas las actividades habituales en este tipo de talleres, en donde se utilizan solventes orgánicos como insumos frecuentes para las operaciones de pintado, limpieza de partes mecánicas. Una situación similar se observa para los laboratorios de análisis químicos, especialmente con los compuestos clorados, usados como solventes universales para una gran cantidad de pretratamientos de muestras y análisis.

Niveles de COVs intramuros y extramuros obtenidos por nuestro grupo de trabajo en estudios previos se muestran en la tabla 3.

Los resultados de LCR (tabla 4) para el benceno y el tricloroetileno se muestran entre uno y dos ordenes de magnitud mayor para el taller de electromecánica y pintura, y para el cloroformo el valor de LCR es un orden de magnitud mayor que respecto el taller de electromecánica y pintura y dos órdenes de magnitud mayor que los otros sitios. Utilizando los criterios de la WHO y US EPA, los valores de LCR para el benceno, el cloroformo y el tricloroetileno para el aire intramuros en el taller de electromecánica son inaceptables. Lo mismo ocurre con niveles de cloroformo en los laboratorios de análisis químico. Los valores LCR para otros sitios analizados están dentro del rango de aceptabilidad.

Tabla 2. Niveles de COVs ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) en las distintas PyMEs

Compuesto	TEP		LAQ		LC		LF		TT		LD
	mediana	media	mediana	media	mediana	media	mediana	media	mediana	media	
Hexano	49.5	171.8	5.5	17.3	ND	ND	ND	ND	4.2	20.3	0.3
Metilacetona	23.7	154.6	0.9	0.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
Cloroformo	47.7	175.3	63.3	80.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
Ciclohexano	ND	ND	ND	ND	1.7	2.3	ND	ND	ND	ND	0.3
Tetracloruro de carbono	436.4	436.5	21.4	96.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.7
Benceno	28.81	59.2	5.38	6.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2
1,2-Dicloroetano	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.6
Tricloroetileno	109.4	109.5	0.9	1.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
Metilciclohexano	71.0	43.8	0.7	2.3	1.0	1.2	1.1	1.3	ND	ND	0.4
Metilisobutilacetona	328.0	296.7	1.2	0.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.4
Tolueno	601.4	243.1	9.2	7.7	1.4	1.9	3.0	3.4	1.5	6.3	0.4
Percloroetileno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.1
2-Hexanona	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
Etilbenceno+m-Xileno	384.9	379.1	3.1	6.3	ND	ND	ND	ND	4.6	33	0.4
p-Xileno	836.5	721.8	2.2	11.8	0.5	0.3	2.1	2.7	ND	ND	0.5
o-Xileno	959.6	257.9	9.0	15.71.7	ND	ND	ND	ND	0.7	5.0	0.5
Estireno	160.3	168.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.9
Cumeno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
Decano	ND	ND	ND	ND	1.6	1.7	1.3	1.5	2.6	1.8	0.6
Limoneno	ND	ND	ND	ND	1.8	2.0	ND	ND	2.0	1.5	0.4
Dodecano	ND	ND	ND	ND	1.2	0.9	1.1	0.7	1.9	1.4	0.5
Naftaleno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.8

LD = límite de detección; ND = no detectable

**Tabla 3.** Niveles de COVs (medianas en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) en las distintas aire intramuros y extramuros en La Plata

<b>Compuesto</b>	<b>intramuros</b>	<b>extramuros</b>
Hexano	5.42	4.64
Metiletilcetona	0.66	0.92
Cloroformo	1.90	3.06
Cliclohexano	0.06	1.67
Tetraclorurodecarbono	2.15	0.86
Benceno	6.07	6.53
1,2-Dicloroetano	0.06	ND
Tricloroetileno	0.03	ND
Metilciclohexano	1.28	1.01
Metilisobutilcetona	4.86	6.35
Tolueno	1.35	1.13
Percloroetileno	0.08	0.12
2-Hexanona	6.76	1.58
Etilbenceno+m-Xileno	6.08	0.95
p- Xileno	1.09	0.37
o- Xileno	0.53	0.12
Estireno	5.42	4.64
Cumeno	0.66	0.92
Decano	1.90	3.06
Limoneno	0.06	1.67
Dodecano	2.15	0.86
Naftaleno	6.07	6.53

ND = no detectable

Niveles de COVs intramuros y extramuros obtenidos por nuestro grupo de trabajo en estudios previos se muestran en la tabla 3.

Los resultados de LCR (tabla 4) para el benceno y el tricloroetileno se muestran entre uno y dos ordenes de magnitud mayor para el taller de electromecánica y pintura, y para el cloroformo el valor de LCR es un orden de magnitud mayor que respecto el taller de electromecánica y pintura y dos órdenes de magnitud mayor que los otros sitios. Utilizando los criterios de la WHO y US EPA, los valores de LCR para el benceno, el cloroformo y el tricloroetileno para el aire intramuros en el taller de electromecánica son inaceptables. Lo mismo ocurre con niveles de cloroformo en los laboratorios de análisis químico. Los valores LCR para otros sitios analizados están dentro del rango de aceptabilidad.



*Tabla 4.* Niveles de LCR para los distintos sitios estudiados.

Sitio	Benceno	Tricloroetileno	Cloroformo
Taller de electromecánica y pintura	1.44E-04	2.50E-04	6.80E-04
Laboratorios de análisis químicos	8.71E-05	6.53E-06	2.86E-03
Local de comidas	<2.37E-06	<3.13E-06	<1.84E-05
Centro de fotocopias	<1.29E-06	<1.71E-06	<1.00E-05
Taller textil	<2.43E-06	<3.2E-06	<1.88E-05

Al evaluar los valores obtenidos para HQ (tabla 5) se ha observado que sólo para el taller de electromecánica y pintura se obtienen valores superiores a 1 para el benceno y cloroformo, y en el caso de los laboratorios de análisis químicos sólo tienen valores superiores a 1 para cloroformo.

*Tabla 5.* Niveles de HQ para los distintos sitios estudiados

Sitio	Tolueno	Xileno	Hexano
Taller de electromecánica y pintura	1.504	2.788	0.248
Laboratorios de análisis químicos	0.023	0.027	0.007
Local de comidas	0.004	0.002	<0.001
Centro de fotocopias	0.007	0.007	<0.001
Taller textil	0.004	<0.002	0.021

### Conclusiones

El monitoreo del aire intramuros reveló que los altos niveles de COVs están asociados con los lugares donde se utilizan disolventes con frecuencia, ya sea para la dilución de pintura o limpieza de piezas mecánicas (reparación electromecánico y el centro de la pintura coche), o como disolventes de las tintas y / o de tóner utilizados en la impresión obras (centros fotocopia), y también por su uso en procesos químicos (cloroformo para laboratorios). Sin embargo, los altos niveles inusuales de hexano y BTEX asociados con los lugares de taller textil se puede explicar por contaminación procedente del aire exterior, debido a la proximidad a al taller de electromecánica y pintura.

Respecto a la evaluación de riesgo para la salud, los resultados mostraron valores de LCR para el benceno y el tricloroetileno mayor en el caso del taller de electromecánica y pintura respecto a los otros sitios estudiados; siendo el valor de LCR de cloroformo mayor en el caso de laboratorios de análisis químicos respecto a los otros sitios analizados. En referencia a los valores de HQ, los valores obtenidos mostraron que sólo en

el caso del taller de electromecánica y pintura se obtuvieron valores superiores a 1 para el benceno y cloroformo, y en el caso de los laboratorios de análisis químicos, sólo tienen valores superiores a 1 para cloroformo.

Estos hechos demuestran la importancia del uso de tecnologías para la eliminación y/o reducción de los niveles de COVs (11), para mitigar su impacto en la salud del trabajador y su ventilación a la atmósfera, lográndose niveles consistentes de LCR con los criterios de la WHO y US EPA para proteger la salud pública.

### Referencias

- WHO, 2006. Air quality guidelines of WHO for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02. WHO 2006. [http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)
- TANAKA ET AL, 2000. *Environ.Sci. Technol.*, 34 (21), 4470-4473
- MINKIN, HARRAD, HARRISON, 2001. *Environ. Sci. Technol.* 35, 997-1004.
- GUO H., LEE S.C., CHAN L.Y., LI W.M., 2004. Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. *Environmental Research* 94, 57-66.
- PAYNE-STURGES D.C., BURKE T.A., BREYSSE P., DIENER-WEST M., BUCKLEY T.J., 2004. Personal exposure meets risk assessment: A comparison of measured and modeled exposures and risks in an urban community. *Environmental Health Perspectives*, volume 112, number 5.
- MASSOLO L., REHWAGEN M., PORTA A., RONCO A., HERBARTH O., MUELLER A., 2010. Indoor-Outdoor Distribution and Risk Assessment of Volatile Organic Compounds in the Atmosphere of Industrial and Urban Areas. *Environmental Toxicology*, 25(4), 339-349.
- COLMAN LERNER J.E., MORALES A., AGUILAR M., BARRIONUEVO P., DITONDO J., PORTA A., MASSOLO L., DODERO V., 2011. Air Quality in Urban and Industrial in the province in Buenos Aires. Comparative study between La Plata and Bahía Blanca. Air and water pollution in Argentina. Contributions of the Third Congress PROIMCA 2011. Editor Puliafito, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, 257-268.
- 3M OCCUPATIONAL HEALTH AND ENVIRONMENTAL SAFETY DIVISION, 2000. 3M Technical Data Bulletin. Organic Vapor Monitor Sampling and Analysis Guide. 3M Organic Vapor Monitor 3500/3510 and 3M Organic Vapor Monitor 3520/3530. [http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSu7zK1fslxtUo8\\_U4x2vev7qe17zHvTSevTSeSSSSSS--&fn=OVMAAnalysisGuide.pdf](http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSu7zK1fslxtUo8_U4x2vev7qe17zHvTSevTSeSSSSSS--&fn=OVMAAnalysisGuide.pdf).
- UNEP-ILO-WHO, 2009. Environmental Health Criteria 239. Principles for Modelling Dose-Response for the Risk Assessment of Chemicals. Published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the

International Labour Organization and the World Health Organization. WHO, Geneva.

CAL EPA, 2002. California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazards Assessment (<http://oehha.ca.gov/> Cal EPA 2002).

COLMAN LERNER J.E, PELUSO A., PORTA A., THOMAS H, SAMBETH J.E, 2010. Catalytic removal of a mixture of chlorinated and aromatic organic compounds used as industrial solvents. XXII CICAT – Iberoamerican Congress on Catalysis.

[3]

# Cuantificación de la Relación Concentración-Respuesta entre Exposición a PM<sub>2.5</sub> y Mortalidad en Chile a través de Juicio Experto Estructurado

Pamela Cisternas\*, Nicolás Bronfman\*,  
Raquel Jiménez\* and Luis Cifuentes\*\*

## Resumen

EN ESTE TRABAJO se busca cuantificar la relación concentración-respuesta entre exposición a material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) y mortalidad en las Zonas Norte, Centro y Sur de Chile. Para esto se implementa una metodología de Juicio Experto Estructurado donde se consulta a expertos en un área específica. La habilidad de los expertos de caracterizar la incertidumbre se evaluará usando variables de calibración o semilla, las cuales se refieren a cantidades que no son conocidas por los expertos al momento de la elicitación, pero sí por los encargados de realizar el estudio. Esto significará un aporte de relevante información para estimar el impacto social asociado a medidas regulatorias de reducción y mitigación de contaminantes atmosféricos en Chile.

**Palabras Clave:** Material Particulado Fino, Elicitación Experta, Mortalidad Prematura.

## 1. Introducción

CHILE COMO PAÍS en desarrollo ha experimentado un fuerte crecimiento económico en las últimas décadas. Esto ha derivado en un considerable aumento en los niveles de contaminación atmosférica. A pesar de los avances en la reducción de éstos niveles, aún existen ciudades con altas concentraciones debi-

\*Departamento de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.

\*\*Departamento de Ingeniería Industrial y Sistemas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

do a las diferencias geográficas y climatológicas de las Zonas Norte, Centro y Sur del país. Hasta ahora en Chile no se han realizado estudios que cuantifiquen el incremento en el riesgo de muerte prematura debido a exposición crónica a contaminación atmosférica, y sólo un número muy reducido de ellos se ha centrado en estimar los efectos por exposición aguda, en Santiago (Cifuentes et al. 2000), Temuco (Sanhueza H et al. 2006), Chillán (Celis et al. 2006), entre otros (Ostro et al. 1995; Cakmak et al. 2007; Castro et al. 2010).

El material particulado fino ( $PM_{2.5}$ , por su sigla en inglés) es uno de los mayores problemas ambientales de las sociedades moderna (WHO 2005). Numerosos estudios internacionales han proporcionado evidencia acerca de la relación entre exposición a  $PM_{2.5}$  y el incremento en el riesgo de desarrollar efectos adversos a la salud tales como, muertes prematuras (Hoek et al. 2000; Samet et al. 2000; Dominici et al. 2003; Ostro et al. 2006), especialmente por causas cardiovasculares (Gold et al. 2000; Brook et al. 2002) y respiratorias (Ackermann-Lieblich et al. 1997; Abbey et al. 1998), entre otras. Sin embargo, estudios epidemiológicos con respecto a la cuantificación de efectos adversos a la salud por exposición crónica a  $PM_{2.5}$  son escasos (Dockery et al. 1993; Pope 3rd et al. 1995; Samet et al. 2000). Dentro de las razones que explican esta carencia de estudios en el largo plazo destacan el alto costo económico que involucra este tipo de estudio, el excesivo tiempo que tardan en obtener resultados concluyentes, y las discrepancias existentes entre los distintos expertos que desarrollan estas investigaciones. La importancia de estudios epidemiológicos radica en que sus resultados, específicamente las funciones Concentración-Respuesta (C-R), se utilizan para estimar los impactos de la contaminación atmosférica en la salud de la población. Idealmente, deben utilizarse los coeficientes C-R obtenidos localmente, dado que éstos consideran las características de la población y composición de contaminantes locales. De no existir, se considera razonable, aunque no ideal, utilizar coeficientes desarrollados en otros países.

Las políticas públicas que directa o indirectamente abordan las emisiones de  $PM_{2.5}$  se desarrollan e implementan constantemente debido a la gran cantidad de evidencia epidemiológica disponible, esto implica que entes gubernamentales deban estar en conocimiento de la información actualizada. El Juicio Experto Estructurado (Cooke R.M. 1999), es una metodología con la cual se obtiene información de expertos en un área específica acerca del conocimiento e interpretación de la investigación más reciente.

Teniendo en mente lo antes expuesto, el propósito de este estudio será cuantificar mediante la implementación de un proceso de Elicitación Experta Estructurada la relación concentración-respuesta entre exposición a  $PM_{2.5}$  y mortalidad en Chile. El proceso de Elicitación Experta Estructurada tendrá como objetivo que un panel de expertos nacionales cuantifique variaciones en mortalidad anual y diaria como causa de reducciones deseables en la concentración

local de  $PM_{2.5}$ . Los expertos entregarán los resultados de sus estimaciones en percentiles (5%, 50% y 95%), con el fin de reflejar la incertidumbre asociada a cada parámetro. Además, el panel experto deberá estimar el valor de un conjunto de variables de graduación que serán utilizadas para calibrar sus juicios individuales y obtener finalmente una distribución combinada de sus estimaciones. Se espera utilizar los resultados de este estudio en la cuantificación del impacto social asociado a medidas regulatorias de reducción y mitigación de contaminantes atmosféricos en Chile.

## 2. Metodología

La metodología utilizada en este estudio sigue la Guía de Procedimiento para Juicio Estructurado Experto descrito extensamente en Cooke y Goossens (Cooke R.M. 1999). El protocolo consiste en las siguientes 15 etapas:

### 2.1 Preparación para la Elicitación

1. Definición del Caso de Investigación. Se deben especificar todos los asuntos que serán considerados en el estudio de juicio experto, como por ejemplo, objetivos, información sobre el uso de resultados y qué asuntos deben tomarse o no en cuenta para estimar la incertidumbre.
2. Identificación de las Variables Objetivo. Lista de variables cuya incertidumbre debe ser cuantificada.
3. Identificación de las Variables de Consulta. Son variables que los expertos deben cuantificar en la Sesión de Elicitación (ver etapa 10). Representan cantidades que son físicamente posibles, aunque difícilmente medibles en la práctica mediante procedimientos con los que los expertos estén familiarizados. Si una variable objetivo cumple con estos requerimientos es apropiada para elicitación directa, y por lo tanto es también una variable de consulta. Pero si la variable objetivo no cumple los requerimientos, no puede ser cuantificada en elicitación directa, por lo que se debe buscar otra variable (Van der Fels Klerx et al. 2005).
4. Identificación de las Variables Semilla. Son variables cuyos valores reales, en el momento de la elicitación, son desconocidos para los expertos, pero conocidos para el analista (o se vuelven conocidos en el transcurso del estudio). Son éstas quienes ponderan las evaluaciones expertas individuales, basado en el desempeño del experto en estas variables.
5. Identificación de los Expertos. En esta etapa se genera una lista con la mayor cantidad de expertos en el área de estudio. Para esto existen muchas técnicas, siendo la “nominación entre pares” la más utilizada, donde cada

experto contactado genera una lista de otros expertos. Con esto es posible contactar una gran cantidad y variedad de expertos.

6. Selección de Expertos. Luego de tener una lista de posibles expertos (ver etapa 5), se seleccionan los participantes del panel tomando en cuenta: reputación y experiencia en el campo de interés, número y calidad de publicaciones, reconocimientos recibidos e interés y disponibilidad para el proyecto.
7. Definición del Formato del Documento de Elicitación. Este documento no tiene un formato estandarizado pero puede contener una breve descripción del propósito del estudio, explicación de las medidas de desempeño (ver etapa 4), preguntas de consulta y semilla además de explicar qué temas deben o no tomarse en cuenta en la estimación de incertidumbre y el formato en el cual deben ser entregadas.
8. Ejercicio de Prueba. El objetivo es determinar si el caso de investigación es claro y contiene toda la información y preguntas relevantes. Uno o dos expertos, que no sean partícipes del panel experto, se les solicita que analicen el caso de investigación y entreguen observaciones correspondientes.
9. Sesión de Capacitación de los Expertos. Para optimizar el desarrollo de la encuesta se efectuará una sesión de entrenamiento para los expertos, ya que la mayoría de ellos no están familiarizados con evaluaciones de probabilidad subjetiva en términos de percentiles.

### 2.2 Elicitación

10. Sesión de Elicitación Experta. En esta etapa, los expertos son entrevistados individualmente por el equipo de analistas. Durante la entrevista, se le pide al experto que presente su estimación de las variables semilla y de consulta a través de percentiles (por ejemplo, 5% - 50% - 95%). Finalmente, se le pide que entregue los fundamentos que existan detrás de la estimación probabilística.

### 2.3 Post-Elicitación

11. Combinación de las Evaluaciones Expertas. Para cada variable de consulta, las estimaciones son combinadas en una sola distribución llamada Distribución del Tomador de Decisión (*Decisionmaker's Distribution*). Esto se logra mediante la aplicación del Modelo Clásico de R.M Cooke, el cual se trata en más detalle en la literatura (Cooke et al. 2008).
12. Análisis de Discrepancia y Robustez. El análisis de discrepancia analiza todas las variables de consulta y semillas, determinando en cuáles los

expertos difieren más, para determinar si es posible eliminar las fuentes de discrepancia entre expertos. Por otro lado, el análisis de robustez incluye la remoción de un experto o variable semilla a la vez, y se vuelve a calcular la distribución combinada, para evaluar la pérdida de información de la nueva distribución combinada.

13. Retroalimentación. En este punto los investigadores dan a conocer de manera anónima, los resultados preliminares del estudio a los expertos. Luego de esto, los expertos pueden recalculan sus estimaciones si consideran necesario y se combinan nuevamente las variables (ver etapa 11).
14. Análisis Post-Procesamiento. Este análisis es requerido cuando las variables objetivo no fueron adecuadas como variables de consulta. Esto en base a que los resultados no fueron los esperados, los puntajes de calibración fueron muy bajos, un solo experto tenía buen puntaje de calibración, entre otras. Si es así, y el tiempo o presupuesto del estudio lo permiten, se eligen nuevas variables y se realiza el proceso de elicitación nuevamente.
15. Documentación. Finalmente, se anota toda la información y datos relevantes en un reporte formal, el que será presentado a los analistas y expertos involucrados en el proyecto. Es importante destacar que los resultados de los expertos se tratarán de forma anónima.

### Referencias

- ABBAY, D. E., R. J. BURCHETTE, ET AL. (1998). "Long-term particulate and other air pollutants and lung function in nonsmokers." *American journal of respiratory and critical care medicine* 158(1): 289.
- ACKERMANN-LIEBRICH, U., P. LEUENBERGER, ET AL. (1997). "Lung function and long term exposure to air pollutants in Switzerland. Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults (SAPALDIA) Team." *American journal of respiratory and critical care medicine* 155(1): 122.
- BROOK, R. D., J. R. BROOK, ET AL. (2002). "Inhalation of fine particulate air pollution and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults." *Circulation* 105(13): 1534-1536.
- CAKMAK, S., R. E. DALES, ET AL. (2007). "Air pollution and mortality in Chile: susceptibility among the elderly." *Environmental Health Perspectives* 115(4): 524.
- CASTRO, P., J. VERA, ET AL. (2010). "Polución por material particulado fino (PM 2, 5) incrementa las hospitalizaciones por insuficiencia cardiaca." *Revista chilena de cardiología* 29(3): 306-314.
- CELIS, J. E., R. G. FLOCCHINI, ET AL. (2006). "Analysis of aerosol particles and coarse particulate matter concentrations in Chillan, Chile, 2001-2003." *Journal of the Air & Waste Management Association* 56(2): 152-158.



- CIFUENTES, L. A., J. VEGA, ET AL. (2000). "Effect of the fine fraction of particulate matter versus the coarse mass and other pollutants on daily mortality in Santiago, Chile." *Journal of the Air & Waste Management Association* 50(8): 1287-1298.
- COOKE R.M., G. L. J. H. (1999). *Procedures Guide for Structured Expert Judgment*, TU Delft.
- COOKE, R. M. AND L. L. H. J. GOOSSENS (2008). "TU Delft expert judgment data base." *Reliability Engineering & System Safety* 93(5): 657-674.
- DOCKERY, D. W., C. A. POPE, ET AL. (1993). "An association between air pollution and mortality in six US cities." *New England journal of medicine* 329(24): 1753-1759.
- DOMINICI, F., A. McDERMOTT, ET AL. (2003). "Airborne particulate matter and mortality: timescale effects in four US cities." *American Journal of Epidemiology* 157(12): 1055.
- GOLD, D. R., A. LITONJUA, ET AL. (2000). "Ambient pollution and heart rate variability." *Circulation* 101(11): 1267-1273.
- HOEK, G., B. BRUNEKREEF, ET AL. (2000). "Daily mortality and air pollution in The Netherlands." *Journal of the Air & Waste Management Association* (1995) 50(8): 1380.
- OSTRO, B., R. BROADWIN, ET AL. (2006). "Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: results from CALFINE." *Environmental Health Perspectives* 114(1): 29.
- OSTRO, B., J. M. SANCHEZ, ET AL. (1995). "Air pollution and mortality: results from Santiago, Chile." *World*.
- POPE 3RD, C., M. J. THUN, ET AL. (1995). "Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults." *American journal of respiratory and critical care medicine* 151(3): 669.
- SAMET, J. M., F. DOMINICI, ET AL. (2000). "Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987-1994." *New England journal of medicine* 343(24): 1742-1749.
- SANHUEZA H, P., C. VARGAS R, ET AL. (2006). "Impacto de la contaminación del aire por PM<sub>10</sub> sobre la mortalidad diaria en Temuco." *Revista médica de Chile* 134(6): 754-761.
- VAN DER FELLS KLERX, H., R. M. COOKE, ET AL. (2005). "A Structured Expert Judgment Study for a Model of Campylobacter Transmission During Broiler Chicken Processing." *Risk analysis* 25(1): 109-124.
- WHO (2005). *Air Quality Guidelines. Global Update.*

[4]

# Construcción de un índice de riesgo para dengue en viviendas de la Ciudad de Colón, Entre Ríos (Argentina)

Nora Edith Burroni, María Gabriela Freire, Gabriela Apaz\*

## Resumen

EL VIRUS DEL dengue es transmitido por *Aedes aegypti*, mosquito domiciliario que cría en recipientes artificiales. En 2009 Argentina registró una epidemia de dengue con 24.883 casos en 14 provincias. Se elaboró un Índice de Riesgo Estructural de Vivienda (IREV), a partir de características significativas para la infestación de *Ae. aegypti* en espacios abiertos domiciliarios, que permite identificar viviendas con mayor riesgo de infestación y de transmisión del dengue. Durante enero-mayo 2010 en la Ciudad de Colón se estudiaron características de 197 viviendas y sus espacios abiertos (EA). Las viviendas se categorizaron en: A:c/1 EA; B:c/2 EA visibles u ocultos desde la calle; C:c/1 EA visible y 1 oculto. Las residencias con dos EA mostraron mayor infestación que aquellas con uno (10,33 y 28,10% respectivamente,  $p=0,0006$ ). La mayor cantidad de EA elevó 3,5 (IC: 1,58 -7,82) veces la probabilidad de encontrar criaderos y las viviendas C lo hicieron en 3,6 (IC: 1,56-8,38) veces. Las características de EA se categorizaron mediante una exploración previa en: % zonas herbáceas favorables; % zonas techadas favorables; % empedrado; tipo de cobertura vegetal, cuya relación se analizó con la presencia de criaderos mediante modelos de regresión logística. La condición No-techo o  $\frac{3}{4}$  del EA techado aumentó 2,9 (IC: 1,16-7,50) veces la probabilidad de tener criaderos y la presencia de árboles y arbustos lo hizo en 2,3 (IC: 0,96-5,67) veces. El IREV se construyó con las variables que resultaron significativas. Se asignó valor 1 a viviendas "A", 3 a las "C", y 2 a las "B"; y valor 1 a condición favorable de techo, y a presencia de árboles y arbustos. Cada vivien-

\* Grupo de estudio de Mosquitos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina (nburroni@ege.fcen.uba.ar)

da quedó definida entre 1 y 5, mínimo y máximo riesgo respectivamente. Se agruparon los rangos 1 y 2 en IREV-Bajo, y los restantes en IREV-Alto. La presencia de criaderos se asoció positivamente con IREV-Alto (OR: 4,91 (191-12,6)). La cantidad de EA en viviendas se relacionaría con mayor probabilidad de encontrar criaderos de este mosquito. Los EA ocultos tendrían más probabilidad de infestación porque serían más descuidados, y la presencia de árboles y arbustos favorecería la infestación dado que constituirían refugio y alimento para mosquitos adultos. El IREV es parte del estudio de un índice de mayor complejidad, aún en desarrollo, para la región donde se encuentra dicha ciudad, y constituye una herramienta que puede utilizarse en esta localidad, otras similares o adaptarse para otras regiones.

**Palabras clave:** riesgo de transmisión, *Aedes aegypti*, mosquitos domiciliarios

## Introducción

LOS MOSQUITOS (DIPTERA: Culicidae) pueden ser transmisores de diversos patógenos (Clements 1992). El virus del dengue es transmitido *por Aedes aegypti*, mosquito domiciliario que cría en recipientes artificiales. Cerca de 2,5 billones de personas viven donde esta enfermedad es endémica y en áreas donde hay riesgo de transmisión de dengue, y se estiman entre 50 y 100 millones de infecciones por año, con 22.000 defunciones (WHO 2010).

Las áreas urbanas ofrecen variados recipientes que pueden acumular agua (floreros, baldes, botellas, bebederos de animales, etc.) que pueden constituir criaderos de *Ae. aegypti*.

El dengue en Argentina es considerado epidémico, ya que no fue demostrado hasta el momento un ciclo de transmisión anual (Vezzani & Carbajo 2008). Los casos se producen por el movimiento migratorio de personas portadoras del virus desde países limítrofes donde esta enfermedad es endémica (Seijo et al. 2001). En 2009 Argentina registró su primera vez una gran epidemia con 24.883 casos confirmados en 14 provincias (Ministerio de la Salud de la Nación 2009).

En muchas ciudades y áreas urbanas los promotores de salud y agentes sanitarios son los encargados de visitar familias y llevar a esas personas prevención de diferentes enfermedades. En dichas viviendas los EA son los de más fácil acceso a los promotores de salud. En estudios previos se observó que los EA presentan la mayor cantidad de criaderos de este mosquito

En el presente trabajo se elabora un índice (Índice de Riesgo Estructural de Vivienda (IREV)) en la ciudad de Colón (Entre Ríos, Argentina), que identifica viviendas con mayor riesgo de infestación y, por ende de transmisión de dengue, que pueda ser utilizado por personal de salud y medio ambiente en sus tareas de prevención y control de los criaderos del mosquito. Para la confección del

índice se exploraron diversas características de los EA de viviendas, y se relacionaron con la presencia de criaderos de *Ae. aegypti*.

## Métodos

### *Diseño de muestreo*

La provincia de Entre Ríos (S 30° 9' y 34° 2'; 57° 48' y 60°47') presenta un clima templado y húmedo, con temperaturas promedios entre 17 y 20° C; y precipitaciones anuales entre los 1000 y 1300 mm (<http://www.mineria.gov.ar/estudios/irn/entrierios/e-1.asp>). El estudio se realizó en la ciudad de Colón, con predominancia de casas bajas con jardines y patios.

Se estudiaron 197 viviendas y sus EA. Las viviendas se categorizaron en: A: con un EA; B: con dos EA visibles u ocultos desde la calle; C: con un EA visible y uno oculto.

El estudio se llevó a cabo durante durante las semanas en las cuales ocurren las mayores abundancias de *Ae. aegypti* en la región, entre enero y mayo de 2010. Al azar se seleccionaron un 10% de las manzanas y en cada una 4 viviendas. En cada una se realizó un relevamiento ambiental de los EA y se registraron variables ambientales relacionadas con el mantenimiento de los EA, variables estructurales de los EA y sus viviendas.

Definimos como “espacio abierto de la vivienda” (EA) a aquellos ambientes conectados con el ambiente exterior (e. g. terrazas, patios, jardines, balcones, galerías). En estos ambientes se censaron los recipientes artificiales que pudieran contener agua. Cada recipiente se inspeccionó en busca de inmaduros de mosquitos y en caso positivo el contenido fue filtrado con una malla fina y fijado *in situ* con etanol al 70%.

Los mosquitos se identificaron bajo microscopio estereoscópico utilizando claves y descripciones (Darsie 1985; Estrada-Franco & Craig 1995).

### *Análisis de datos*

Se compararon los valores de infestación entre las residencias con dos y un EA mediante test de proporciones. Se estudió la relación entre la presencia de criaderos de *Ae. aegypti* y el número de EA de las viviendas mediante una regresión logística simple. Se exploró también la asociación entre la presencia de criaderos con los tipos de viviendas mediante regresiones logísticas simples (Chatterjee et al. 2000).

En cada EA se estimó el porcentaje de zonas herbáceas, zonas embaldosadas o cementadas, y zonas techadas. Se registró la presencia de árboles y arbustos; y piletas recreativas. A su vez cada variable mostró categorías.

Las relaciones entre estas variables ambientales y la presencia de criaderos en viviendas y EA fueron explorados y analizadas mediante métodos univariados (análisis no mostrados en este estudio) y aquellas significativas fueron seleccionadas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Categorías de las variables seleccionadas.

% zonas herbáceas	% zonas techadas	% embaldosado o cementado	tipo de cobertura vegetal
EA sin zonas herbáceas	EA sin techo;	EA sin embal- dosar	EA solo con arbustos;
1/4 EA con herbáceas	1/4 EA techado;	1/4 EA embaldo- sado	EA solo con árboles;
1/2 EA con herbáceas	1/2 EA techado;	1/2 EA embaldo- sado	EA sin árboles ni arbustos;
3/4 o todo el EA con herbácea	3/4 o todo el EA techado	3/4 o todo el EA embaldosado	EA con arbustos y árboles.

Se estudió la relación de estas variables con la presencia de criaderos mediante modelos de regresión logística. Las variables que no resultaron significativas no fueron consideradas en la construcción del índice, y a aquellas significativas se les asignó valores, siendo el valor final del índice la suma de éstos.

Por último, mediante una regresión logística simple se testeó la asociación del IREV (variable predictora) con la presencia de criaderos (variable independiente).

El trabajo fue parcialmente subsidiado por la Municipalidad de Colón.

## Resultados

Se contabilizaron 30 EA con al menos un criadero de *Ae. aegypti*. Las residencias con dos EA mostraron mayor infestación que aquellas con uno (10,33 y 28,10% respectivamente,  $p=0,0006$ ).

Se observó una asociación positiva entre la presencia de criaderos y el aumento en la cantidad de EA (odds ratio: 3,5; IC: 1,58-7,82), las viviendas tipo A, elevaron 0,28 veces la probabilidad de presentar criaderos (IC: 0,13-0,63), y las tipo C, 3,6 (IC: 1,56-8,38) veces.

La condición sin-techo o  $\frac{3}{4}$  del EA techado aumentó 2,9 (IC: 1,16-7,50) veces la probabilidad de tener criaderos y la presencia de árboles y arbustos lo hizo en 2,3 (IC: 0,96-5,67) veces.

Las categorías sin-techo y  $\frac{3}{4}$  de zonas techadas, se reagruparon en: “% zonas techadas favorables”, y las categorías  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  % de cobertura de zonas herbáceas en: “% zonas herbáceas favorables”.

A las características que resultaron significativas se les asignó valores (Tabla 2).

**Tabla 2.** Características utilizadas y valor asignado en la construcción del IREV.

Características	Valor
Vivienda Tipo A	1
Vivienda Tipo B	2
Vivienda Tipo C	3
Condición favorable de techo	1
Presencia de árboles y arbustos	1

Dado que el valor final del índice se obtiene con la suma parcial de las características, cada vivienda quedó definida con valores de IREV desde 1 (mínimo riesgo) hasta 5 (máximo riesgo). Para viviendas con dos EA los valores fueron promediados.

Posteriormente los registros de las viviendas con valores 1 y 2 se agruparon en IREV-Bajo, y las restantes en IREV-Alto. El testeo de predictibilidad del índice elaborado mostró que IREV-Alto elevó en 4,91 veces (IC: 191-12,6) la probabilidad de presentar criaderos del vector.

### Conclusiones

La cantidad de EA en viviendas se relacionaría con una mayor probabilidad de encontrar criaderos de *Ae. aegypti*. Los EA ocultos desde la vía pública tendrían más probabilidad de infestación porque estarían más descuidados, y la presencia de árboles y arbustos favorecería la infestación dado que constituirían refugio y alimento para mosquitos adultos.

Según nuestros resultados el IREV puede ser utilizado para ubicar sitios de mayor riesgo, y sus variables fáciles de registrar. Aunque este índice es parte del estudio de un índice de mayor complejidad para la región donde se encuentra esta ciudad, y que se encuentra aún en desarrollo, e involucra frecuencia de criaderos clave de este mosquito, constituye una herramienta que puede utilizarse tanto en esta localidad como en otras similares para mosquitos domiciliarios.

### Nomenclatura

EA	espacios abiertos domiciliarios
IREV	Índice de Riesgo Estructural de Vivienda
IC:	Intervalo de confianza al 95%

### Referencias

- CHATTERJEE S., HADI A. S., PRICE B. "Regression Analysis by Example", 3rd edition, New York, John Wiley & Sons, 2000.
- CLEMENTS A. "The biology of Mosquitoes". Vol I. London, Chapman & Hall, 1992.
- DARSIE JR. R. F. "Mosquitoes of Argentina. Part I. Keys for Identification of Adult Females and Fourth Stage Larvae in English and Spanish (Diptera: Culidae)". Mosq Syst, vol 17, pp. 153-253, 1985.
- ESTRADA-FRANCO J.G. & CRAIG JR. G. B. "Biology disease relationships and control of *Aedes albopictus*". Pan American Health Organization. Technical Paper N° 42, 1995.
- GAUCH H. G. "Multivariate Analysis in Community Ecology". Cambridge, Cambridge University Press, 1982.
- MASUH H. "Re-emergence of dengue in Argentina: Historical development and future challenges". Dengue Bulletin. vol 32, pp. 44-54, 2008.
- MINISTERIO DE LA SALUD DE LA NACIÓN. 2009. El Brote de dengue en la Argentina. Enero-mayo de 2009. Disponible online en: <http://www.ms.gov.ar/html/site/pdf/brotedengueargentina.pdf>.
- PAHO. "Dengue y Dengue hemorrágico en las América: Guías para su Prevención y Control". Organización Panamericana de la Salud, Publicación Científica N° 548, 1995.
- SEIJO A., CERNIGOI B., DEODATO B. "Dengue importado de Paraguay a Buenos Aires. Estudio Clínico y epidemiológico de 38 casos". Medicina (Buenos Aires) vol 61, pp. 137-141, 2001.
- VEZZANI D. & CARBAJO A. E. "*Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and dengue in Argentina: current Knowledge and future directions". Men Inst Osvaldo Cruz, vol. 103, pp. 66-74, 2008.
- WHO. Disponible online en: <http://www.who.int/csr/disease/dengue/impact/en/>, 2010.

[5]

# Gestión del riesgo de lodos aceitosos en el Valle de Aburrá mediante vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva

Carlos Correa\*, Viviana Martínez\*; Ana Bustamante\*; Gloria Velásquez\*, Ana Osorio\*, Mariluz Betancur\*; Julián Aguirre\*\*; Sandra Bedoya\*\*

## Resumen

SE REALIZÓ UN estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, lo cual permitió la identificación de las publicaciones, autores e instituciones que desde mediados de la década de los noventa vienen trabajando en el desarrollo de tecnologías de valorización de lodos aceitosos. Estos residuos, de gran relevancia ambiental por el riesgo de manejo inherente a su naturaleza, provienen de las empresas relacionadas con el sector de hidrocarburos, que a nivel del Valle de Aburrá representan el 40% de las matriculadas en el año 2010 ante las cámaras de comercio. Varias opciones de tratamiento se han comparado en términos de su eficacia, facilidad de operación y costo, definidas mediante el planteamiento de los interrogantes: (1) ¿Qué se está haciendo para el manejo de los lodos aceitosos en la actualidad a nivel nacional? (2) ¿Qué métodos de valorización existen para los lodos aceitosos a nivel internacional? (3) ¿Quiénes y dónde tienen la información? Este estudio resulta novedoso, puesto que es el primer trabajo de su tipo que abarca todo el Valle de Aburrá, fundamentado en información primaria levantada en campo y en aquellas empresas que hoy presentan una problemática ambiental grave referida a la gestión de sus residuos peligrosos. Adicionalmente, hace uso de la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva, para lo cual utiliza bases de datos, aplicaciones y software especializados, orientadas por el concepto de expertos del Grupo de Investigaciones Ambientales de la Universidad Pontificia Bolivariana. Los resultados obtenidos hasta ahora, permiten tomar decisiones más racionales y fundamentadas sobre

\* Escuela de Ingenierías, Grupo de Investigaciones Ambientales, Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín, Colombia

\*\* Centro para la Investigación y la Innovación (CIDI) - Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín, Colombia



la elección de una tecnología de valorización de los residuos de lodos aceitosos, que servirá de insumo a los generadores, gestores, autoridades ambientales, sectores académicos y empresariales que están relacionados con el tema.

**Palabras clave:** Residuos peligrosos, lodos aceitosos, gestión de riesgo, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.

## Introducción

LA INDUSTRIA PETROLERA genera grandes cantidades de residuos sólidos y semisólidos que se conocen como lodos aceitosos, los cuales están formados por residuos de petróleo que se adhieren a los sólidos finos (M. Elektorowicz, 2005). Muchos de sus componentes son tóxicos, mutagénicos y cancerígenos (N.G. Swoboda-Colberg, 1995) (T.L. Propst, 1999) (M.E. Zappi, 1996), por lo que su liberación al ambiente está controlada y se clasifican como contaminantes ambientales prioritarios por la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU, al igual que por la legislación colombiana que adopta el Convenio de Basilea (Congreso de la República, 1996). Entre octubre del año 2010 y diciembre del 2011, la Universidad Pontificia Bolivariana y la entidad estatal Área Metropolitana del Valle de Aburrá, realizaron el diagnóstico de la gestión de los residuos peligrosos en el Valle de Aburrá, a partir de 500 visitas de control y vigilancia (auditorías) a instalaciones generadoras de residuos peligrosos. El 40% de éstas, correspondió a instalaciones susceptibles de generar lodos aceitosos, encontrándose que su gestión externa era llevarlos a procesos de incineración, y en los peores casos eran dispuestos como residuos no peligrosos, bien fuera en rellenos sanitarios convencionales o entregados a recuperadores informales. Mediante un ejercicio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, consideradas herramientas estratégicas que permiten de forma sistemática la captación y análisis de información, para convertirla así en conocimiento y facilitar la toma de decisiones en un determinado ámbito (Palop & Vicente, 1999), se ha buscado tener un panorama claro en términos de la gestión y valorización de estos lodos, considerando las condiciones de contexto. Este estudio resulta novedoso, puesto que es el primer trabajo de su tipo que abarca todo el Valle de Aburrá, fundamentado en información primaria levantada en campo y en aquellas empresas que hoy presentan una problemática ambiental grave referida a la gestión de sus residuos peligrosos.

## Métodos ó Desarrollo experimental

En trabajo de campo se hizo levantamiento de información primaria en auditorías a la gestión de los residuos peligrosos de 500 empresas del área

metropolitana del Valle de Aburrá. Se identificaron y documentaron los procedimientos de gestión de aquellas que generaban lodos aceitosos, determinando el nivel de la problemática y, donde fue posible, las tecnologías empleadas para su manejo. Con ello, se definieron las bases de un ejercicio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva que permitió identificar las más reconocidas publicaciones, autores e instituciones que desde mediados los noventa vienen trabajando en el desarrollo de tecnologías de valorización de lodos aceitosos.

La información fue obtenida a partir de bases de datos estructuradas y especializadas (ScienceDirect® y Scopus®). Posteriormente, se construyó una microcultura referente al tema entendida como los conceptos básicos que se deben tener en cuenta para orientar las búsquedas a partir de lo que se denomina Factores Críticos de Vigilancia, determinando tres: (1) ¿Qué se está haciendo para el manejo de los lodos aceitosos en la actualidad a nivel nacional? (2) ¿Qué métodos de valorización existen para los lodos aceitosos a nivel internacional? (3) ¿Quiénes y dónde tienen la información? Los resultados parciales obtenidos se sistematizaron empleando herramientas de consolidación bibliográfica como Zotero® y tablas dinámicas en MS Excel.

De forma paralela, se implementó la inteligencia competitiva a través del concepto de expertos del Grupo de Investigaciones Ambientales, depurando y visualizando la información en un mapa tecnológico y analizando los resultados, apoyados en aplicaciones especializadas como el HUB.BETA®. Seis principales tecnologías de valorización fueron identificadas, de las cuales se seleccionaron dos, aplicando criterios de pertinencia técnica, lectura de contexto y análisis costo beneficio. Se configuraron ecuaciones refinadas para la búsqueda en las bases de datos especializadas, transformando la información en matrices compuestas por filas y columnas con la aplicación HUB.BETA® y los programas VantagePoint® y Matheo Patent®, que finalmente, facilitan la toma de decisiones.

## Resultados

A través del mapa tecnológico construido para las seis tecnologías, se evidenciaron los beneficios y limitaciones de cada una (Figura 1), encontrándose que entre los principales criterios de selección, estaba el costo de montaje y operación que depende de variables como: temperatura, presión, obtención de subproductos de valor e impactos ambientales. Adicionalmente, se tuvo en cuenta la aplicabilidad en Colombia y la versatilidad en el aprovechamiento o valorización de residuos con características similares. Las alternativas elegidas fueron la pirólisis y la flotación, como tecnologías complementarias que presentan un buen porcentaje de recuperación del hidrocarburo y de otros productos como

son materiales inertes con bajos pesos moleculares, nano compuestos, entre otros (Essam A.H. Zubaidy, 2010).

A nivel general, la producción científica alrededor del tema de valorización de lodos aceitosos se da con mayor intensidad en Asia y Europa (Figura 2A) correspondiendo a las economías más fuertes (Figura 2B), donde China se destaca de forma significativa frente a los demás países (Figura 2C). Lo descrito permite ver que la investigación en el tema no se encuentra relacionada directamente con las normativas ambientales o la conciencia ecológica del país, donde Estados Unidos, Canadá, Corea, Alemania que tienen legislaciones estrictas y culturas consolidadas en el cuidado de los recursos naturales se encuentran muy por debajo de la producción de sus homólogos asiáticos que aún no han consolidado estas conductas. Llama la atención que en este panorama aparezcan países de economías emergentes como Turquía y Brasil y más aún la incipiente participación de un país africano con una economía en vía de desarrollo como Kenya. En total se identificaron 72 publicaciones en el tema de pirólisis, es así como se encontró que esta tecnología se ha aplicado a los lodos aceitosos generados en yacimientos de petróleo en China utilizando reactores de lecho fluidizado circulante para aprovechamiento de los gases, aceites y carbonizado obtenidos en el proceso (Zhou, Jiang, & Liu, 2009) y en los aceites generados en los tanques de separación de una industria petrolera en Brasil (Andrade, Azevedo, Gimenez, Gomes Souza Filho, & Barreto, 2009), entre otros.

El levantamiento de la trayectoria tecnológica de los tratamientos de valorización de lodos aceitosos por pirólisis (Figura 3A) permite identificar una tendencia que muestra el agotamiento de la misma en los países donde se ha dado la mayor producción científica y tecnológica. Las herramientas informáticas como el VantagePoint® y Matheo Patent® (Figura 3B) facilitan la implementación de metodologías de inteligencia competitiva, estableciendo la relación de los resultados de la búsqueda con los términos de interés; visualizando en términos generales el número de tecnologías, posibles productos, metodologías de análisis, entre otros términos relacionados con la pirólisis de lodos aceitosos.

## Conclusiones

El mapa tecnológico se constituye en una síntesis que reúne el total de las tecnologías disponibles en la actualidad para la valorización de lodos aceitosos en el mundo. De allí se determinó que las tecnologías sobre las cuales se profundizaría el ejercicio de vigilancia e inteligencia serían la pirólisis y la flotación. Esto se hizo considerando variables técnicas como presiones y temperaturas de operación que juegan un papel muy importante en la

determinación de las alternativas más eficientes. No obstante, no fueron las únicas variables que fueron relevantes para la toma de la decisión referida. Fue necesario tener en cuenta también aspectos como la cantidad de subproductos que se pueden obtener al final de los procesos, la minimización de impactos ambientales y riesgos sobre el medio y las personas y también el apego a las condiciones de contexto (p.ej. legislación, aspectos culturales, capacidad económica de las empresas, etc.).

Los resultados obtenidos hasta ahora, si bien aún no son definitivos, permiten tomar decisiones más racionales y fundamentadas sobre la elección de una tecnología de valorización de los residuos de lodos aceitosos. Esta afirmación se hace a pesar de que en apariencia la tecnología ha alcanzado su estado de madurez y ha iniciado su declive. Esta situación puede ser evaluada desde diferentes perspectivas: (1) se está ante un tema que no ofrece nuevo conocimiento, pero que permite hacer modificaciones novedosas para innovaciones incrementales; y (2) se trata de una tecnología que no presentó mucho éxito o que ya no resulta interesante seguir profundizando en la misma y se considera madura lo que facilita las posibilidades de explotación comercial.

Por último es necesario reconocer que la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva seguramente no podrán dar respuesta de manera apropiada a la totalidad de interrogantes referidos a las mejores tecnologías para la valorización de los lodos aceitosos y con ello la disminución de los factores de riesgo asociados a los mismos, lo que configura la necesidad de que este tipo de ejercicios se realicen de forma continuada y no como estudios aislados para la toma de decisiones frente a un problemática ambiental, creciente y compleja pero que a su vez ofrece grandes posibilidades de generar nuevo conocimiento, explotaciones comerciales e innovaciones ambientales.

### Referencias

- ANDRADE, P. F., AZEVEDO, T., GIMENEZA, I., GOMES SOUZA FILHO, A., & BARRETOA, L. (2009). Conductive carbon-clay nanocomposites from petroleum oily sludge. Brasil.
- CONGRESO DE LA REPÚBLICA. (1996). Ley 253 de 1996. Colombia.
- ESSAM A.H. ZUBAIDY, D. M. (2010). Fuel recovery from waste oily sludge using solvent extraction. *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 88 , 318-326.
- M. ELEKTOROWICZ, S. H. (2005). Sustainable waste management: recovery of fuels from petroleum sludge. *Can. J. Civ. Eng.* 32 , 164-169.
- M.E. ZAPPI, B. R. (1996). Bioslurry treatment of a soil contaminated with low concentrations of total petroleum hydrocarbons. *J. Hazard. Mater.* 46 , 1.

- N.G. SWOBODA-COLBERG, I. L. (1995). N.G. Swoboda-Colberg, in: *Microbial Transformation and Degradation of Toxic Organic Chemicals*. Wiley-Liss, New York, 27.
- PALOP, F., & VICENTE, J. M. (FEBRERO DE 1999). Recuperado el diciembre de 2011, de [www.navactiva.com](http://www.navactiva.com)
- T.L. PROPST, R. L. (1999). T.L. Propst, R.L. Lochmiller, C. In situ (mesocosm) assessment of immunotoxicity risk to small mammals inhabiting petrochemical waste sites. *Chemosphere* 38 , 1049.
- ZHOU, L., JIANG, X., & LIU, J. (3 DE MAYO DE 2009). Characteristics of oily sludge combustion in circulating fluidized beds. Shanghai, China.



[6]

# Implementación de monitoreo de polvos sedimentables con presencia de plomo y arsénico en establecimientos educacionales en Arica, Chile.

Tessada Sepúlveda R.(2), Cortés Arancibia S.(2),  
Sandrock Hildebrandt L.(1), Folch Ariza W(2), Barria Lobos B. (1).

## Resumen

EN LA CIUDAD de Arica, que se ubica en 17° 30' hasta 21° 28' Latitud Sur, se generó por más de 20 años una contaminación por plomo y arsénico afectando a una población aproximada de 12.000 personas. En esta ciudad se identificaron a través de estudios ambientales en suelos, tres sectores contaminados con estos metales, encontrándose niveles máximos de 1.036 mg/kg para As y 8.169 mg/kg para Pb. Como parte de las actividades de intervención realizadas en la ciudad producto de esta contaminación, la Autoridad Sanitaria de la región, realizó una vigilancia ambiental en los polvos sedimentables (PS) de los establecimientos educacionales que se encuentran dentro y aledaños a los sitios contaminados, con el objetivo de generar información de las características químicas del polvo sedimentable en los establecimientos educacionales expuesto a estos metales en la ciudad de Arica y establecer valores basales para la ciudad. Este monitoreo de vigilancia se realizó con una adaptación del método estándar para análisis y colección de polvo sedimentable D1739-98 de la American Society of testing Materials, método que fue aplicado en 19 establecimientos educacionales dentro y fuera del área de exposición a metales. Los resultados principales derivaron en valores promedios basales de 29.88 mg/(m<sup>2</sup>\*d) para plomo y 12.05 mg/(m<sup>2</sup>\*d) para arsénico, con lo que se identificó siete establecimientos educacionales sobre el valor basal

\* Secretaria Regional Ministerial de Salud Región de Arica y Parinacota.

\*\* Ministerio de Salud de Chile.

de plomo, y que implica que se encuentran aún con influencia por la contaminación de suelos, por lo que este parámetro es suficiente para indicar existencia de un contaminante en los establecimientos educacionales.

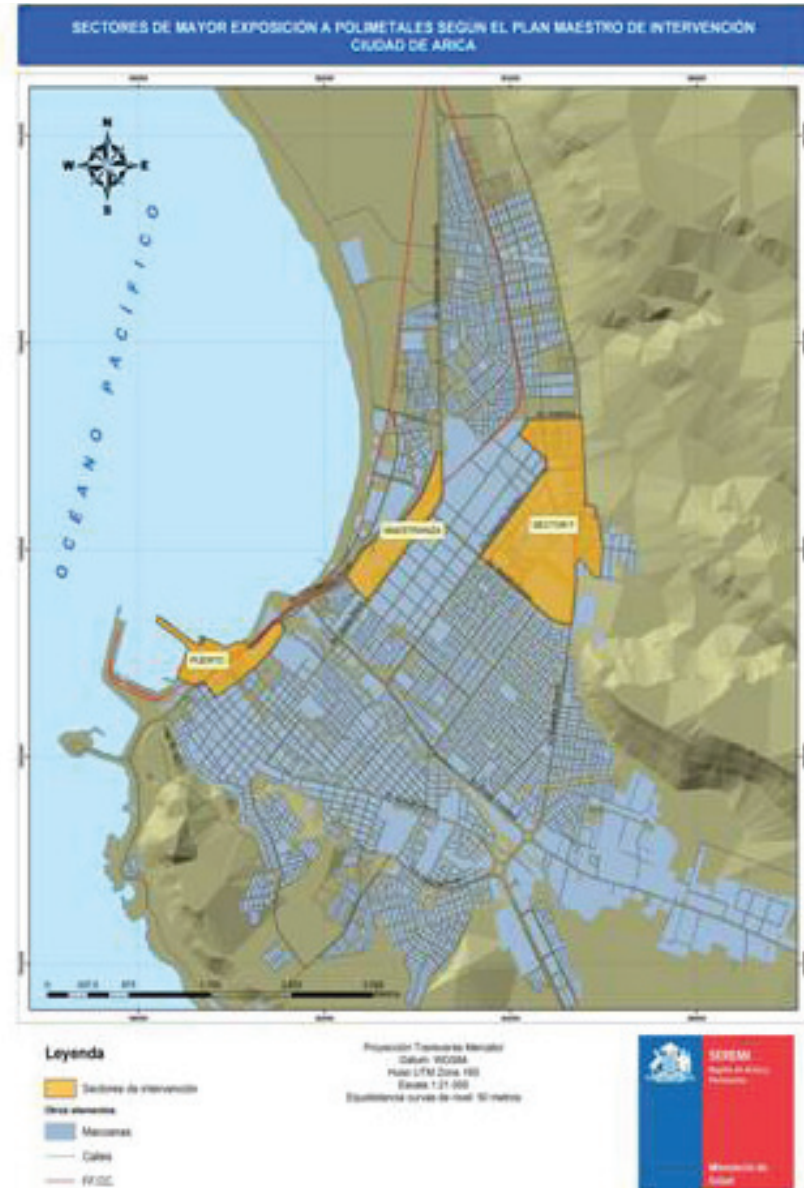
Palabras claves: polvos sedimentables, sitios contaminados, plomo, arsénico.

## Introducción

EN LA CIUDAD de Arica, que se ubica en 17° 30' hasta 21° 28' Latitud Sur, se generó por más de 20 años una contaminación de suelo por plomo y arsénico afectando a una población aproximada de 12.000 personas. En esta ciudad se identificaron a través de estudios ambientales de suelos realizados entre los años 2005 y 2009, tres sectores contaminados con estos metales, encontrándose niveles máximos de 1.036 mg/kg para As y 8.169 mg/kg para Pb. Como parte de las actividades de intervención realizadas en la ciudad, la Autoridad Sanitaria de la región, realizó una vigilancia ambiental en los polvos sedimentables (PS) de los establecimientos educacionales que se encuentran dentro y aledaños a los sitios contaminados. Para determinar los lugares de vigilancia se consideraron los tres sectores de intervención por presencia de plomo y arsénico de la ciudad de Arica,: Sector F, Sector Maestranza y Terminal Puerto Arica (GORE Arica y Parinacota, 2009), y que fueron delimitados según información recopilada en estudios ambientales (Figura 1).

La importancia ambiental de la vigilancia y análisis de los polvos sedimentables, se debe a que son partículas con un diámetro superior a 20 micras, y que poseen una alta velocidad de sedimentación, por lo que es raro que el viento suspenda estas partículas por largos períodos de tiempo, siendo entonces, un buen indicador del movimiento y depósito de material particulado procedentes de zonas contaminadas a sectores aledaños. Una característica importante de éstos polvos y su efecto en la salud, es que son partículas retenidas en la nariz y la garganta y no alcanzan a ingresar a los pulmones, por lo tanto, su principal vía de ingreso a las personas es por la ingesta, debido a la acumulación sobre los alimentos y el suelo (Capó, 2002). Cabe mencionar que el análisis de partículas sedimentables es ampliamente utilizado en países como Alemania y Suiza para conocer el flujo de sustancias tóxicas, por ejemplo, metales pesados aportados al suelo por este mecanismo (Nieto, 1993).

En la ciudad de Arica, la vigilancia de los polvos se ha realizado en varias etapas. La primera, realizada en el año 2009, permitió identificar quince establecimientos educacionales con presencia de plomo y arsénico en suelos superficial y polvo acumulado en algunos sectores al interior de estos establecimientos. Durante el 2010, se estandarizó la forma de muestreo de polvos sedimentables, implementado una adaptación del método internacional ASTM D1739-98



*Figura 1.* Sectores intervenidos por contaminación de plomo y arsénico en la ciudad de Arica

(ASTM, 1998). Este muestreo se realizó en noviembre del 2010, en los quince establecimientos educacionales intervenidos durante ese mismo año, y se incluyeron tres establecimientos fuera de las zonas de exposición a plomo y arsénico, como muestras control. El objetivo de esta vigilancia fue implementar un



sistema de monitoreo que permitiese mantener un control de los contenidos de plomo y arsénico en los polvos sedimentables. El resultado de esta vigilancia fue la intervención de siete establecimientos educacionales por presentar presencia de plomo y arsénico con medidas sanitario-ambientales de limpieza especializada en techos según recomendación EPA (EPA, 1997).

Durante el 2011, se realizó un nuevo muestreo de polvos sedimentables entre los meses de marzo y noviembre, en los 15 establecimientos intervenidos durante el 2010. El objetivo de esta vigilancia fue generar información de las características químicas (contenidos de plomo y arsénico) en el polvo sedimentable de los establecimientos educacionales expuesto en Arica y establecer valores basales para la ciudad. Con este propósito se incluyeron en el muestreo cuatro establecimientos educacionales fuera de la zona de exposición.

## Metodología

### *A. Selección de puntos de muestreo para plomo y arsénico en polvos sedimentables*

Los puntos de muestreos se seleccionaron según criterio de vigilancia de establecimientos educacionales con intervención sanitario-ambiental en el año 2010; por cada punto de muestreo se instalaron dos réplicas (2 jarras de sedimentación).

Los puntos de muestreos (Figura 2) se describen a continuación:

- Sector F: 4 establecimientos educacionales (N=8).
- Sector Maestranza: 4 establecimientos educacionales (N=8).
- Sector Puerto: 7 establecimientos educacionales (N=10).
- Muestras control: 4 establecimientos educacionales sin exposición a polimetales (N=8).

### *B. Criterio de valor de referencia para plomo y arsénico en polvos sedimentables.*

Debido a que en Chile no existe normativa respecto al contenido máximo de metales en polvos sedimentables, se recomendó considerar los valores de contenido basal como valor de referencia. Los valores basales se determinaron utilizando valor promedio de cada analito, con un nivel de confianza del 95%, que incluyeron todas las muestras control colectadas en el período de muestreo.



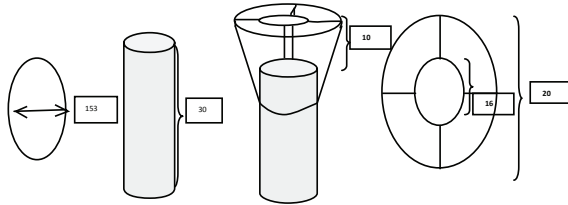
Figura 2. Distribución de puntos de muestreo, ciudad de Arica

### C. Toma de muestras de polvos sedimentables

El muestreo de polvos sedimentables se realizó entre los meses marzo y noviembre del 2011, con un total de 7 muestreos, que implican un N total de 224 muestras en los establecimientos educacionales intervenidos y muestras control.

La toma de muestras de polvo sedimentable se realizó con una adaptación de metodología ASTM D1739-98 en los establecimientos educacionales, descrita a continuación:

- Se utilizaron jarras de PVC como receptores de polvos sedimentables o tubos pasivos, de 30 cm de altura, y con área efectiva de contacto de 183,85 cm<sup>2</sup>. La siguiente figura muestra el diseño de la jarra receptora de PVC:



*Figura 3.* Jarras receptoras de muestreo para polvos sedimentables

- Cada jarra se expuso por  $30 \pm 2$  días en un espacio abierto, a una altura promedio de 2-3 m.
- Cada sitio de muestreo cumplió con: no tener interferencias externas al proceso natural de inmisión del material, como chimeneas, paso de vehículos cercanos, canchas de tierra, árboles, estructuras alta (más de 20 m), disposición favorable al viento y otras.
- Transcurrido el período de muestreo, se retiraron las jarras y se enviaron al laboratorio para análisis de plomo y arsénico por Espectrometría de Absorción Atómica en el Instituto de Salud Pública.
- Los resultados de las concentraciones de metales se ordenaron en una base de datos. Se utilizó el programa R versión 2.14.1. para el cálculo de las estadísticas descriptivas, se identificaron diferencias estadísticas con pruebas de Wilcoxon Mann-Whitney, para muestras independientes.

## Resultados

La Tabla 1, muestra los valores promedios de plomo y arsénico obtenidos como valor basal (nivel de confianza del 95%),

*Tabla 1.* Valores basales de plomo y arsénico en polvos sedimentables

Identificación	Analito	Tamaño de la muestra (N)	Promedio	Rango	
				Mínimo	Máximo
mg/(m <sup>2</sup> *d)					
Muestra control (4 EE)	Arsénico	58	12.05	0	- 134.84
Muestra control (4 EE)	Plomo	58	29.88	0	- 132.27

Las tablas 2 y 3, muestran los resultados promedios obtenidos para las muestras de plomo y arsénico en los establecimientos educacionales, los cuales fueron comparados con los valores basales promedios con pruebas estadística de Wilcoxon Mann-Whitney, para muestras independientes.

*Tabla 2.* Concentraciones de arsénico en muestras de polvos sedimentables en establecimientos educacionales

Código de muestra	Tamaño de la muestra	Promedio	Valor mínimo - valor máximo	Nivel de significancia
	N			
LDV	16	4.26	0.01-17.21	0.55
LIC	16	4.4	0.04-16.73	0.99
D16	16	2.11	0.01-7.18	0.11
JC	16	2.22	0.01-9.43	0.08
JIE	16	2.85	0.02-9.91	0.29
LDSM	16	3.33	0.0016-10.1	0.5
TISA	16	1.56	0.002-4.47	0.02
D6-JIC	16	2.05	0.02-5.39	0.15
D14-JIRS	16	1.38	0.0003-3.89	0.01
A1	15	1.74	0.02-4.18	0.08
CM	16	11.23	0.03-51.37	0.3
JIM	14	2.21	0.0018-11.84	0.09

La Tabla 2 indica que la concentración promedio de arsénico de tres establecimientos educacionales (TISA y D14-JIRS), tienen valores significativamente inferiores al control, con un nivel de confianza del 95%, y todos los valores de concentración promedio no superaron el valor basal, lo que se puede deber, a una distribución homogénea de arsénico en la ciudad.

*Tabla 3.* Concentraciones de plomo en muestras de polvos sedimentables en establecimientos educacionales

Código de muestra	Tamaño de la muestra	Promedio	Valor mínimo - valor máximo	Nivel de significancia
	N			
LDV	16	52.28	0.0009-136.58	0.04
LIC	16	32.83	0.001-77.51	0.62
D16	16	40.32	0.0001-420.51	0.12
JC	16	24.79	0.001-53.17	0.98
JIE	16	33.11	0.79-72.19	0.18

Código de muestra	Tamaño de la muestra	Promedio	Valor mínimo - valor máximo	Nivel de significancia
	N		mg/(m <sup>2</sup> *d)	P
LDSM	16	33.93	0.04-163.65	0.92
TISA	16	39.28	0.0001-123.37	0.29
D6-JIC	16	19.91	0.0007-48.29	0.13
D14-JIRS	16	12.6	0.0006-25.2	0.006
A1	15	24.08	0.0006-132.07	0.22
CM	16	31.74	3.11-73.5	0.45
JIM	14	17.6	0.001-53.25	0.09

La Tabla 3, muestra que la concentración promedio de plomo, en dos establecimientos educacionales (D14-JIRS) fue significativamente inferior al control, con un nivel de confianza del 95%, y un establecimiento educacional (LDV), presenta una concentración promedio significativamente mayor al control, con un nivel de confianza del 95%. Además los valores promedios de seis establecimientos educacionales, que si bien, no presentan diferencia significativa con el control (LIC, D16, JIE, LDSM, TISA, CM), muestran la tendencia, según distribución espacial, de situarse en sectores aledaños a Maestranza y sector F, presentando presencia de plomo en dirección noreste de la ciudad. Esto se puede deber a que ambos sectores declarados sitios con suelos contaminados, generan movimiento de material particulado debido a las actuales obras de mitigación y remediación.

### Conclusiones

Se puede concluir, que la vigilancia de polvos sedimentables realizado con la adaptación de la metodología ASTM D1739-98, permite determinar la calidad química del material sedimentado en establecimientos educacionales por influencia de sitios con suelos contaminados, dado que genera una medida que facilita el control rápido de las medidas de intervención en estos lugares.

### Referencias

- GOBIERNO REGIONAL DE ARICA Y PARINACOTA. "Programa maestro de intervención zonas con presencia de polimetales en Arica". Pp 1-22, 2009.
- CAPÓ MARTÍ, "Principios de ecotoxicología del medio ambiente". McGraw-Hill Pp 57-76, 2002.

NIETO O, “Efectos en la salud de la contaminación del aire por material particulado. AINSA, Medellín”. 1993.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS (ASTM), “Método estándar para análisis y colección de polvo sedimentable D1739”, 1998.

AGENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, “Reducción de los riesgos de contaminación por plomo cuando remodela su casa”, EPA 747-K-97-002. 1997.

[7]

# Factibilidad de implementar proyectos de reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos en la frontera México-Texas

Gilberto Velázquez Angulo\*, Renyi Zhang\*\*,  
Felipe Poblano Amparán\*, Jaime Romero González\*

## Resumen

LOS PROGRAMAS DE intercambio de emisiones atmosféricas permiten la reducción de emisiones entre diferentes regiones. El estado de Texas, EUA, tiene un programa de créditos de reducción de emisiones autorizado por el Congreso Estatal que permite la inversión en proyectos de este tipo en México. El objetivo de este trabajo es identificar los tipos de contaminantes atmosféricos emitidos en la zona fronteriza México-Texas y analizar el potencial de implementar proyectos de reducción de emisiones en territorio mexicano con recursos texanos. Se reunió información de inventarios de emisiones atmosféricas en la zona fronteriza de bases de datos oficiales, identificando emisiones de contaminantes atmosféricos criterio y gases de efecto invernadero. Se encontró emisiones estimadas anuales de 384,431 y 512,155 toneladas de  $\text{NO}_x$  y COV respectivamente en la zona fronteriza. También se encontró que la mayoría de las emisiones reportadas por fuentes industriales corresponden a  $\text{CO}_2$  con alrededor de 10.6 millones de toneladas anuales. La zona fronteriza presenta un alto potencial de cooperación binacional para el mejoramiento de la calidad del aire a través de proyectos de intercambio de emisiones atmosféricas que permitan superar la asimetría económica sobre inversiones para reducir las emisiones entre ambos países para beneficio de las comunidades fronterizas.

**Palabras clave:** contaminantes atmosféricos, transporte transfronterizo de contaminantes, frontera México-Texas, riesgo a la salud

\* Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

\*\* Texas A&M University

## Introducción

EL INTERCAMBIO DE emisiones atmosféricas es un mecanismo que permite reducir emisiones en diferentes lugares y que estas reducciones sean adjudicadas a una empresa ubicada en otro lugar. El Estado de Texas, Estados Unidos de América (EUA), tiene un programa de créditos por reducción de emisiones (PCRE) que, mediante cambios autorizados en el Senate Bill 1561 del Congreso Estatal, permite reducción de emisiones en industrias ubicadas en México para compensar las reducciones que deban realizar industrias en Texas, siempre y cuando se demuestre que las emisiones reducidas en México representen un mayor beneficio a la salud de la comunidad texana que el que tendrían las reducciones en la industria original y es de igual o mayor beneficio a la calidad del aire en general de la comunidad (TCEQ, 2003). El objetivo de este trabajo es identificar los tipos y cantidad de contaminantes emitidos a la atmósfera por industrias en los estados mexicanos que tienen frontera con Texas, EUA, y analizar el potencial para implementar proyectos de reducción de emisiones mediante el PCRE de Texas.

La frontera que divide México de los EUA tiene una longitud de 3141 km, extendiéndose desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México. El Acuerdo de La Paz, firmado por ambos países en 1983, define la zona fronteriza como el territorio comprendido entre 100 km hacia el norte y hacia sur de la línea fronteriza entre los estados de California, Arizona, New Mexico y Texas en los EUA y los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas en el lado mexicano como se puede apreciar en la Figura 1. Se han establecido diversos programas de cooperación binacional para la protección y mejoramiento del ambiente de esta zona fronteriza en el marco del Acuerdo de la Paz. Dentro de esta zona fronteriza el Estado de Texas tiene frontera con los estados mexicanos de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.



Figura 1. Zona Fronteriza México-EUA de acuerdo al Tratado de La Paz



El PCRE del estado de Texas es regulado por la Comisión de Calidad Ambiental del Estado de Texas (TCEQ por sus siglas en inglés); el programa consiste en un marco de intercambio de reducciones en emisiones principalmente de precursores de ozono, como los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), pero también contempla otros contaminantes atmosféricos criterio de fuentes fijas, móviles y de área (TCEQ, 2001). Entre las estrategias de reducción aceptadas se pueden mencionar: el cierre permanente de una planta industrial lo que representa el cese de las emisiones, instalación de equipo de control de emisiones, cambios en los procesos de manufactura, proyectos de prevención de contaminación, entre otras. En 2003 se aprobó mediante el Senate Bill 1561 la implementación de este programa para emisiones hechas fuera de los EUA dentro de los 100 km al sur de la frontera con Texas, lo cual permite la cooperación entre industrias ubicadas en Texas con proyectos de reducción de emisiones en los municipios fronterizos mexicanos, principalmente para la reducción de precursores de ozono y material particulado (PM) siendo estos los contaminantes criterio con mayor excedencia en las ciudades fronterizas de la región (US-EPA & Semarnat, 2006).

El intercambio de emisiones atmosféricas entre Texas y México permite realizar proyectos superando la asimetría económica sobre inversiones para reducir las emisiones entre México y EUA para beneficio de las comunidades fronterizas. La zona fronteriza es susceptible a excedencias en la normatividad de calidad del aire principalmente por la falta de infraestructura y regulación en la materia en los municipios fronterizos mexicanos, teniendo transporte transfronterizo a los condados texanos. Entre los principales problemas de contaminación atmosféricos en el lado mexicano se pueden mencionar (Muñoz et al, 2010; Erickson et al, 2004):

- Calles sin pavimentar, ocasionando altas concentraciones de PM, un problema común en la región debido al rezago económico y social de ciertas colonias populares.
- Ladrilleras, un problema sobre todo visto en Ciudad Juárez donde se cuenta con alrededor de 350 hornos para la fabricación de ladrillos de construcción, estos hornos operan a cielo abierto utilizando diferentes combustibles de desecho como madera, llantas o derivados del petróleo usados, emitiendo altas concentraciones hollín, monóxido de carbono (CO),  $\text{NO}_x$ , COV, entre otros contaminantes.
- Fuentes móviles, los vehículos motorizados son una de las principales fuentes de contaminación en las ciudades fronterizas, el parque vehicular se ha incrementado drásticamente en las últimas dos décadas, el problema radica en que la mayor parte del parque vehicular consiste en

vehículos usados y de desecho provenientes de los EUA, estos vehículos usualmente no cumplen con las regulaciones en materia de emisiones y son altamente contaminantes provocando altas concentraciones de CO, dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), ozono y PM.

Otra oportunidad de cooperación no contemplada explícitamente en el PCRE es el intercambio de bonos de carbono por reducción de gases de efecto invernadero (GEI) en plantas industriales mexicanas. El Protocolo de Kioto establece la reducción de emisiones de GEI en países en vías de desarrollo como México para compensar emisiones realizadas en países desarrollados como los EUA.

## Metodología

### *Municipios mexicanos en la zona de frontera*

Mediante el uso de sistemas de información geográfica se determinó los municipios de los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas que tienen sus límites territoriales dentro del rango de 100 km al sur de la frontera México-Texas, siendo los 62 municipios presentados en la Tabla 1.

*Tabla 1.* Municipios mexicanos dentro de los 100 km al sur de la frontera México-Texas.

<b>Chihuahua</b>	<b>Coahuila</b>	<b>Nuevo León</b>	<b>Tamaulipas</b>
Ahumada	Acuña	Agualeguas	Camargo
Aldama	Allende	Anáhuac	Guerrero
Ascensión	Guerrero	Cerralvo	Gustavo Díaz Ordaz
Camargo	Hidalgo	China	Matamoros
Coyame	Jiménez	Doctor Coss	Méndez
Guadalupe	Juárez	Doctor González	Mier
Juárez	Morelos	General Bravo	Miguel Alemán
Julimes	Muzquiz	General Treviño	Nuevo Laredo
Manuel Benavides	Nava	Higueras	Reynosa
Ojinaga	Ocampo	Lampazos de Naranjo	Rio Bravo
Praxedis G. Guerrero	Piedras negras	Los Aldamas	San Fernando
	Progreso	Los Herreras	Valle Hermoso
	Sabinas	Los Ramones	
	San Buenaventura	Marín	

Chihuahua	Coahuila	Nuevo León	Tamaulipas
	San Juan de Sabinas	Melchor Ocampo	
	Sierra Mojada	Paras	
	Villa Unión	Pesquería	
	Zaragoza	Sabinas Hidalgo	
		Salinas Victoria	
		Vallecillo	
		Villaldama	
11	18	21	12

### *Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera de México*

Se realizó una revisión de las bases de datos del Sub-sistema del Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera de México (SINEA, <http://sinea.semarnat.gob.mx/>) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), este inventario contiene el registro de emisiones estimadas del año 2005 para fuentes fijas, móviles, de área y naturales a nivel nacional, estatal y municipal para los siguientes contaminantes atmosféricos: NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, COV, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y amoníaco (NH<sub>3</sub>).

De esta base de datos se seleccionó la información para los 62 municipios dentro de la zona fronteriza. Se contabilizó el total de emisiones en toneladas por contaminante para cada estado, y el total de emisiones estimadas para toda la zona fronteriza.

### *Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes*

Se realizó una revisión de las bases de datos del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC, <http://app1.semarnat.gob.mx/retc/>) de la Semarnat. Esta base de datos es un registro de las emisiones reportadas por plantas industriales con emisiones contaminantes de jurisdicción federal al aire, agua y suelo, comprendiendo un total de 104 sustancias.

De esta base de datos se seleccionó la información de emisiones al aire para los municipios dentro de la zona fronteriza para el año 2005 que coincide con la información disponible del SINEA, cabe señalar que no se tienen registros de emisiones en todos los municipios, solo aquellos que tienen plantas industriales con emisiones a la atmósfera de jurisdicción federal.

De las emisiones para el año 2005 de municipios dentro de la zona fronteriza se contabilizaron las emisiones de GEI: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido

nitroso ( $N_2O$ ), metano ( $CH_4$ ), hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ) e hidrofluorocarbonos (HFC) considerando su potencial de calentamiento global en un horizonte de 100 años (tabla 2) en toneladas de dióxido de carbono equivalente ( $tCO_2e$ ) de acuerdo a lo establecido por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) en su Tercer Informe de Evaluación (IPCC, 2001).

*Tabla 2.* Potenciales de calentamiento global para los GEI

Gas de Efecto Invernadero		Potencial de calentamiento global (horizonte temporal en años)		
		20 años	100 años	500 años
Dióxido de carbono	$CO_2$	1	1	1
Metano	$CH_4$	62	23	7
Óxido nitroso	$N_2O$	275	296	156
Hidrofluorocarbonos	HFC	hasta 9,400	hasta 12,000	hasta 10,000
Perfluorocarbonos	PFC	hasta 12,900	hasta 14,900	hasta 18,000
Hexafluoruro de azufre	$SF_6$	15,100	22,200	32,400

Fuente: IPCC

En base a los potenciales de calentamiento global en el horizonte de 100 años mostrados en la tabla 2 se calcularon las  $tCO_2e$  mediante la ecuación 1:

$$tCO_2e = [tCO_2] + 23[tCH_4] + 296[tN_2O] + 12000[tHFC] + 14900[tPFC] + 22200[tSF_6] \quad (1)$$

## Resultados

### *Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera de México*

Las emisiones de contaminantes atmosféricos criterio para los 62 municipios dentro de la zona fronteriza fueron sumados para cada estado del lado mexicano. En la Tabla 3 se presentan las emisiones totales en toneladas para el año 2005 por estado para los municipios que se encuentran entre los 100 km al sur de la frontera México-Texas y el total de la zona fronteriza.

*Tabla 3.* Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera de la zona fronteriza para el año 2005.

Estado	Emisiones estimadas anuales en toneladas para el año 2005					
	SO <sub>2</sub>	COV	CO	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NH <sub>3</sub>
Chihuahua	NO <sub>x</sub>	105,180.54	590,097.31	5,940.81	3,686.45	5,623.10
Coahuila	62,105.91	82,328.14	156,064.04	10,936.10	5,888.34	15,936.10
Nuevo León	140,021.53	104,210.39	216,802.29	4,032.66	2,709.05	7,541.34
Tamaulipas	63,250.69	220,436.70	780,641.78	12,488.42	6,186.49	10,970.58
Total zona fronteriza	119,053.72	512,155.77	1,743,605.42	33,397.99	18,470.33	40,071.12

En particular para los precursores de ozono que son los principales contaminantes contemplados en el PCRE tenemos que en toda la franja fronteriza se tuvo un estimado de 384,431.85 toneladas anuales de NO<sub>x</sub> y 512,155.77 de COV. Otro contaminante a considerar es el CO con 1.7 millones de toneladas anuales.

#### Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

En la Tabla 4 se muestran los registros de plantas industriales en el RETC para el año 2005, el contaminante mas reportado es el CO<sub>2</sub>, con un total de 10.58 millones de toneladas anuales registradas, lo cual corresponde a un 99.7% de las emisiones reportadas, seguido del NO<sub>2</sub> con 31,414 toneladas anuales. Aunque las emisiones de otros compuestos atmosféricos tóxicos (plomo, benceno, mercurio, etc.) y precursores de ozono (COV, metano, etc.) son menos del 0.3% de las emisiones reportadas, representan un mayor riesgo a la salud humana de las comunidades que pudieran ser impactadas por el transporte de estos contaminantes.

*Tabla 4.* Emisiones reportadas de plantas industriales al RETC en la zona fronteriza para el año 2005.  
Emisiones anuales registradas en toneladas en 2005

	CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	SF <sub>6</sub>	HFC	Acetaldehído
Chihuahua	1,540,117.40	0.04	40.92	0.156	0.05	0.00005516
Coahuila	525,792.24	16,975.00				0.0000321
Nuevo León	3,940,918.69	2,905.20				0.878
Tamaulipas	4,574,973.84	11,534.51	1.82			0.64365172
Total	10,581,802.18	31,414.75	42.74	0.156	0.05	1.52173898

	Cloruro de metileno	Cromo (comp)	Dioxinas	Estireno	Formaldehído	Furanos
Chihuahua	0.012	0.03500107	2.9681E-08		0.000012812	2.9681E-08
Coahuila					0.0000058	
Nuevo León		0.00000609	1.096E-08		15.594	5.138E-08
Tamaulipas	0.9	0.019147		11.262	13.45800269	
Total	0.912	0.05420897	4.0641E-08	11.262	29.0520213	8.1061E-08

	Acroleína	Arsénico	Asbesto	Benceno	Cadmio	Cadmio (comp)
Chihuahua	0.000006652	0.005		0.00067		0.002
Coahuila	0.0000038			3.9E-05		
Nuevo Leon	0.14	0.0000335				0.0000064
Tamaulipas	0.000101596		0.009	0.00024	0.001	
Total	0.140112048	0.0050335	0.009	0.00095	0.001	0.0020064

	Mercurio	Mercurio (comp)	Níquel (comp)	Plomo (comp)	Toluen diisocianato	Tricloroetileno
Chihuahua		0.056	0.00000021	5.92949		0.516
Coahuila				0.058		
Nuevo Leon	0.0000064		0.0000706	0.117		
Tamaulipas			1.336661	0.31873	3.011E-08	
Total	0.0000064	0.056	1.33673181	6.42322	3.011E-08	0.516

Fuente: RETC-Semarnat

En la Tabla 5 se presentan las emisiones de GEI para el año 2005 reportadas en el RETC, como se puede apreciar el CO<sub>2</sub> representa la mayoría de las emisiones, siendo Tamaulipas el principal emisor, se tienen un total de 10.59 millones de tCO<sub>2</sub>e anuales.

*Tabla 5.* Emisiones de GEI reportadas al RETC en la zona fronteriza para el año 2005

Estado	Emisiones anuales en toneladas				tCO <sub>2</sub> e
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	SF <sub>6</sub>	HFC	
Chihuahua	1,540,117.40	40.92	0.16	0.05	1,545,121.74
Coahuila	525,792.24				525,792.24
Nuevo León	3,940,918.69				3,940,918.69
Tamaulipas	4,574,973.84	1.82			4,575,015.73
Total	10,581,802.18	42.74	0.16	0.05	10,586,848.40

Fuente: RETC-Semarnat

### Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran la factibilidad de realizar proyectos de PCRE en México para beneficio tanto de comunidades texanas, donde se encuentren las industrias que pueden invertir en la reducción de emisiones en México a un menor costo que en su lugar de origen (al tener menos emisiones que pudieran transportarse hacia Texas y reducir por lo tanto los riesgos a la salud por contaminación atmosférica) como para comunidades mexicanas que estén más cercanas a las fuentes de emisión.

De acuerdo a los datos del SINEA podemos observar que la inversión no solo se podría realizar en plantas industriales, si no que puede también ser implementada en otro tipo de proyectos donde se consideren fuentes móviles apoyando, por ejemplo, programas de verificación vehicular. En lo que respecta a fuentes de área se tienen el caso de las ladrilleras donde el Comité Consultivo Conjunto para el mejoramiento de la Calidad del Aire Paso del Norte ha implementado estrategias para el mejoramiento de los hornos de fabricación de ladrillos reduciendo las emisiones de contaminantes tóxicos y cancerígenos entre el 80 y 90% (Velázquez, 2002; Cresswell et al, 2009), estas estrategias fueron posibles con financiamiento de la compañía El Paso Electric que aprovechó los créditos de reducción de emisiones. Estrategias similares pueden ser aplicadas en otras fuentes de área beneficiando a micro empresas y a la población en comunidades vulnerables.



En lo que respecta a las emisiones reportadas al RETC la mayoría de ellas son de  $\text{CO}_2$ , principalmente en el sector energía, por lo que la inversión en proyectos de energías renovables y eficiencia energética (EE/ER) pueden ser una buena vía de aplicación del PCRE, ya que la reducción de emisiones de precursores de ozono va a la par de los GEI al aplicar proyectos de EE/ER, de acuerdo al Laboratorio de Sistemas de Energía de la Universidad de Texas A&M, se estima una reducción de 18,907 toneladas de  $\text{NO}_x$  anuales en el 2010 por la aplicación de programas de EE/ER en agencias estatales de Texas (Haberl et al, 2011).

### Nomenclatura

$\text{CH}_4$	Metano
CO	Monóxido de carbono
$\text{CO}_2$	Dióxido de carbono
COV	Compuestos orgánicos volátiles
EE/ER	Eficiencia energética y energías renovables
EUA	Estados Unidos de América
GEI	Gases de efecto invernadero
HFC	Hidrofluorocarbonos
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
$\text{N}_2\text{O}$	Óxido nitroso
$\text{NH}_3$	Amoníaco
$\text{NO}_2$	Dióxido de nitrógeno
$\text{NO}_x$	Óxidos de nitrógeno
PCRE	Programa de Créditos por Reducción de Emisiones
PFC	Prefluorocarbonos
PM	Material particulado
$\text{PM}_{2.5}$	Material particulado menor a 2.5 micras
$\text{PM}_{10}$	Material particulado menor a 10 micras
RETC	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
$\text{SF}_6$	Hexafluoruro de azufre
SINEA	Sub-sistema del Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera de México
$\text{SO}_2$	Dióxido de azufre
TCEQ	Comisión de Calidad Ambiental del Estado de Texas
$\text{tCO}_2\text{e}$	Toneladas de dióxido de carbono equivalente

### Referencias

- CRESSWELL A. M., BURKE G. B. & NAVARRETE C., “Mitigating Cross-Border Air Pollution: The Power of a Network”, Center for Technology in Government, University at Albany, Albany, New York, 2009.
- ERICKSON D.A., MOLINA D., & GHOSH S., “The U.S.-Mexican Border Environment: Improving Transboundary Air Quality with Binational Emission Reduction Credit Trading”, SCERP Monograph Series, No. 10, San Diego State University Press, San Diego, California, 2004.
- HABERL J. ET AL, “Energy Efficiency/Renewable Energy Impact in the Texas Emissions Reduction Plan (TERP)”, Energy Systems Laboratory, Texas A&M University, 2011.
- IPCC, “Cambio Climático 2001: Informe de síntesis” Panel Intergubernamental de Cambio Climático, 2001.
- MUÑOZ G., QUINTERO M. & PUMFREY R., “Air quality at the US-Mexican border; current state and future considerations towards sustainability”, The U.S.-Mexican Border and a Sustainable Environment in 2030 conference proceedings. Southwest Consortium for Environmental Research & Policy. 2010.
- SEMARNAT, “Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes”, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, último acceso el 15 de diciembre de 2011 en: <http://app1.semarnat.gob.mx/retc/index.php>
- SEMARNAT, “Sub-sistema del Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera de México”, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, último acceso el 19 de febrero de 2012 en: <http://sinea.semarnat.gob.mx/sinae.php?steprep=1&process=UkVQT1JURUFET1I=>
- TCEQ, “Emission Reduction Credits (ERCs)”, Texas Commission on Environmental Quality, 2001.
- TCEQ, “Implementing the Banking and Trading of Emission Reductions Made Outside the United States”, Texas Commission on Environmental Quality, 2003.
- US-EPA & SEMARNAT, “State of the Border Region – Border 2012: U.S.-Mexico Environmental Program, Indicators Report 2005”, United States Environmental Protection Agency & Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2006.
- VELAZQUEZ G., “Emission Trading Opportunities in an International Airshed”, RIO 02 World Climate & Energy Event conference proceedings, 2002.

[8]

# Los efectos termoregulatorios de los insecticidas piretroides son dependientes de tiempo, dosis y estructura química

Alejandro Martín Pato\*, Mónica Elizabeth Mosquera-Ortega<sup>\*,\*\*\*</sup>,  
Carla Solange Sosa-Holt\*, Marcelo Javier Wolansky<sup>†,\*,\*\*,\*</sup>

## Resumen

LOS INSECTICIDAS PIRETROIDES producen cambios en la Respuesta Termoregulatoria (RT). En la rata, los piretroides de Tipo-I Permetrina y Bifentrina producen hipertermia y los de Tipo II, Cipermetrina (CPM) y Deltametrina (DLM), producen hipotermia (Soderlund y col., 2002) luego de exposición oral aguda. Estos efectos específicos de estructura química han sido clásicamente caracterizados utilizando dosis medias-altas y mediciones de temperatura corporal (TC) registrada con sonda rectal luego de una única dosificación. Sin embargo, existe evidencia reciente que sugiere que CPM y DLM producen relaciones dosis-efecto bifásicas: se observa leve aumento de TC a dosis bajas, aparente ausencia de efecto a dosis intermedias, y la esperada hipotermia a dosis más altas. Al presente, no hay datos suficientes para establecer si la acción neurotóxica conjunta ocurrida en humanos cuando existe co-exposición a múltiples piretroides Tipo-I y Tipo-II (el escenario de exposición potencial más realista según datos ambientales y residuos en alimentos) está influenciada por los determinantes de toxicidad identificados en animales. Con el objetivo de explorar mas en detalle estas acciones de dosis bajas, obtuvimos curvas

\* Laboratorio de Toxicología de Mezclas Químicas (<http://www.latomeq.qb.fcen.uba.ar>), Departamento Química Biológica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

\*\* Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

\*\*\* Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Argentina.

† [mjwolansky@qb.fcen.uba.ar](mailto:mjwolansky@qb.fcen.uba.ar)

tiempo y dosis-efecto para los piretroides mencionados utilizando transmisores de implantación subcutánea no quirúrgica (sólo se realiza punción con jeringa con deposición del chip en zona subcutánea de la región dorsal), modelo IPTT-300® (Bio-MedicDataSystems, USA). Estos chips (tamaño = grano de arroz) pueden registrar la TC en forma repetida en tiempo real de manera libre de estrés en comparación al sistema de sonda rectal. Los datos son captados por sistema escáner y transferidos a un sistema computador. Ratas Wistar adultas machos fueron implantadas 4 días antes del ensayo y la TC monitoreada para determinar la RT fisiológica de cada animal. El día del experimento se realizaron mediciones cada 30 minutos durante 5 hs luego de una única dosificación oral (~1-20% LD<sub>50</sub>; 1 ml/Kg) de cada compuesto disuelto en aceite de maíz (N=6-8 por grupo-dosis). A dosis que producen claros signos de intoxicación (PM 150, BIF 12, DLM 9,  $\alpha$ -CPM 15 mg/Kg) se pudieron observar los patrones de RT típicos de piretroides Tipo-I y Tipo-II. Sin embargo, un pequeño aumento de la TC fue observado en dosis bajas para todos los piretroides. Estos primeros hallazgos parecen confirmar que la clasificación dual, Tipo-I/Tipo-II podría ser sólo válida por encima de cierto umbral de exposición aguda. Los resultados alcanzados utilizando el sistema telemétrico de chips subcutáneos están en acuerdo con estudios preliminares realizados con otro sistema telemétrico (transmisores de implantación intra-peritoneal; Data Sciences, USA) donde se observó respuesta bifásica para DLM (Wolansky y col., *The Toxicologist* 96 (1): PS897, 2007), y el leve incremento en TC observado por McDaniel & Moser (1993) cuando usó sonda rectal para monitorear los efectos agudos de CPM. Planeamos evaluar la acción conjunta de dosis bajas de estos piretroides utilizando la medición telemétrica de TC para explorar la influencia de la dosis de insecticidas individuales sobre la estimación de riesgo acumulativo por exposición a mezclas relevantes de los mismos [presentación preliminar: Pato y col., *The Toxicologist* 120 (2), PS1346, 2011.

**Palabras clave:** Termorregulación; Neurotoxicidad; Piretroides; Tipo-I; Tipo-II; Rata

## Introducción

LOS INSECTICIDAS PIRETROIDES (PYRs) son ampliamente en la industria agrícola, son la clase insecticida de primera elección y se usan en múltiples aplicaciones rurales y residenciales. Estos representan ~25-30% del mercado mundial de insecticidas y aparecen con la mayor incidencia en monitoreos de exposición ambiental a plaguicidas (Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable, 2007; Tulse y col., 2006). La población está cotidianamente expuesta a niveles bajos (generalmente sub-umbrales) de múltiples PIRs a través de varias fuentes de exposición (agua, suelos y dieta).

Su modo primario de acción (MPA) es la prolongación de las corrientes entrantes de sodio a través de los canales de sodio activados por voltaje (CSAV)

durante el potencial de acción, lo cual desencadena severos trastornos de excitabilidad celular (Soderlund y col., 2002).

Los PIRs se han clasificado en 2 subclases, Tipo-I y Tipo-II, según su estructura molecular y los signos de neurotoxicidad *in vivo*. Los Tipo-I o “T” (Permetrina (PM) Y Bifentrina (BF)) inducen Temblores. Los Tipo-II o “CS” (Deltametrina (DM) y  $\alpha$ -Cipermetrina ( $\alpha$ -CPM)) evocan temblores, Coreoateosis y Salivación. Además, exposiciones sub-letales producen otras alteraciones que afectan la función motora y la respuesta neuromuscular. Los síndromes son también acompañados por hipertermia (PIRs Tipo I), o hipotermia (Tipo II).

Estos efectos específicos de cada estructura química han sido demostrados mayoritariamente utilizando dosis efectivas entre los rangos medias a altas y mediciones intrarrectales luego de una única dosificación. Además estudios recientes sugieren que CPM y DLM podrían producir respuestas bifásicas: hipertermia leve a dosis bajas además de los efectos hipertérmicos ya reportados a dosis altas.

Al presente no hay datos suficientes para establecer si la toxicidad conjunta de los piretroides esta influenciada por los efectos estructura-específicos de los PYRs y por los marcadores de efecto utilizados.

Con el objetivo de explorar las relaciones entre los efectos, la estructura del PYR y la dosis administrada obtuvimos curvas tiempo y dosis-respuesta para los PYRs mencionados anteriormente utilizando chips transmisores subcutáneos para medir la temperatura corporal de manera libre de estrés.

### Objetivo general

Explorar la utilidad de la respuesta termoregulatoria (RT) como marcador de efecto para estimar Factores de Potencia Relativa (FPRs) para insecticidas. Este trabajo será útil para identificar mezclas de dosis equitoxicas de insecticidas piretroides de ocurrencia conjunta e el ambiente y para evaluar diferentes hipótesis de acción conjunta *in vivo*.

### Objetivos específicos

1. Generar curvas tiempo- y dosis-respuesta para la respuesta tóxica inducida por exposición para los 4 insecticidas piretroides ya mencionados, en rata, utilizando como marcador de efecto la temperatura subcutánea
2. Extracción de muestras de sangre y tejidos blancos que posteriormente serán analizadas por métodos cromatográficos en estudios de toxicocinética (trabajo en progreso).

## Metodología

El dispositivo IPTT-300(BMDS,USA) utilizado en este trabajo es un transmisor implantable de temperatura que permite realizar mediciones de temperatura de manera libre de estrés

**Tabla 1:** se muestran las condiciones experimentales empleadas, Todas las dosificaciones fueron realizadas a las 8:30 AM y todos los animales presentaron temperaturas de 36-38 °C previo a la dosificación

<b>Efectos de los Insecticidas piretroides en termorregulación</b>	
Marcador de efecto	Temperatura subcutánea
Dispositivo	Chip Transmisor
Modelo animal	Ratas Wistar PD 53-60
Origen de los animales	Bioterio Central FCEyN
Vía de exposición	Oral
Volumen de dosis	1 ml/kg
Vehículo	Aceite de Maíz

Los animales son separados de a 2 por jaula desde las 7 semanas (aprox.) y alojados en una sala especial del Bioterio Central de la Fac. Cs. Exactas y Naturales. El implante se realiza cuando los animales llegan a 250 grs de peso, 5-7 días antes del día de dosificación y testeo para permitir la desinflamación de la zona de punción de implante.

El día del experimento se realiza una medición previa a la dosificación la cual se considera la temperatura inicial (esto es, fisiológica) del animal, luego se realiza la dosificación (15-20 min por bloque experimental de 16-20 ratas), y media hora después se comienza con la medición de temperatura cada 30 min. Al finalizar el período de máxima toxicidad (en  $t = 5$  hs post-dosificación) los animales son sacrificados y se extraen muestra de tejidos (sangre; hígado; Cerebro: núcleo estriado) Los tratamientos y el orden de dosificación son asignados al azar. Los experimentos son divididos en tres-cuatro bloques, con controles incluidos en cada bloque. Todos los procedimientos de implantes fueron exitosos. Las mediciones de temperatura son tomadas utilizando un escáner manual.

Análisis de los datos: los datos obtenidos de cada medición post-dosificación se normalizan restando la medición pre-dosificación para cada animal, de esta forma se calcula el cambio de temperatura respecto de la temperatura inicial en cada punto. Posteriormente se promedian los datos correspondientes a cada dosis y se confeccionan curvas dosis-respuesta teniendo en cuenta la respuesta termoregulatoria al tiempo de efecto máximo (Time of peak effect, TOPE).

Modelados de los datos y estimación de ED 50: deltametrina fue seleccionada como compuestos de referencia, luego se computaron las potencias relativas mediante el cociente  $ED_{50DLM}/ED_{50i}$

### Resultados

Se obtuvieron relaciones Tiempo respuesta y dosis respuesta para los insecticidas piretroides citados (Figura 1 y 2),

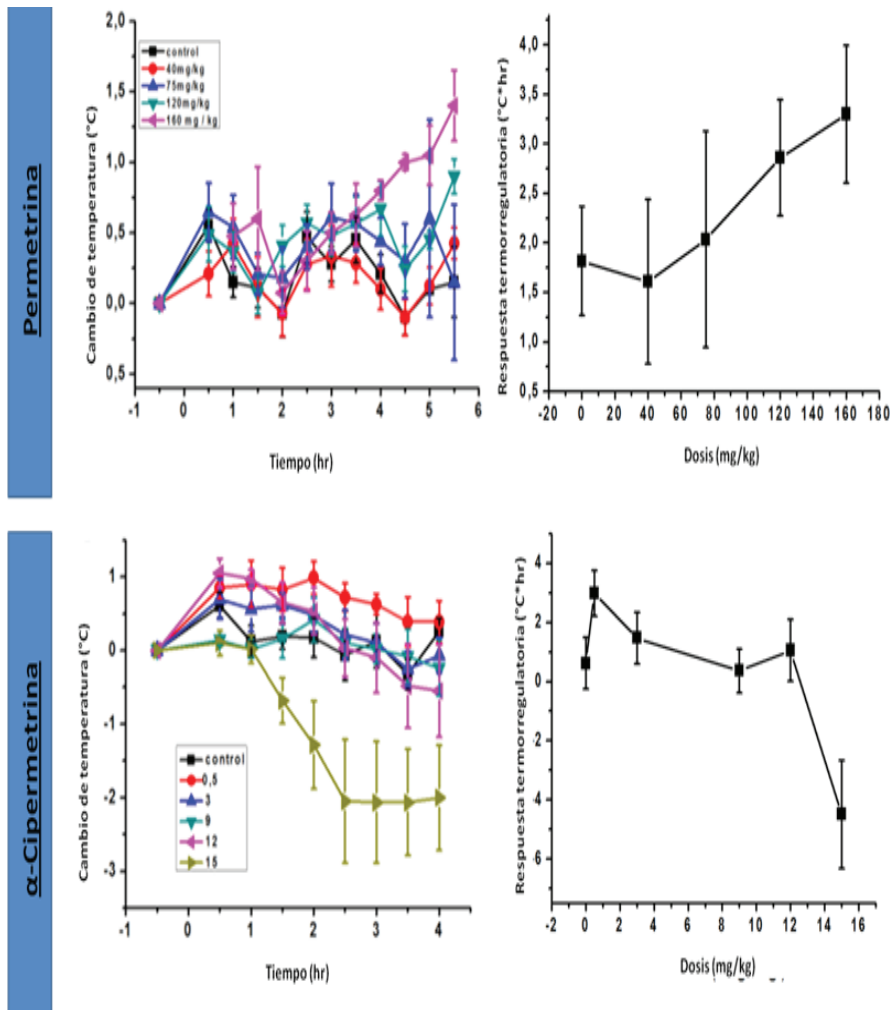


Figura 1: Se muestran las curvas tiempo y dosis respuesta para Permetrina y  $\alpha$ -Cipermetrina

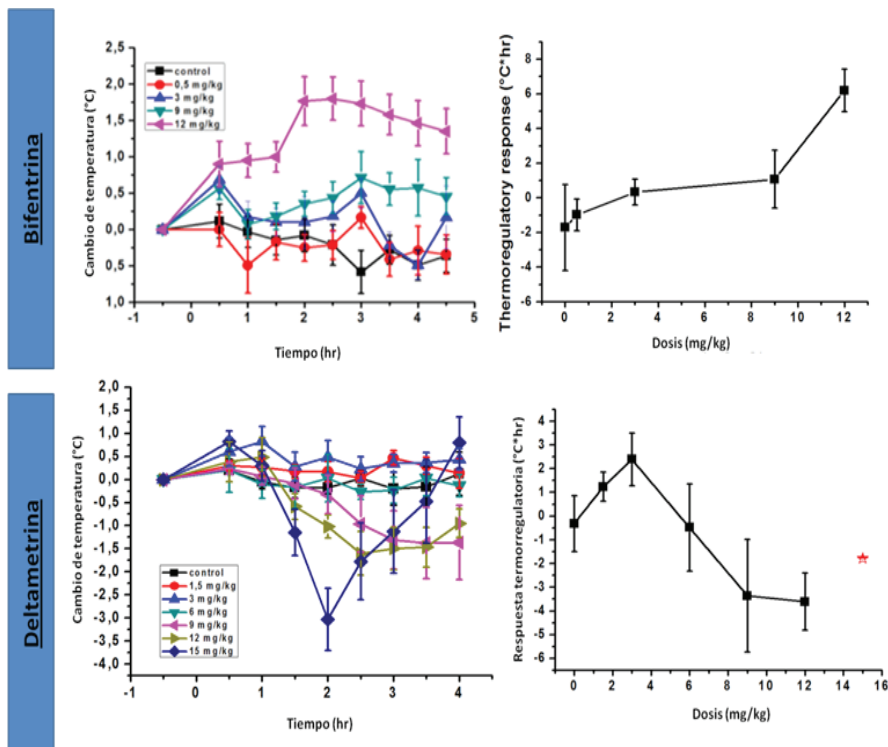


Figura 2: Se muestran las curvas tiempo y dosis respuesta para Bifentrina y Deltametrina, Animales Administrados 15 mg/Kg de Deltametrina fueron excluidos debido a toxicidad excesiva. (\*)

Tabla 2: Las ED<sub>50</sub>s fueron computadas utilizando los datos presentados en los gráficos de Tiempo-temperatura (ver figuras) observadas al TOPE, se aplico, como primera aproximación, una función dosis-respuesta de 4 parámetros (Modelo Hill)

Compuesto	Tipo de piretroide	Tope (hs)	ED <sub>50</sub> (mg/kg; media±SEM)	LD <sub>50</sub> (mg/kg)	RFP
Permetrina	Tipo I/T	5,5	176±13	1200	0,06
Bifentrina	T-like	2,5	11,4±0,5	55	0,98
Deltametrina	Tipo II/CS	2,5	11,2±0,8	66,7	1
α-Cipermetrina	Tipo II/CS	2,5	15±1	79	0,75

### Conclusión

Es importante destacar que se ha logrado reproducir los efectos citados en bibliografía (Soderlund y col., 2002) en los insecticidas probados y la forma



de las curvas tiempo y dosis-respuesta muestran especificidad respecto en estructura del piretroides., además de haber observado síntomas de intoxicación aguda, en las dosis mas altas, típicos de los piretroides como ser salivación, coreatetosis, temblores, etc. ampliamente reportados (Soderlund y col 2002). Todos los insecticidas piretroides producen leves incrementos de la temperatura dosis bajas los piretroides tipo II deltametrina y  $\alpha$  cipermetrina produjeron respuesta bifásicas: incremento luego de dosis bajas seguidas de una evidente y hipotermia altas dosis produciendo signos específicos de toxicidad para tipoII (por ejemplo: desorden motor y salivación. los picos de efecto (el cambio de temperatura más alto registrado) fue observados a las 2,5-5 h. el análisis matemático permitió la estimación de ED50 y factores de potencia relativa y además estos fueron consistentes con las LD50 reportadas en la literatura.

En general la acción de los piretroides una respuesta Termoregulatoria fue consistente con los datos de estudios previos utilizando sonda rectal (McDaniel & Moser, 1993; Soderlund et al., 2002; Wolansky et al., 2007a) o transmisores intraperitoneales (Wolansky et al., 2007b) las próximas investigaciones examinarán la respuesta Termoregulatoria frente a mezclas compuestas de cantidades equitoxicas de estos insecticidas.

### Referencias

- SODERLUND, D.M. Y COL. (2002). Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. *Toxicology* 171: 3-59.
- PATO, A. Y COL.(2011). Time, Dose and Structure dependent actions of Pyrethroids insecticides on rat thermoregulation. *The Toxicologist* 120 (2): PS10346,2011
- SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE, PRESIDENCIA DE LA NACION. Estudio colaborativo multicentrico. La problemática de los agroquímicos y sus envases, su icidencia en la salud de los trabajadores, la población expuesta en el ambiente, 1ed. Buenos aires (2007)
- TULVE NS, JONES PA, NISHIOKA MG, FORTMANN RC, CROGHAN CW, ZHOU JY, ET AL. 2006. Pesticide measurements from the first national environmental health survey of child care centers using a multi-residue GC/MS analysis method. *Environ Sci Technol.* 2006 Oct 15;40(20):6269-74
- WOLANSKY, M. Y COL. (2007A). Influence of dose volume on the neurotoxicity evoked by bifenthrin. *Neurotoxicol. Teratol.* 29 (3): 377-384
- MCDANIEL, K.L. & MOSER, V.C. Utility of a neurobehavioral screening battery for differentiating the effects of two pyrethroids, permethrin and cypermethrin . *Neurotoxicol.* 15: 71-83, 1993.
- WOLANSKY, M. Y COL. (2007B). Effects of acute pyrethroid exposure on thermoregulation in rats. *The Toxicologist* 96 (1): P897-423.

[9]

## **Evaluación de riesgo ecológico en la Cuenca del Plata: comparación de la respuesta de biomarcadores de efecto en organismos expuestos en bioensayos *in vitro* vs. organismos centinelas.**

Laura Patricia Dopchiz, José Luis Michieli, Daniela Barbieri,  
Mariana Biffignandi, Clarisa Meneghin, Matias Spotorno,  
Gonzalo Mainero, Martín Ansaldo and Sandra Demichelis.

LA CUENCA DEL Plata es la quinta en envergadura del mundo con un área de 4.000.000 de km<sup>2</sup>, abarca una gran variedad de ambientes naturales. Los servicios de sus ecosistemas son compartidos por Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay. La ausencia de sistemas de tratamiento de efluentes, es la principal responsable de la contaminación que reciben los sistemas acuáticos que integran esta cuenca afectándolos negativamente. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta de ejemplares *Allium cepa* y *Lactuca sativa* expuestos en forma crónica y aguda, en condiciones controladas de laboratorio, a aguas provenientes de sitios del Río de la Plata y río Uruguay con distinto grado de contaminación y compararlo con el efecto sobre plantas autóctonas, utilizadas como centinelas de contaminación. Hipótesis: los efectos adversos sobre el ecosistema pueden detectarse en forma temprana mediante la utilización de biomarcadores ya sea en bioensayos de laboratorio o en organismos centinelas. Se utilizaron muestras de aguas superficiales recolectadas a los largo de 1200 km que fueron analizadas de acuerdo a APHA, AWWA, WEF (1992). Los índices de calidad de agua (ICA) fueron calculados ajustándose a las normas Argentinas. Bulbos de *Allium cepa* fueron expuestos en forma crónica y semiestática, mientras que semillas de *Lactuca sativa* fueron expuestas en forma aguda y estática según normas IRAM. Ápices radiculares de: *Echinodorus grandiflorus*, *Eichornia crassipes*, *Pistia stratiotes* L., *Scirpus giganteus*, *Schoenoplectus californicus*, fueron fijadas en el campo para evaluar su utilidad como biomarcadores. Los biomarcadores utilizados en todos los casos fueron: número

cromosómico, caracterización cromosómicas, presencia de anormalidades mitóticas e índice mitótico (IM: nro total de células en división x 100/ número total de células observadas). Se observaron en promedio  $1800 \pm 500$  células. Los bioensayos crónicos mostraron mayor IM en muestras del río Uruguay. Las muestras del Río de la Plata se caracterizaron por altos porcentajes de anormalidades mitóticas. La abundancia de nutrientes en el agua y diferencias de aportes entre áreas con distinto densidad poblacional, el uso del suelo, son causa directa de las diferencias halladas. Se encontró una respuesta en los bioensayos de laboratorio respecto de las muestras de campo, lo que indica una sobreestimación de la toxicidad del agua. Diferentes fuentes de contaminación, asociadas a las características del paisaje muestran resultados similares en algunos biomarcadores in situ, pero la integración hallazgos en el laboratorio y los ICA pueden ser indicadores valiosos del estado ecológico del recurso.

[10]

## Factores de riesgo y pronóstico en cáncer de mama: comparación de dos grupos de pacientes argentinas.

Luciano Cermignani, Sandra Demichelis, Ariel Zwenger,  
Bernardo Leone, Amada Segal-Eiras and Maria Croce.

EN ARGENTINA, EL cáncer de mama es la neoplasia más frecuente en el sexo femenino; se diagnostican alrededor de 17000 nuevos casos y se producen 5400 muertes por año. Objetivo: comparar los factores de riesgo y pronóstico en dos grupos de pacientes argentinas con cáncer de mama invasor (CDI) con estatus socio-económico medio (ESEM) y bajo (ESEB) provenientes de dos áreas geográficas diferentes. Se incluyeron pacientes con CDI: 122 ESEM de la ciudad de La Plata que consultaron a una clínica privada y 355 ESEB de la ciudad de Neuquén atendidos en un hospital público. Los factores de riesgo considerados fueron: edad, hijos, lactancia, edad de menarca y menopausia mientras que los factores pronóstico fueron: estadio, tamaño tumoral, número de ganglios comprometidos, grado nuclear, índice mitótico, invasión vascular y linfática, celularidad, receptores de estrógeno. Se compararon los grupos y sus subgrupos mediante análisis de frecuencias y ANOVA ( $p < 0,05$ ). Resultados: una diferencia destacable entre ambos grupos fue el hecho de hallar invasión de la piel y/o pared torácica al momento del diagnóstico en el 15,4% en las ESEB mientras que ninguna paciente ESEM presentó esa característica. La edad de diagnóstico de las ESEB fue significativamente más baja respecto a las ESEM: el 63% de las ESEB versus el 44% de las ESEM tenían menos de 55 años. Dentro de este último grupo, el estadio III se presentó a una edad promedio de 49 años versus 54 en ESEB. En ambas poblaciones, se observaron estadios más avanzados de la enfermedad en las pacientes más jóvenes. En general, el tamaño tumoral fue significativamente mayor en las pacientes <50 años. Respecto a la expresión de receptores de estrógeno (RE), las pacientes ESEM mayores de 55 años presentaron con mayor frecuencia tumores RE+, mientras que las ESEB no mostraron diferencia significativa. El grado de diferenciación tumoral, el grado nuclear y la invasión vascular y linfática fue significativamente mayor en las pacientes ESEB respecto

a las ESEM. Considerando el número de hijos se observaron diferencias significativas entre ambos grupos:  $2,8 \pm 0,11$  para ESEB y  $1,9 \pm 0,13$  para ESEM (promedio  $\pm$  error estándar). En general, se observó que las pacientes que habían amamantado y tenían hijos presentaban menor número de ganglios metastásicos. Conclusiones: Las pacientes con cáncer de mama provenientes de las dos áreas geográficas estudiadas constituyen dos poblaciones distintas. La lactancia y el número de hijos constituyen factores de riesgo relevantes.

[11]

## Utilización de ratas como bioindicadores de contaminación por plomo en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina

Gerardo Cueto and Olga Suárez

LOS VERTEBRADOS TERRESTRES expuestos a metales pesados pueden presentar bioacumulación de dichos contaminantes en diferentes tejidos. Tales datos proporcionan información sobre contaminación química del ambiente y de la cadena alimenticia y de las exposiciones potenciales de la fauna y humanas. La utilización de especies "centinela" es de gran interés para la evaluación toxicológica ya que permiten la incorporación de elementos ecológicos y facilitan la extrapolación de datos relevantes para la salud pública. Se estimó el nivel de acumulación de plomo en huesos de 61 ratas (*Rattus sp*) provenientes de 4 tipos de ambientes de la Ciudad de Buenos Aires. Se analizaron fémures los cuales fueron secados en estufa y posteriormente digerido con 10 ml. de ácido nítrico calentado con luz infrarroja durante 4 hs. Las determinaciones se llevaron a cabo mediante un Espectrofotómetro de emisión atómica ICP Masa del Centro Atómico de Ezeiza (CEA) de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Los intervalos de confianza para los niveles de concentración media (ppm) registrados en cada ambiente fueron: Barrios residenciales: 17,8-82,6 número de ejemplares: 10; Asentamientos marginales 23,5-89,0 (n: 12); Espacios verdes: 9,6-55,5 (n=9); Costa del Riachuelo: 107,4-254,0 (n: 30). El contenido de plomo medio registrado varió significativamente entre los distintos ambientes ( $F_3; 57: 10,3 < 0,01$ ), siendo los ejemplares capturados a orillas del Riachuelo los que presentaron niveles de plomo significativamente mayores que el resto. No se registraron diferencias significativas en el nivel de plomo acumulado en ejemplares capturados entre los restantes ambientes. Los elevados niveles de acumulación de plomo registrados en las ratas de la costa del Riachuelo son indicadores del alto riesgo para la salud al que están expuestas las personas que habitan en esta zona. En los restantes ambientes también se registró acumulación de plomo la cual, si bien fue menor a la registrada en las proximidades del Riachuelo, muestra que la población puede estar expuesta a este contaminante. Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de determinar y controlar las posibles fuentes de contaminación ambiental por plomo a fin de estimar con mayor precisión el riesgo para la población y establecer las medidas de prevención más adecuadas.

[12]

## O risco de super medicalização em saúde mental

Sandra Tschirner

ATÉ MEADOS DO século passado, a pessoa portadora de doença mental, estaria fadada à internação em um sanatório, à exclusão e à alienação da sociedade. A partir de meados do século passado, passou-se a fazer uso de medicação para doenças mentais e a qualidade de vida das pessoas melhorou significativamente. Essa melhora acontece não somente pela diminuição do sofrimento, mas também pela possibilidade da pessoa não precisar se retirar do convívio da família e da sociedade e muitas vezes do seu trabalho durante seu tratamento. O DSM da Sociedade Americana de Psiquiatria e o CID-10 da Organização Mundial da Saúde, fazem a classificação nosológica dos transtornos mentais e comportamentais classificando-os por grupos de sintomas. O médico do serviço de saúde mental via anamnese com o paciente faz o diagnóstico segundo esses critérios e aplica a medicação. A cada grupo, um tipo de medicação é indicada. Neste trabalho, pela apresentação de uma vinheta clínica a autora questiona os critérios diagnósticos e a forma como estes vêm sendo utilizados. Questões humanas tais como tristeza, angústia, perdas, atividade intensa, têm sido passíveis de medicação. Com isso, conclui-se a população atualmente tem se colocado sob sério risco da super medicalização ao procurar um serviço de saúde mental.

[13]

# Riesgo, ¿para quién?: representaciones sobre la actividad minera de diferentes actores sociales del distrito Manganesífero Molango, Hidalgo, México

Minerva Catalán Vázquez<sup>\*</sup>; Horacio Riojas Rodríguez<sup>\*\*</sup>;  
Blanca Estela Pelcastre-Villafuerte<sup>\*\*\*</sup>

## Resumen

**Antecedentes.** Estudios previos han demostrado altos niveles de exposición a manganeso y daños neurológicos en la población que vive en la zona minera de Molango, México. Uno de los objetivos del Plan de Manejo de Riesgos es propiciar la participación social; para lograrla es importante conocer cómo se representan la actividad minera los distintos actores sociales.

**Objetivo.** Caracterizar y analizar las representaciones sociales sobre la actividad minera de distintos actores sociales del distrito minero Molango.

**Material y métodos.** Diseño cualitativo basado en entrevistas a profundidad a pobladores, funcionarios públicos y un representante de la empresa minera, utilizando una guía de discusión. Las sesiones fueron grabadas en audio, previo consentimiento informado verbal y transcrito a un procesador de texto. El análisis se realizó por temas por cada grupo de actores, con apoyo del programa Atlas-ti (v.5.0).

**Resultados.** Se identificaron representaciones sociales sobre la actividad minera esencialmente distintas. Para los pobladores es sinónimo de contaminación y como tal ha

<sup>\*</sup> M en MS, Departamento de Epidemiología Clínica, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, México, DF. Correo electrónico: mininvest2001@yahoo.com.mx

<sup>\*\*</sup> M C, M en C, PHD, Dirección de salud Ambiental, Instituto Nacional de Salud Pública, Morelos, México.

<sup>\*\*\*</sup> Dra. en Psic Soc Dirección de Determinantes y Retos de los Sistemas de Salud, Centro de Investigación en Sistemas de Salud, Instituto Nacional de Salud Pública, Morelos, México.



afectado todos los ámbitos de su entorno, su salud y su vida cotidiana. Para los funcionarios y la empresa minera no hay evidencia de daño, la conciben como generadora de desarrollo regional y comunitario. Los daños a la salud y al ambiente son vistos como un discurso de las comunidades para obtener beneficios económicos de la empresa.

**Conclusiones.** Estas imágenes y representaciones del “otro” dificultan que los actores lleguen a acuerdos cooperativos, lo cual incide en el avance del plan de manejo del riesgo. Es necesario que los tomadores de decisiones tomen en cuenta estas diferencias al promover la participación social.

**Palabras clave:** representaciones sociales; participación social; manganeso; México

### Introducción

EN MÉXICO, la minería es una de las principales actividades industriales, en el año 2010 logró desplazar al turismo como cuarto generador de divisas, sólo superado por la industria automotriz, el petróleo y las remesas de migrantes [1]. Sin embargo, los procesos de extracción y procesamiento minero pueden generar problemáticas socioambientales por los severos impactos al ambiente, y a la salud de las poblaciones expuestas. Este es el caso del distrito manganesífero de Molango, localizado en la Sierra Alta del estado de Hidalgo. Desde hace diez años se han realizado varias investigaciones para evaluar los riesgos a la salud por exposición a Mn en el distrito minero [2,3,4]. Los últimos estudios realizados en niños señalaron efectos cognitivos adversos que afectan su capacidad intelectual [5] y efectos neurológicos en el área de la motricidad [6]. Sin embargo, es frecuente que la valoración de los riesgos por parte de los expertos puede llegar a ser muy diferente de la lectura o la representación que tienen las comunidades expuestas y las autoridades gubernamentales encargadas de la gestión y de la toma de decisiones para la reducción o mitigación de los riesgos, lo que dificulta incorporar a los diferentes actores sociales en las iniciativas o planes para su control. En el caso del distrito minero Molango, si bien la contaminación por Mn sigue siendo una de las principales preocupaciones para los pobladores de las comunidades expuestas [7,8]. los diferentes actores sociales que integran la Mesa Intersectorial de Gestión Ambiental en el Distrito Minero, tienen serias dificultades para lograr acuerdos cooperativos [9,10]. En este sentido, es importante abordar el estudio de las Representaciones Sociales (RS) sobre la actividad minera de distintos actores del distrito minero Molango, con la finalidad de entender las posturas y las actuaciones de los actores sociales ante la problemática minera, y tratar de orientar los hallazgos hacia la posibilidad de manejo del riesgo bajo la elaboración de acuerdos mínimos entre los actores sociales.

Las RS son una forma de saber cotidiano y práctico, [11] con un conjunto de imágenes, significados o sistemas de referencias, que conciernen a la manera

en que los sujetos sociales aprehenden los acontecimientos de la vida diaria, las características de su ambiente, las informaciones que en él circulan y a las personas de su entorno próximo o lejano [12]. Bajo este marco, el objetivo del trabajo fue caracterizar y analizar las RS sobre la actividad minera en pobladores, funcionarios públicos y representantes de la empresa minera, identificando los elementos que han contribuido a la construcción de la visión que tienen los actores sociales sobre la actividad minera.

### Material y métodos

Este artículo está basado en datos de la segunda fase del estudio “Riesgo a la salud atribuido a la exposición a manganeso en las comunidades Cuxhuacán, Chiconcoac, Tolago, Chipoco, Malila y Nonoalco, las cuales se seleccionaron en base a su distancia respecto a las minas y/o plantas de procesamiento de manganeso. Se utilizó un método de recolección y análisis cualitativo basado en entrevistas a profundidad. Se realizaron 62 entrevistas, 47 a pobladores de las comunidades seleccionadas, 14 a funcionarios públicos y una entrevista a un funcionario de la empresa minera. Las entrevistas se realizaron entre los meses de agosto y diciembre de 2006, fueron grabadas en audio, previo consentimiento informado verbal, posteriormente se transcribieron. El análisis de los datos se realizó según el método propuesto por Taylor y Bodgan (1986) [13]. El Atlas-ti (v.5.0) fue el programa de apoyo para el proceso de codificación

### Resultados

Para los pobladores del distrito minero, la actividad minera ha generado una gran contaminación, una contaminación totalmente abarcativa. Para ellos, la contaminación no tiene límites, el Mn ha afectado todos los componentes del ambiente y desde luego, a la salud de las personas. El Mn es pensado como un elemento que modifica la calidad del aire, el cual transporta partículas en forma de polvos y de gases, que al depositarse en el suelo induce a su degradación. A la contaminación minera le asocian la disminución en la producción de frutas de la región, así como de otros cultivos. Las mujeres le adjudican la muerte y desaparición de plantas y hortalizas (de alto contenido nutricional) que antes se daban en sus patios o en sus parcelas. En las comunidades donde el río era un recurso importante para la subsistencia diaria, las nociones del daño se remiten a la muerte y enfermedades de peces y otras especies marinas.

Este carácter abarcativo, se extiende a los efectos del Mn en el proceso salud-enfermedad-muerte. Los pobladores asocian un gran número de padecimientos

a la contaminación por Mn, como “tos”, “calentura”, “ardor de ojos y de garganta”, “dolor de cerebro”, “dolor de pecho”, “dolor de pulmón”, “dolor de huesos”, “dolores en el cuerpo”, “ronchas y granos en la piel”, hasta otros efectos menos observables, en tanto que el Mn es pensado como un elemento dañino que se acumula en el cuerpo y lo enferma. También señalan otros efectos más severos como la enfermedad de Parkinson y la muerte.

Otra dimensión de la RS de las comunidades sobre la actividad minera es que ubican a la contaminación como un riesgo colectivo más que individual. Señalan que hay consenso en la comunidad en que la mayoría de la gente padece dolor de *cerebro* (nuca), irritación de ojos y tos. Asocian a la contaminación con nuevos estados nocivos, tanto en el cuerpo como en la naturaleza.

Para los funcionarios públicos, la actividad minera no es generadora de contaminación ambiental ni de daños a la salud, más bien, la conciben como generadora de desarrollo regional y de riqueza para el país, sobre todo por los empleos y por las obras de desarrollo social que se han generado en la zona. Otra idea que prevalece entre los funcionarios es que la contaminación por Mn y el daño a la salud no son algo objetivo, sino que es el discurso que utilizan las comunidades para presionar a la empresa y obtener beneficios económicos. Según la visión de los funcionarios, el rol que deben tener es la de intermediarios entre los intereses de la minera y las comunidades.

Las RS del funcionario de la actividad minera coinciden con las de los funcionarios públicos, en cuanto a que la minera es una empresa que ha sido determinante para el desarrollo regional y comunitario, por las vías de comunicación que ha generado y por los beneficios otorgados a las comunidades. Se conciben además como una empresa social y ambientalmente responsable, que cumple con la normatividad, y que por lo tanto no genera contaminación medioambiental. Otro componente de la RS que de este grupo es que se trata de una empresa benefactora, ya que está otorgando más beneficios a las comunidades de los que debería otorgar.

### Discusión y conclusiones

Según los testimonios analizados, se puede decir que existen RS sobre la actividad minera esencialmente distintas, e incluso opuestas, entre los actores sociales participantes en el estudio. La pregunta aquí es, cómo se fueron configurando estas representaciones en los diferentes actores sociales?. En los pobladores del distrito minero, las RS actuales son fruto de sus percepciones originales, de su cosmovisión sobre el mundo natural y social, incluyendo el proceso salud-enfermedad y de su experiencia en los últimos 50 años de explotación minera, la cual ha sido más negativa que positiva, ya que tuvo un profundo impacto

en la estructura social y cultural. Si bien la actividad minera generó empleos remunerados para los habitantes de algunas comunidades, y ha contribuido con cobras de desarrollo social, la extracción y procesamiento de Mn generó también otros impactos. Transformó el uso del suelo, por lo que hubo una disminución de tierras agrícolas, la apertura de tajos, detonaciones y la emisión de polvos y gases en el aire ambiente originaron contaminación atmosférica, daños en las viviendas de los pobladores, afectaron sus potreros, y cultivos, contaminaron los ríos y corrientes de agua, los suelos y los pastos, y en la etapa más crítica de contaminación hubo muerte de ganado.

Las RS sobre la actividad minera y los riesgos que conlleva pueden ser explicadas por varios factores. Primero, los pobladores del distrito minero Molango históricamente han vivido bajo condiciones de pobreza, en este sentido, diversos estudios han documentado cómo las personas pobres que viven en zonas rurales son particularmente vulnerables a la degradación ambiental por la dependencia que tienen hacia los recursos naturales [14]. En el caso del distrito minero Molango, no existen estudios que muestren en qué grado la pérdida de la flora de la región puede ser atribuible a la contaminación por Mn y su impacto tanto en la economía de los hogares como en la ruptura de los patrones de consumo. Sin embargo, los efectos de la contaminación que los pobladores mencionan dan cuenta del grado de dependencia con los recursos del medio ambiente, relación que se ve degradada o amenazada por la contaminación de éste, pero cuya afectación se magnifica por las condiciones de pobreza de las comunidades.

Otro factor que interviene en la configuración de las RS de los pobladores es la visión que tienen sobre los actores responsables de mitigar la contaminación, la cual se deriva de la relación histórica entre las comunidades con los actores del gobierno y con la empresa minera, las comunidades tienen gran desconfianza hacia la empresa, hacia los gobiernos y hacia las dependencias encargadas del manejo y la gestión del riesgo en el distrito minero.

En cuanto a los funcionarios públicos, el suministro de servicios públicos a las comunidades por parte de la empresa, función que es responsabilidad del Estado y la generación de empleos, son también los elementos que subyacen a sus RS. La irresponsabilidad de los funcionarios públicos y su autodefinición como mediadores, más que como responsables de mitigar y reducir los riesgos por el Mn, se debe a que, como lo señala Paz, el problema fue abordado por parte del gobierno como si se tratara de un conflicto de interés entre particulares en lugar de enfrentarlo como un problema de orden público.

Las RS que tiene el funcionario de la minera sobre la ausencia de daño y la descalificación que hace de los riesgos percibidos por los pobladores es producto de la relación que la empresa ha tenido con las comunidades, donde la violencia física fue sustituida por la violencia simbólica y las imposiciones por los favores y las prebendas. La RS de que es una empresa social y ambientalmente

responsable no concuerda con lo señalado recientemente por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, en cuanto a que Minera Autlán es una de las mineras más riesgosas, la cual deberá de corregir al menos 150 observaciones, para evitar accidentes laborales [15].

Lo que queda claro, es la dificultad de incorporar a los diferentes actores, con representaciones tan distintas, en un plan de manejo y gestión del riesgo en el distrito minero, lo cual repercute indudablemente en mayor exposición y riesgos para la salud colectiva. Existe la necesidad de deconstruir representaciones que segregan, excluyen y no permiten avanzar en la construcción de acuerdos mínimos para el manejo del riesgo. Si el objetivo de la Mesa Intersectorial de Gestión Ambiental para el Distrito Minero es impulsar la participación social en el manejo y la gestión del riesgo, es necesario que tomen en cuenta estos resultados y que se analice más a fondo el papel que han jugado en la gestión ambiental.

### Referencias

1. SUSANA GONZÁLEZ G. En este gobierno se duplicaron proyectos de firmas extranjeras. Periódico La Jornada, lunes 19 de septiembre de 2011, p. 3
2. SANTOS BURGOA, C., C. RÍOS, L. MERCADO, R. ARECHIGA-SERRANO, F. CANO-VALLE, R. ALATORRE EDEN-WYNTER ET AL. Exposure to manganese: Health effects on the general population a pilot study in central Mexico. *Environ Res* 2001; 85:90-104.
3. RODRÍGUEZ-AGUDELO Y, RIOJAS-RODRÍGUEZ H, RÍOS C, ROSAS I, SABIDO-PEDRAZA E, MIRANDA J. Motor alterations associated with exposure to manganese in the environment in Mexico. *Science of the Total Environment*, 2006; 368:542-556.
4. SOLÍS-VIVANCO, R., Y. RODRÍGUEZ- AGUDELO, H. RIOJAS-RODRÍGUEZ, C. RÍOS, I. ROSAS, AND S. MONTES: Cognitive impairment in an adult Mexican population non-occupationally exposed to manganese. *Env Tox Pharmacol* 2009 28(2): 172-178.
5. HORACIO RIOJAS-RODRÍGUEZ, RODOLFO SOLÍS VIVANCO, ASTRID SCHILMAN, SERGIO MONTES, SANDRA RODRÍGUEZ, CAMILO RÍOS, AND YANETH RODRÍGUEZ AGUDELO. Intellectual Function in Mexican children living a mining area and environmentally exposed to manganese. *Environmental Health Perspectives* 2010, volume 118, number 10, 1465-1470.
6. HERNÁNDEZ-BONILLA D., SHILMANA., MONTES S., RODRÍGUEZ-AGUDELO Y., RODRÍGUEZ DOZAL, SOLÍS VIVANCO R., RÍOS C., RIOJAS-RODRÍGUEZ H. Environmental Exposure to manganese and motor function of children in Mexico. *Neurotoxicology* 2011;32:615-621.
7. CATALÁN-VÁZQUEZ, M., RIOJAS-RODRÍGUEZ, H., SHILMAN, A. Perceived Health Risks of Manganese in the Molango Mining District, Mexico, *Risk Analysis* 2010, 30(4):619-634.

8. CATALÁN-VÁZQUEZ, M., RIOJAS-RODRÍGUEZ, H. PELCASTRE-VILLAFUERTE B. Percepción del riesgo y participación social en mujeres del distrito minero Molango. *Science of the Total Environment* 2012;414:43-52.
9. PAZ, M.F. Tensiones de la gobernanza en el México Rural. *Política y Cultura*, Núm. 30, sin mes, 2008, pp.193-208.
10. PAZ, M.F.: Del caciquismo a la gobernanza. Desafíos en la construcción de acuerdos en un distrito minero en México In *Ajedrez ambiental. Manejo de recursos naturales, comunidades, conflictos y cooperación*, S. Weiss and T. Bustamante (eds.), Ecuador: Flacso, 2008. pp. 139-155.
11. MOSCOVICI, SERGE. El psicoanálisis, su imagen y su público. Buenos Aires, Editorial Huemul S.A., 1979.
12. JODELET, DENISE. La representación social: fenómenos, concepto y teoría. En: Moscovici, Serge (comp.). *Psicología Social II. Pensamiento y vida social. Psicología social y problemas sociales*. Barcelona, Ediciones Paidós, 1986.
13. TAYLOR, STEVE J. Y BOGDAN, ROBERT. Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados, Paidós, Buenos Aires, 1986, p. 126-127.
14. DASGUPTA, S., DEICHMANN, U., MEISNER, C., WHEELER, D. Where is the Poverty -Environment Nexus? Evidence from Cambodia, Lao PDR, and Vietnam, *World Development* 2005;33 (4): 617-638.
15. DINORATH MOTA LÓPEZ / Corresponsal | El Universal. Minera Autlán registra 150 anomalías. Jueves 06 de octubre de 2011

[14]

# Diseño del sistema de vigilancia de indicadores en salud asociados a contaminantes atmosféricos en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

De la Luz González G.\*; Alatorre Eden-Wynter R.;  
Ortiz Anaya D.; Sosa Iglesias G.; Almanza V.H.\*\*

## Resumen

EN ESTE ESTUDIO se presenta una metodología matemática para determinar la asociación entre padecimientos respiratorios, tales como infecciones respiratorias agudas de las vías aéreas superiores (IRAS) y asma, con la exposición aguda a contaminantes criterio como ozono ( $O_3$ ) y partículas menores a 10  $\mu m$  ( $PM_{10}$ ), en la población de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), aplicando modelos estadísticos de series de tiempo (regresivos y autoregresivos) con información de morbilidad por semanas epidemiológicas.

Para el análisis de las variables epidemiológicas y los contaminantes criterio se emplearon diversos modelos (GLM, GAM y ARMAX), tomando en cuenta los términos de tendencia y estacionalidad obtenidos a partir de esquemas de suavizado (loess, lowess y DHR). La relación causa-efecto entre las variables epidemiológicas y contaminantes atmosféricos se reporta como Riesgo Relativo (RR) para cada padecimiento con las diferentes concentraciones de contaminantes criterio, considerando la influencia en el tiempo de variables meteorológicas (temperatura y humedad relativa), haciendo énfasis en los grupos de edad vulnerables y las zonas geográficas de la ZMVM durante el periodo de 1999 al 2004.

\* Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios de la Secretaría de Salud.

\*\* Correo electrónico: gdelaluz@cofepris.gob.mx

\*\*\* Instituto Mexicano del Petróleo de Petróleos Mexicanos.

Los resultados obtenidos indicaron que el contaminante con mayor contribución en el deterioro de la salud de la población fue el ozono, con un RR para asma entre 0.2 y 6.8 casos por partes por millón (ppm) de ozono. En el grupo de edad de mayores de 65 años, se encontraron incrementos respectivos para asma e IRAS de 30 y 20.6 casos por ppm de ozono.

Una de las limitaciones más importantes del presente estudio fue la utilización de registros semanales de información, lo cual subestima los valores de RR. Se recomienda actualizar el intervalo de años para incrementar la representatividad de la dinámica global del fenómeno, así como incluir en los modelos otros contaminantes criterio ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ ).

**Palabras clave:** *Modelos Aditivos Generalizados (GAM) Modelos regresivos (ARMAX), contaminantes criterio, infecciones respiratorias agudas (IRAS), Riesgo Relativo (RR)*

## 1. Introducción

EN LA ACTUALIDAD es bien sabido que el deterioro de la calidad del aire en las zonas urbanas repercute en la salud de sus habitantes, particularmente en la de los grupos más vulnerables (niños, adultos mayores y enfermos). Estudios epidemiológicos sugieren que los contaminantes presentes en el aire generan o exacerban la presencia de padecimientos respiratorios agudos y crónicos como el asma y las enfermedades respiratorias agudas (IRAS). En una gran cantidad de países, incluido México, se ha seleccionado a un conjunto de contaminantes denominados criterio, como base para proteger la salud pública, tales como: Ozono ( $\text{O}_3$ ), Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) y las Partículas Suspendidas en sus tres fracciones; totales (PST), menores a 10 micrómetros de diámetro ( $\text{PM}_{10}$ ) y menores a 2.5 micrómetros de diámetro ( $\text{PM}_{2.5}$ ).

Estudios epidemiológicos de mortalidad transversales y longitudinales han reportado asociación significativa entre las tasas de mortalidad y la variación en concentración de las  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  y sulfatos (ver por ejemplo: Dockery et al., 1993; Pope et al., 1995).

En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se han aplicado modelos de regresión lineal multivariados para estimar el riesgo de mortalidad causada por la exposición a la concentración ambiental de partículas suspendidas ( $\text{PM}_{10}$  y sus fracciones gruesa y fina) y ozono (Borja-Aburto et al., 1998, 1997; Loomis et al., 1999; Castillejos et al, 2000; O'Neill et al., 2004-I y 2004-II).

Estudios similares que consideren registros de morbilidad como medida del impacto a la salud no se han realizado a la fecha en México. Con este propósito, la Comisión Federal Para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) ha integrado recientemente una base de datos con información epidemiológica,

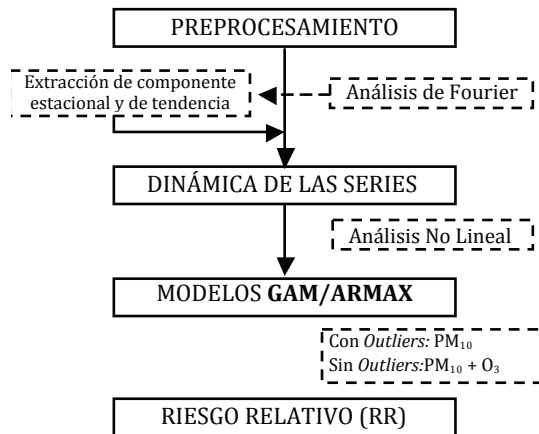


de calidad del aire y variables meteorológicas, particularmente para explorar la potencial asociación entre padecimientos respiratorios de IRAS y Asma, con la concentración ambiental de  $PM_{10}$  y ozono. Esta base de datos consta de registros semanales, por grupo de edad y zona geográfica, obtenidos del Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE)/Dirección General de Epidemiología/Secretaría de Salud y del Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT)/Secretaría del Medio Ambiente/Gobierno del Distrito Federal.

En el presente estudio se utiliza esta base de datos con el fin de explorar una posible asociación entre padecimientos respiratorios, IRAS o Asma, con la concentración de las partículas  $PM_{10}$  y Ozono.

## 2. Métodos o Desarrollo Experimental

En el estudio se aplicaron Modelos Aditivos Generalizados (GAM) y Modelos regresivos (ARMAX) con el objetivo de conocer posibles efectos a la exposición de contaminantes en el corto y largo plazo. El siguiente esquema resume el procedimiento general que fue aplicado.



*Figura 1.*

## 3. Resultados

En el presente estudio se encontró asociación significativa entre IRAS y Asma con la concentración de  $PM_{10}$  y Ozono, con base en registros semanales. No obstante este resultado, y con el fin de validar el presente estudio, es importante aplicar la metodología aquí reportada con información epidemiológica diaria.

Los valores determinados para el RR en este estudio varían por tipo de padecimiento, grupo de edad, zona geográfica y modelo empleado. Para el Ozono se encontró que es el contaminante que en mayor medida contribuye al deterioro de la salud de la población. Para asma estos valores variaron entre 0.2 y 6.8 casos por ppm, mientras que para IRAS varía entre 1 y 1.2 casos/ppm. El valor máximo del RR para Asma debido a Ozono correspondió al grupo de edad de mayores de 65 años en la zona 5, usando ARMAX. Para la ZMVM se encontró que el RR para Asma, utilizando ARMAX, se incrementó a 30 casos/ppm de Ozono, mientras que para IRAS el incremento fue de 20.6 casos/ppm.

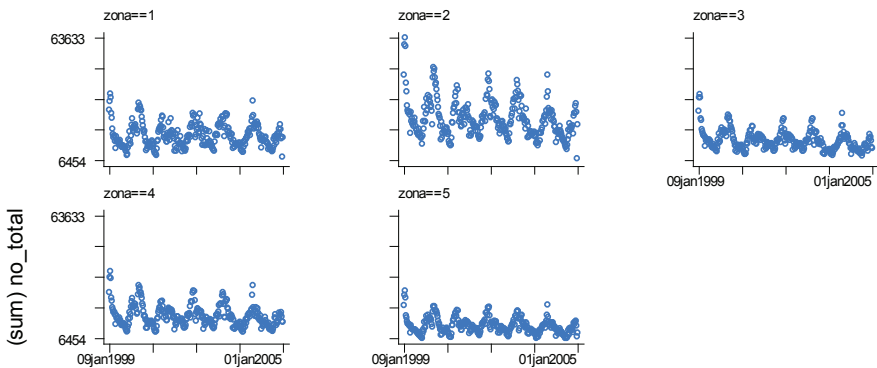


Figura 2. Infecciones respiratorias agudas

Para las  $PM_{10}$ , el RR para Asma e IRAS se mantuvo prácticamente constante para todos los casos y fue de 1 caso por  $\mu g/m^3$ , independientemente del modelo empleado. Se encontró que el RR para  $PM_{10}$  fue de 20 casos/ $\mu g/m^3$ , independientemente del modelo empleado.

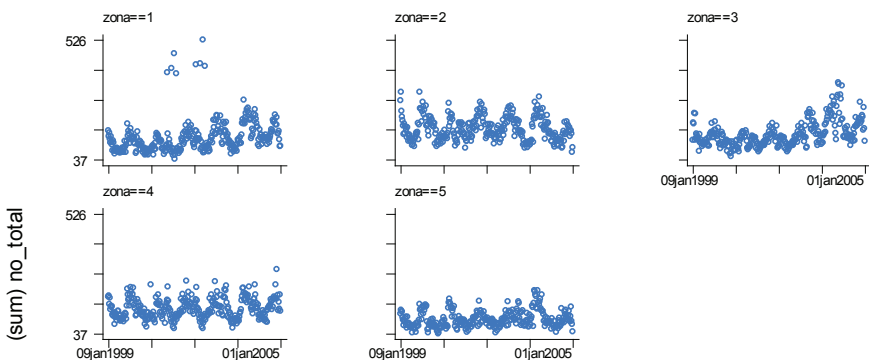


Figura 2. Asma y estado asmático

Considerando como valores de referencia a los valores medios para el número de casos de Asma (133.64) e IRAS (17,608) en la ZMVM, se encontró que hay un incremento del 0.25% y 0.001% en el número de casos de Asma e IRAS, respectivamente, por cada incremento de 10 ppb en la concentración máxima de Ozono promedio semanal. Por su parte, para las  $PM_{10}$ , se encontró un incremento de 149.7% y de 1.13% en el número de casos de Asma e IRAS, respectivamente, por cada incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración promedio semanal de  $PM_{10}$ .

#### 4. Conclusiones

Se concluye que los modelos GAM y ARMAX son una herramienta conveniente para el ajuste de series de tiempo de IRAS/Asma, obteniendo porcentajes de ajuste superiores al 80%, cuando las series no presentan un número considerable de *outliers*.

#### Referencias

- BORJA-ABURTO V.H., D.P. LOOMIS, S.I. BANGDIWALA, C.M. SHY Y R.A. RAS-CÓN-PACHECO (1997) Ozone, suspended particles, and daily mortality in Mexico City. *Am. J. Epidem.* 145(3): 258-268
- BORJA-ABURTO V.H., M. CASTILLEJOS, D.R. GOLD, S. BIERZWINSKI Y D.P. LOOMIS (1998) Mortality and ambiente fine particles in southwest Mexico City. *Environ. Health Persp.* 106(12): 849-855
- CAMPBELL, M. J. (1994), Time series regression for counts: an investigation into the relationship between Sudden Infant Death Syndrome and environmental temperature, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 157, 191-208.
- CASTILLEJOS M. V.H. BORJA-ABURTO, D.W. DOCKERY Y D.P. LOOMIS (2000) Coarse particles and mortality in Mexico City. *Inhalation Toxicol.* 12(1):61-72.
- EVANS J., J. LEVY, J. HAMMITT, C. SANTOS-BURGOA Y M. CASTILLEJOS (2002) Chapter 4: Helth benefits of air pollution control. Air quality in the Mexico Megacity: An integrated assessment. LT Molina and MJ Molina editors. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- H. KANTZ AND T. SCHREIBER (1997) *Nonlinear Time Series Analysis.*, Cambridge University Press, Cambridge.
- HEI (2003) Revised Analyses of Time-Series Studies of Air Pollution and Health: Special Report Health Effect Institute, May 2003.
- LOOMIS D., M. CASTILLEJOS, D.R. GOLD, W. McDONNELL Y H.H. BORJA-ABURTO (1999) Air pollution and infant mortality in Mexico City. *Epidemiology* 10: 118-123.
- MADDISON D. (2005). Air Pollution and Hospital Admissions an ARMAX Modelling Approach, *Journal of Environmental Economics and Management*, 49: 116-131.

- O'NEILL MS, LOOMIS D, ABURTO VH, GOLD D, HERTZ-PICCIOTTO I, CASTILLEJOS M. (2004-I) Do associations between airborne particles and daily mortality in Mexico City differ by measurement method, region, or modeling strategy? *J. of Exp. Anal. and Environ. Epi.* 14 (6): 429-439.
- O'NEILL MS, LOOMIS D, ABURTO VH. (2004-II) Ozone, area social conditions, and mortality in Mexico City. *Environ. Res.* 9(3): 234-242.
- PENG R.D., F. DOMINICI, T.A. LOUIS (2005) Model Choice in Time Series Studies of Air Pollution and Mortality. Johns Hopkins University, Dept. of Biostatistics Working Papers No. 55.
- POPE, C.A., M.J. THUN, M.M. NAMBOODURI, D.W. DOCKERY, J.S. EVANS, F.E. SPEIZER Y C.W. HEALTH (1995) Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 151: 669-674.
- DOCKERY D.W., C.A. POPE, X. XU, J.D. SPANGLER, J.H. WARE, M.E. FEY B.G. FERRIS Y F.E. SPEIZER (1993) An association between air pollution and mortality in six US cities. *N. Engl. J. Med.* 329: 1753-1759.
- DANIELS M. DOMINICI F. ZEGER S.L. SAMET J.M. (2000) Estimating PM<sub>10</sub>-Mortality Dose-Response Curves and Threshold Levels: An Analysis of Daily Time-Series For the 20 Largest US Cities. *American Journal of Epidemiology*, 152(5): 397-412.
- DOF (1994) NOM-017-SSA2-1994, publicada el 17 de noviembre de 2004.
- INEGI-SIMBAD (2005) Sistema Municipal de Bases de Datos.
- KATSOUYANNI, K., SCHWARTZ, J., SPIX, C., TOULOUMI, G., ZMIROU, D. AND ZANOBBETTI, A. (1996), Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 50 (Suppl.1), S12-S18.
- SAMET, J. M., ZEGER, S. L., DOMINICI, F., CURRIERO, F., COURSAK, I. AND DOCKERY, D. W. (2000), The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States, *Research Report of the Health Effects Institute*, 94 (Pt 2), 5-70.
- SCHWARTZ, J. (1994), Non-parametric smoothing in the analysis of air pollution and respiratory illness, *Canadian Journal of Statistics*, 4, 471-487.
- SS (2201) PROGRAMA DE ACCIÓN: SISTEMA NACIONAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA (SINAVE). SECRETARÍA DE SALUD, MÉXICO. ISBN 970-721-005-2.
- TOBIÁS A., M. SAEZ (2004) Time-series regression models to study the short-term effects of environmental factors on health. *Department of Statistics and Econometrics, Universidad Carlos III de Madrid*, 28903-Get.
- WILKS, D. (1995) Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. Ed.

[15]

# Mapa de riesgo para la salud en un área contaminada con hidrocarburos de México

Rosa Maria Flores-Serrano, Judith Guadalupe Ramos-Hernandez,  
Ana Alejandrina Castro-Rodríguez and Guillermina Perez-Casimiro.

## Introducción

EN MÉXICO NO existen muchas referencias del uso de la percepción remota y los sistemas de información geográfica (SIG) para la generación de mapas de riesgo para la salud humana por exposición a sustancias presentes en sitios contaminados. En este trabajo se generaron mapas de concentraciones de hidrocarburos fracción pesada (HFP) como los define la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA-2003, con base en imágenes de satélite. Con estas concentraciones se hicieron cálculos de riesgo para la salud humana y los resultados se plasmaron en mapas de riesgo que pueden ayudar a la toma de decisiones en la gestión de sitios contaminados. Objetivos: Generar un mapa de riesgo para la salud humana por exposición a HFP para un sitio contaminado con hidrocarburos de México, aplicando métodos de percepción remota, sistemas de información geográfica y ecuaciones para el cálculo de riesgo. Hipótesis: Es posible generar mapas de confiables distribución de concentraciones de HFP por medio de percepción remota y SIG, que a su vez permitan calcular el riesgo para la salud. Métodos: Se seleccionó un sitio contaminado por hidrocarburos, cuya extensión es de aproximadamente 900 Ha. Se adquirieron imágenes de satélite del área de estudio y con los valores de reflectancia se obtuvieron índices de vegetación, suelo y agua e hidrocarburos. Con esta información se generó un mapa de distribución estimada de HFP con el cual se realizó una visita al sitio de estudio a fin de verificar su presencia en el campo. Se tomaron 17 muestras de suelo superficial (0-15 cm), las cuales se analizaron en un laboratorio certificado. Resultados: Las muestras de suelo confirmaron

la presencia de HFP en los puntos seleccionados, y con estas concentraciones se definió la firma espectral. Se generó un mapa con 5 clases (intervalos) de concentración de HFP. Asimismo, con el SIG se generó un mapa de isolíneas de concentración. Las concentraciones definidas se usaron para hacer los cálculos de riesgo con el programa RBCA Tool Kit for Chemical Releases v2.5e (GSI Environmental) con un escenario de exposición residencial. Los valores de riesgo obtenidos (cocientes de peligro) se reflejaron en los mapas de riesgo correspondientes a los intervalos de concentración. Conclusiones: Los mapas de riesgo para la salud humana obtenidos con métodos de percepción remota y SIG permiten tomar decisiones respecto a la ubicación de núcleos de población humana en sitios contaminados con hidrocarburos, con una menor inversión en tiempo y dinero. Sin embargo, los resultados obtenidos hasta el momento indican un porcentaje bajo de precisión (75%) lo cual se atribuye a la aplicación del método de escalamiento.

## II

### DESARROLLO SOSTENIBLE

- [16] Plan de gestión de residuos sólidos de la ciudad de Nefza y de tres comunidades rurales piloto – Túnez
- [17] Uso sustentable de fauna silvestre en América Latina desde la perspectiva de la conservación y el desarrollo local
- [18] Estabelecimento do método de cálculo e do critério de tolerabilidade de risco para dutos em São Paulo
- [19] Gerenciamento de risco no transporte ferroviário no Estado de São Paulo
- [20] Análisis de escenarios de escape de cloro mediante la simulación con DDC acoplado a diferentes modelos de dispersión en aire
- [21] A importância do estudo da reatividade química em avaliações quantitativas de risco de acidentes maiores

[16]

# Plan de gestión de residuos sólidos de la ciudad de Nefza y de tres comunidades rurales piloto – Túnez

Abril, Víctor Hugo & La Calle, Juan José\*

## Resumen

EL PROYECTO CONLLEVA la cooperación internacional por parte de la Universidad Tecnológica Indoamérica de Ecuador a la asistencia técnica de los consultores contratados por la Fundación española IPADE, y que consiste en el impulso de un modelo integral y participativo que promuevan el desarrollo sostenible de la población urbana y rural Tunecina – África del Norte, ante los impactos socio-ambientales que se presentaban debido al inadecuado manejo de sus residuos sólidos urbanos (RSU). La ubicación espacial para la ejecución del proyecto es la ciudad de Nefza, comunidades rurales piloto de Tabouba, Nad-hour y Hammam, mismas que cuentan desde el año 2009 con un diagnóstico de su situación en cuanto a RSU. Se utilizó una guía metodológica teórica elaborada por la Agencia de Cooperación Alemana (GTZ). En el 2009 se inició una reflexión concertada y participativa sobre el futuro del sistema de gestión de RSU mediante la creación de un comité de seguimiento con la participación de representantes técnicos y políticos de la alcaldía de Nefza, de Grupos de Desarrollo Agrario y de representantes de la sociedad civil. Durante el 2010 se validaron y adquirieron equipamientos de recogida, además se desarrollaron talleres participativos con representantes de la población para conocer su visión de la problemática de gestión de RSU y posteriormente se aprobaron con ellos las propuestas de mejora y puesta en marcha del nuevo sistema de recogida. Desde finales de 2010 hasta mediados de 2011 se inició con la formación de trabajadores y su concienciación sobre riesgos laborales. Así, en 2010 se empezó la construcción de puntos de recogidas en el medio rural y en particular en Tabouba donde está finalizado. En 2012, se continuará la sensibilización de la población particularmente a mujeres y población escolar en materia de RSU para el buen

\* Centro Integral de Gestión Ambiental (CIGA – UTI). Universidad Tecnológica Indoamérica. Ecuador

\*\* Correos electrónicos: victorabril@uti.edu.ec, jjlacalle@uti.edu.ec



uso de puntos de acopio rurales, riesgos, reducción y reutilización. Se fomentará y mejorará las prácticas de reutilización de residuos orgánicos con buenas prácticas para hacer compost. Quedará para 2012 la realización de un seminario nacional sobre la gestión de los RSU en las poblaciones de estudio para exteriorizar las experiencias realizadas en el marco de esta acción y promover la reflexión entorno a la problemática de estudio. Los resultados obtenidos son que la población dispondrá de un plan de recogida, tratamiento y de depósito final de sus RSU; además ya disponen de mejores infraestructuras, medios y capacidades materiales y humanas para la gestión adecuada de sus RSU.

**Palabras clave:** Desarrollo sostenible, residuos sólidos urbanos (RSU), plan de gestión, comunidades rural

### Introducción

EL PROYECTO SE integra perfectamente en la línea de investigación de la UTI (2010) número 6 - Medio Ambiente y Gestión del Riesgo. Esta línea de investigación se enmarca en proporcionar directrices para la protección del medio ambiente y manejo adecuado de los recursos naturales de conformidad a los parámetros de la legislación nacional (derechos y obligaciones) e internacional vigentes, tanto como para la seguridad ambiental y laboral de estos recursos- inputs y outputs (agua, energía, materias primas, productos, emisiones, residuos y vertidos); así como, para la protección de la población civil, más específicamente en lo que compete a la gestión el riesgo.

La ciudad de Nefza y los tres Duares rurales piloto (2009) cuentan con un diagnóstico de su situación en cuanto a los residuos sólidos. En ese año se inició una reflexión concertada y participativa sobre el futuro del sistema de gestión de residuos sólidos mediante la creación de un comité de seguimiento que cuenta con la participación de representantes técnicos y políticos de la alcaldía de Nefza, de los Grupos de Desarrollo Agrario y de representantes de la sociedad civil.

De este diagnóstico situacional y para concretar los problemas a los que se debía hacer frente, utilizando la metodología del Marco Lógico, se ha realizado el siguiente árbol de problemas (ver Figura 1).

Desde su creación, el comité de seguimiento ha estado trabajando, con el apoyo de un grupo de consultores españoles expertos en gestión de residuos (a partir de este proyecto, los consultores son españoles y ecuatorianos de la UTI), en el desarrollo de un modelo integral y participativo para la gestión de los residuos sólidos en la ciudad de Nefza. Ha validado la selección de los equipamientos de recogida que se han comprado en el año 2009 y 2010 y ha participado en los talleres participativos organizados con los representantes de la población para conocer su visión de la problemática de la gestión de los residuos sólidos y luego para validar con ellos las propuestas de mejora y la puesta en marcha del nuevo sistema de recogida.

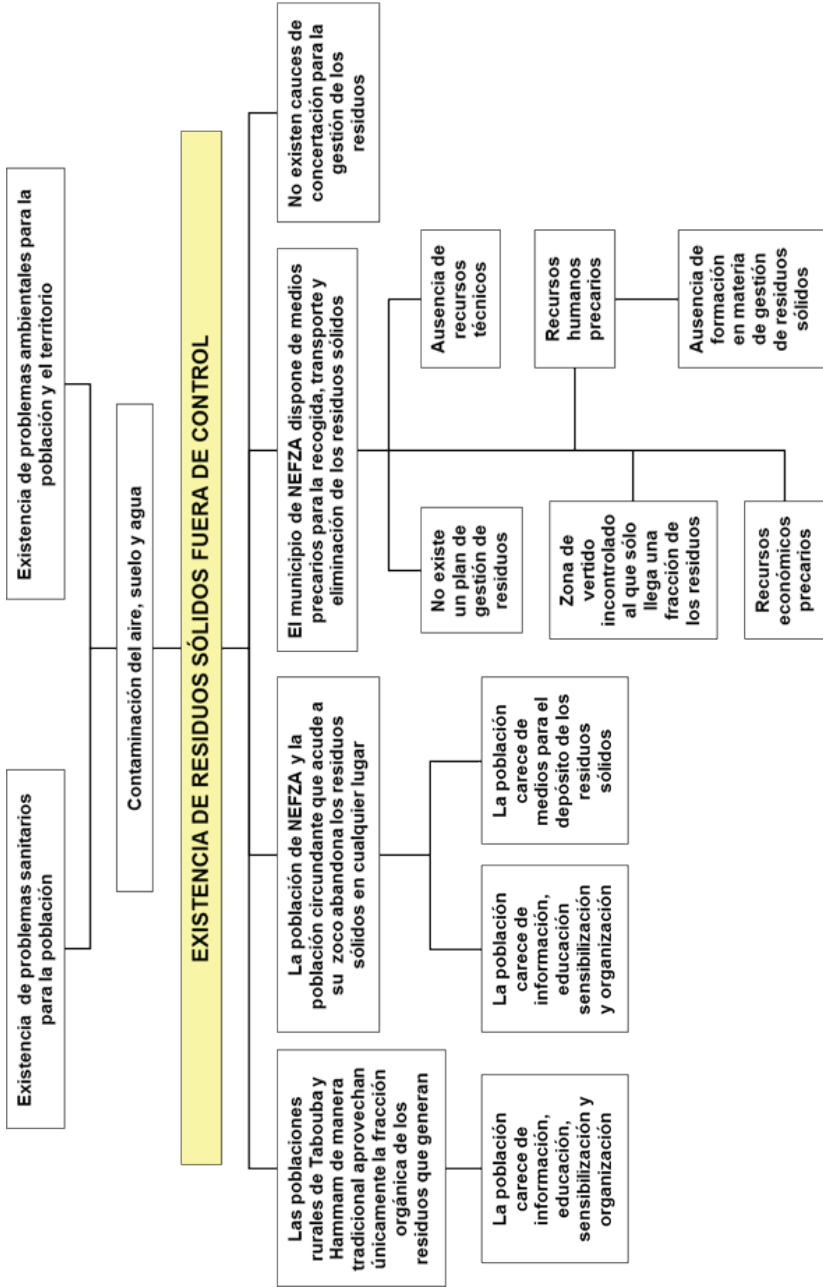


Figura 1. Árbol de problemas

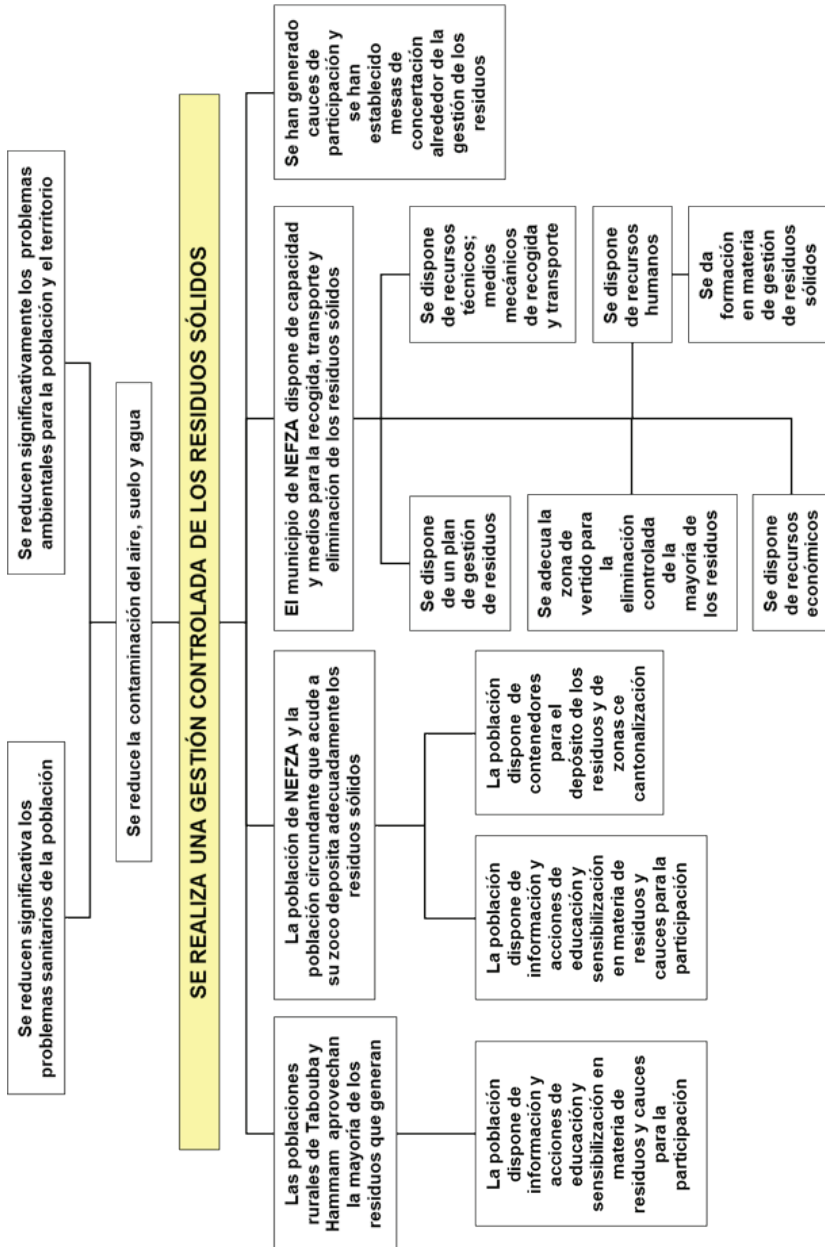


Figura 2. Árbol de objetivos

A partir de las observaciones del comité de seguimiento y de las conclusiones de los talleres participativos, los consultores han elaborado en el segundo semestre de 2009 una primera versión del plan comunal de gestión de los residuos para la ciudad de Nefza.

Utilizando la metodología del marco lógico, este proyecto desarrolló un árbol de objetivos que se presenta de la siguiente manera (ver Figura 2).

En base a dicho árbol se definen los siguientes objetivos:

**General:** Cooperar técnicamente en la elaboración de cuatro planes de gestión de residuos sólidos urbanos, uno en la ciudad de Nefza medio semiurbano (7000 habitantes) y tres en Duares - Parroquias, (Tabouba, Nadhour, Hammam), en medio rural, para su entrega a los clientes (Ayuntamiento de Nefza).

**Específico 1:** Participar activamente en la preparación y la animación de talleres participativos con los actores locales: Alcaldía de Nefza, representantes de los Duares, representantes de la Administración de Gestión de Residuos de Túnez, representantes de la población, asociaciones, para la elaboración de una estrategia en base a los resultados del diagnóstico elaborado en 2008. Los participantes deberán participar en la búsqueda de soluciones viables para paliar los problemas encontrados y mejorar la gestión de los residuos.

**Específico 2:** Apoyar al Ayuntamiento de Nefza y a los Duares piloto en la elaboración de sus planes de gestión de residuos. La elaboración de estos planes debe hacerse de forma consensuada y participativa integrando los resultados y conclusiones de los talleres participativos y de las sesiones de trabajo con el comité de seguimiento. Este equipo de consultores vigilará que los planes de gestión se adapten a las realidades, a las capacidades y al marco legislativo local.

**Específico 3:** Apoyar al servicio de gestión de residuos en la definición de las características técnicas de los equipamientos de recogida y de transporte de los residuos sólidos en base a las necesidades identificadas y a su disponibilidad en el mercado tunecino.

**Específico 4:** Asistir al equipo del Convenio Túnez - España en la elaboración de los programas y los contenidos de los planes de sensibilización de la población.

**Específico 5:** Formar al personal del Ayuntamiento de Nefza y de las comunidades rurales piloto para la puesta en marcha y el seguimiento de los planes de gestión elaborados.

### Métodos ó Desarrollo experimental

En este caso concreto al equipo de consultores se le impuso una guía teórica previa elaborada por la Agencia de Cooperación Alemana (GTZ), esta guía se está aplicando en otras ciudades y poblaciones piloto, con las cuales se pretende desarrollar intercambios de experiencias.

Por otra parte, el equipo consultor en seis trabajos precedentes ha realizado análisis metodológicos que le lleva a considerar como propias, las recomendaciones expresadas en el pliego de condiciones técnicas referidas a:

- La elaboración de los planes de gestión de residuos se efectuará de manera participativa y consensuada, apoyándose los consultores siempre en el comité de seguimiento y teniendo en cuenta el documento de GTZ sobre “Elaboración de Planes de Gestión de Residuos”.
- El proceso de elaboración se reforzará con los trabajos elaborados por los diferentes talleres participativos.
- El papel de intermediación entre los beneficiarios y los consultores lo llevará a cabo el equipo del Convenio situado en el terreno, en Túnez.
- Las recomendaciones producidas tendrán en cuenta el contexto local y nacional así como el cuadro institucional de la gestión de los residuos en Túnez, asociando, siempre que sea posible, a las instituciones tunicinas responsables como la Agencia de Gestión de Residuos (ANGED).
- Tras cada visita los consultores efectuarán una presentación del trabajo efectuado ante el comité de seguimiento, incluyendo las principales conclusiones.
- Los textos de trabajo y animación y los informes se redactaran en francés y en español (publicaciones).

### Resultados

Un primer diagnóstico sobre la gestión actual de los residuos sólidos ha tenido lugar en noviembre del 2008 y los resultados y conclusiones de este diagnóstico se presentaron ante los responsables administrativos y técnicos de la ciudad de Nefza en febrero del 2009. Los diferentes responsables han precisado la validez de dicho trabajo, efectuado por los consultores.

Partiendo de estas primeras fases, se realiza este proyecto de colaboración técnica con la integración de la Universidad Tecnológica Indoamérica y tendrá como resultados finales:

1. Participación en evento académico internacional con ponencia.
2. Documentos impresos (publicaciones) y soportes informáticos de los planes de gestión de residuos consensuados con el comité de seguimiento del Ayuntamiento de Nefza.
3. Un documento impreso (publicación) de las técnicas de gestión medioambientales y de los procedimientos de seguimiento conteniendo los principales elementos de la formación.

4. Mejora de la participación pública a través del comité de seguimiento y los talleres participativos.

### Conclusiones

La asistencia técnica, de acuerdo con los términos de referencia del proyecto, termina con los siguientes puntos:

1. La población de Nefza y de las tres comunidades rurales piloto disponen de un plan de recogida, tratamiento y de depósito final de sus residuos sólidos.
2. La población de Nefza y de las tres comunidades rurales piloto disponen de mejores infraestructuras, medios y capacidades materiales y humanas para la gestión adecuada de sus residuos sólidos.
3. Los ciudadanos de Nefza y de las tres comunidades rurales piloto tomaron más conciencia y se sensibilizaron más en materia de residuos sólidos: riesgos, buenas prácticas, reducción y reutilización.

### Referencias

- ANGED. "Rapport d'activité 2007". Agencia Nacional de Gestión de Residuos. Tunis.
- ANGED. «Stratégie de Gestion Intégrée et durable des déchets 2007-2016». Agencia Nacional de Gestión de Residuos. Tunis.
- GTZ. «Guide pratique pour l'élaboration d'un Plan Communal des Gestion des Déchets (PCGD)». Agencia de Cooperación Alemana. Tunis, 2008.
- MAHER Y GTZ. «Stratégie de l'Environnement Gouvernorat de Béja». Agencia de Cooperación Alemana. Juin, 2004.
- MAHER Y GTZ. «Stratégie de l'Environnement Gouvernorat de Jendouba». Agencia de Cooperación Alemana. Juin, 2004.
- MEAT Y GTZ. «Manuel de Planification Participative Locale pour le Développement Durable en Tunisie». Agencia de Cooperación Alemana. Mai, 2001.
- MEAT. «Le Programme National de Gestion des Déchets Solides (PRONAGDES)». Tunis, 1993.
- MEDD Y GTZ. «Gouvernorat de Béja Actions proposées pour la préparation du 11<sup>e</sup> Plan Régional de Développement 2006 - 2011 relatives à la Stratégie Régionale de l'Environnement élaborée à l'atelier régional de planification du 30 mars au 2 avril 2004 validée par le Conseil Régional de Développement le 23 juillet 2004». Agencia de Cooperación Alemana. Septembre, 2005.

MEDD Y GTZ. «Gouvernorat de Jendouba Actions proposées pour la préparation du 11<sup>e</sup> Plan Régional de Développement 2006 - 2011 relatives à la Stratégie Régionale de l'Environnement Elaborée à l'atelier régional de planification du 13 au 16 avril 2004 validée par le Conseil Régional de Développement le 26 juin 2004». Agencia de Cooperación Alemana. Septembre, 2005.

ZGHIDI M'HAMED. «Projet D'appui A La Gestion Intégrée Des Déchets Solides Tunisie». Mission de pré-évaluation. Evaluation sociale. Rapport Final. Octobre, 2005.

[17]

# Uso sustentable de fauna silvestre en América Latina desde la perspectiva de la conservación y el desarrollo local

Camilo José Gómez Cardona\*

## Resumen

LA PRESENTE INVESTIGACIÓN tiene como objetivo principal realizar un análisis comparativo del aprovechamiento y comercialización en tres experiencias de uso de fauna silvestre y evaluar su potencial como herramienta de conservación y desarrollo local en América Latina. Se integran aspectos ambientales, sociales, económicos e institucionales de las experiencias de manejo. Como estudios de caso, se utilizó el uso de la vicuña (*Vicugna vicugna*), el carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) y los cocodrilos del género *Caiman* (Familia Alligatoridae), por parte de las comunidades rurales que habitan en el área de distribución de estas especies.

**Palabras clave:** Fauna silvestre, uso sustentable, conservación, desarrollo local.

## 1. Introducción

AMÉRICA LATINA ALBERGA los ecosistemas más biodiversos del planeta, los cuales, son fundamentales para el bienestar de la humanidad, pero a su vez es la región que está sufriendo las mayores tasas de extinción. La mayoría de las poblaciones de especies de fauna silvestre está en retracción, y la tasa de extinción global sigue en aumento. Esto es así debido a una suma de factores tales como la alteración del hábitat, la caza furtiva y la competencia con especies domésticas (Bolkovic y Ramadori, 2006). El uso sustentable de fauna silvestre constituye una herramienta para alcanzar los objetivos de conservación de las especies y los ecosistemas naturales. Mediante su implementación se bus-

\* Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina.



ca revalorizar los ecosistemas a través del uso de la fauna silvestre para evitar su reemplazo por sistemas de producción intensivos y a la vez permitir que las comunidades locales se beneficien del uso de sus recursos (Stollen *et al.* 2009). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) define el uso sustentable de fauna silvestre como “un uso que no reduce el futuro uso potencial ni perjudica la viabilidad a largo plazo de la especie utilizada o de otras especies, y que es compatible con el mantenimiento a largo plazo de la viabilidad del ecosistema que sostiene o depende de la especie utilizada”. Este estudio tiene como objetivo principal realizar un análisis comparativo de diferentes experiencias de manejo, aprovechamiento y comercialización de fauna silvestre y de su potencial como herramienta de conservación y desarrollo local en América Latina.

## 2. Metodología

Este trabajo se realizó sobre la revisión de fuentes secundarias y se llevó a cabo a cabo en tres etapas: búsqueda de antecedentes, análisis del uso de las especies y conclusiones. El análisis comparativo del uso de las especies se realizó mediante la triangulación y análisis de la información.

## 3. Resultados: Comparación y análisis de los estudios de caso

La vicuña es la especie más pequeña de la familia de los camélidos (Camelidae) sudamericanos. Es un herbívoro perfectamente adaptado a habitar en alturas superiores a los 3500 m. en las praderas nativas de la Puna y la región Altoandina de Argentina, Bolivia, Chile, Perú y Ecuador (Lichtenstein y Vilá, 2003) (Ver Anexo 1). El carpincho es el mayor roedor de los humedales tropicales y subtropicales de Sudamérica. Habita las zonas bajas (0 – 1000 m) desde Panamá hasta el Sur de la provincia de Buenos Aires, en Argentina, está presente en todos los países sudamericanos a excepción de Chile (Emmons 1997; Bolkovic y Ramadori, 2006) (Ver Anexo 2). Con respecto a las tres especies que componen el género *Caiman*, *C. crocodilus*, *C. latirostris* y *C. yacare* (Familia Alligatoridae), presentan una amplia adaptabilidad a variados hábitats acuáticos de tierras bajas. La distribución de *Caiman crocodilus* (*C. c. crocodilus*, *C. c. chiapasius*, *C. c. fuscus* y *C. c. apaporensis*) ocupa toda la franja intertropical desde el Noroeste de Chiapas en México a través del litoral Pacífico hasta el Suroeste del Ecuador, la región del Caribe y en toda la cuenca de la Orinoquía y Amazonía hasta el Noroeste de Bolivia (Ver anexo 3). Las otras dos especies del género, *C. yacare* y *C. latirostris*, son especies pequeñas restringidas a

la región subtropical de América del Sur (Ross 1998) (Ver anexos 4 y 5). Vicuñas, carpinchos y caimanes presentan en general poblaciones grandes a lo largo de su área de distribución y están categorizadas según la Lista Roja de la UICN como “Least concern (LC)”; por lo cual pueden ser consideradas como un recurso aprovechable bajo criterios de sustentabilidad. Sin embargo, en los tres estudios de caso, las especies se encuentran amenazadas principalmente por la transformación y degradación de los ambientes naturales donde habitan, y por la sobreexplotación y el comercio ilegal de sus productos de valor comercial, la cual ha causado una notable disminución en sus poblaciones silvestres y en algunos casos extinciones locales. Varios países de la región están desarrollando planes de uso sustentable de fauna silvestre. Estas modalidades abarcan el manejo de poblaciones silvestres en medio natural o *in situ*, el cual se da en el caso de la vicuña, a través de la captura, esquila y posterior liberación de los animales. En el caso de carpinchos y caimanes, se da por medio de la cosecha de poblaciones silvestres. Vicuñas y carpinchos también son manejados a través de sistemas semiextensivos de producción, enfocados en la producción de estas especies en áreas de hábitat natural generalmente cercadas. Adicionalmente, existen sistemas de manejo intensivos (zoocría) para los tres casos de estudio. Para el caso de la vicuña y el carpincho, se da la zoocría en ciclo cerrado, mediante el mantenimiento permanente de un plantel en cautiverio. En el caso de los caimanes se da la zoocría en ciclo cerrado y también la modalidad de zoocría en ciclo abierto o *rancheo*, mediante la colecta de huevos del medio natural para ser incubados y levantados en cautiverio.

**Tabla 1.** Dimensiones y parámetros observados para comparar y analizar la viabilidad de las experiencias de manejo y comercialización de las especies

<b>Dimensión</b>	<b>Parámetros</b>
Ecológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto del manejo sobre la conservación de la especie y su hábitat</li> <li>• Amenazas para la especie</li> </ul>
Económica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución del ingreso dentro del circuito comercial y número de beneficiarios potenciales</li> <li>• Generación de valor agregado, fomento de innovaciones y prácticas alternativas de desarrollo</li> </ul>
Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclusión, participación y capacitación de las comunidades respecto a la gestión local de sus recursos</li> <li>• Fomento de actitudes positivas hacia la conservación</li> </ul>
Legal / Institucional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de control de la explotación y el comercio de las especies y sus productos</li> </ul>

#### 4. Discusión y conclusiones

La vicuña, el carpincho y el caimán, constituyen un excelente modelo para el estudio del manejo sustentable de fauna silvestre en América Latina. Estos tres estudios de caso muestran como los planes de manejo de las especies deben estar orientados hacia la utilización integral de los ecosistemas en cuestión para el cual constituyen especies clave dadas su importancia ecológica y económica. Las modalidades de aprovechamiento extensivas por medio de la utilización directa de poblaciones naturales donde éstas son aún comunes y abundantes, o mediante la colecta de huevos del medio natural, son las más indicadas desde un punto de vista conservacionista y de la viabilidad biológica de las especies, pues se sustentan en la necesidad de conservar los hábitats naturales y los procesos ecológicos esenciales que soportan su producción en vida libre. Así mismo, los sistemas de manejo extensivos por lo general resultan ser más rentables que los sistemas intensivos ya que éstos últimos implican mayores requerimientos técnicos y financieros, y presentan una baja productividad, motivo por el cual no constituyen una alternativa de desarrollo viable para las comunidades locales. La modalidad de rancheo en el caso del caimán representa una excelente alternativa debido a las características biológicas que permiten el uso sustentable de estas especies al igual que una alternativa socioeconómica viable, compatible con otros sistemas de producción. Resulta imprescindible adoptar un enfoque ecosistémico, entendido como una estrategia de manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivos, que promueve fundamentalmente una manera más equitativa y justa de distribución de los beneficios de la conservación (Solís 2003; Shepherd 2006). No obstante, los tres estudios de caso muestran como la distribución de beneficios dentro del circuito comercial, es por lo general desigual siendo las comunidades campesinas las menos beneficiadas, al captar un porcentaje muy bajo de las utilidades generadas por la comercialización de los productos derivados de estas especies. La mayor parte de los beneficios quedan en manos de intermediarios como empresas textiles en el caso de la fibra de vicuña (Lichtenstein 2010) y de acopiadores, fabricantes, comerciantes y exportadores en los circuitos comerciales de cueros y carne de carpinchos y caimanes. Así mismo, las poblaciones locales deben ser partícipes y actores claves en los proyectos de manejo de fauna y las iniciativas de conservación. Sin embargo, en muchas experiencias de manejo comunitario en la región, el manejo deja de ser participativo cuando la comunidad se limita a aceptar planes de manejo o a suministrar mano de obra a agentes externos a la comunidad. Se requiere de comunidades locales fortalecidas con capacidad de autogestión y capacidad técnica, al igual que de profesionales asesorando y acompañando a las comunidades en la gestión de los recursos naturales. En la actualidad, el manejo que se pretende es de tipo adaptativo, en el cual, a través de las acciones implementadas, los objetivos de manejo son continuamente revisados y replanteados, con base en la experiencia acumulada,

ofreciendo así, la posibilidad concreta de reconciliar el respeto por los procesos ecológicos y el reconocimiento de los impactos humanos en la mayor parte de los ecosistemas (Bolkovic y Ramadori, 2006). Bajo la perspectiva del desarrollo regional y el manejo de ecosistemas, el reto radica en conservar la habilidad para adaptarse al cambio, de ser apto para responder de una manera flexible las sorpresas y la incertidumbre (Gunderson y Holling, 2002). Esta tesis sugiere que la conservación y el desarrollo local pueden ir de la mano en América Latina. El gran reto de sus países consiste en descifrar la manera para conservar su biodiversidad y al mismo tiempo sacarle el máximo provecho de manera responsable. Los diferentes actores involucrados deben trabajar de manera coordinada para realizar una gestión sustentable de sus recursos naturales.

### Referencias

- BOLKOVIC, M. Y D. RAMADORI (EDS.). 2006. "Manejo de Fauna Silvestre en la Argentina. Programas de uso sustentable". Buenos Aires: Dirección de Fauna Silvestre, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- CONVENIO DE LA VICUÑA (1979-2008). <http://www.conveniovicuna.org>. Fecha de acceso: Junio 17, 2009.
- GUNDERSON, L., Y C. HOLLING, 2002. *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press, Washington, D.C.
- EMMONS, L. H. 1997. *Neotropical Rainforest Mammals*. The University of Chicago, Chicago.
- IUCN-SSC/CSG (CROCODILE SPECIALIST GROUP): <http://iucncsg.org/ph1/modules/Home/aboutus.html> Fecha de acceso: Junio 17, 2010
- LICHTENSTEIN, G., Y B. VILÁ, 2003. Vicuña use by Andean communities: an overview. *Mountain Research and Development*. 23 (2): 198-202.
- LICHTENSTEIN, G. 2010. Current challenges for addressing poverty alleviation via vicuña management in Andean countries. *Biodiversity*. 11 (1 & 2): 19-24.
- MONES, A., Y J. OJASTI, 1986. Mammalian species, *Hydrochoerus hydrochaeris*. *The American Society of Mammalogist*. Vol 264: 1-7.
- ROSS, J. P. (ED.). 1998. *Status Survey and Conservation Action Plan for Crocodiles*. Second Edition. IUCN – The World Conservation Union, Gland, Switzerland.
- SHEPHERD, G. 2006. El enfoque ecosistémico: cinco pasos para su implementación. *Ecosystem Management Programme*. UICN. Gland, Switzerland.
- SOLÍS, V. 2003. Del manejo de la vida Silvestre al manejo ecosistémico: una visión desde Centroamérica. En: *Manejo de fauna silvestre en Amazonía y Latinoamérica. Selección de trabajos V Congreso Internacional*. Polanco-Ochoa, R. (Ed.):210-214. CITES, Fundación Natura, Bogotá.
- STOLEN, K., G. LICHTENSTEIN, Y RENAUDEAU D'ARC. 2009. Local participation in Vicuña management. En: *The Vicuña, The theory and practice of community based wildlife management*. Gordon (Ed.).

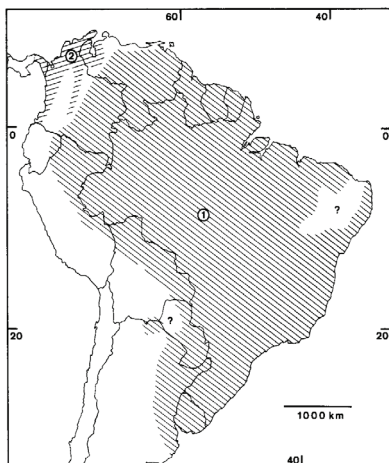
Anexos

Anexo 1. Distribución de vicuñas en Sudamérica



Fuente: Convenio de la Vicuña (1979-2008)

*Anexo 2.* Distribución geográfica del carpincho, 1. *H. hydrochaeris*. 2. *H. isthmius*.



Fuente: Mones y Ojasti (1986).

*Anexo 3.* Distribución geográfica de *Caiman crocodilus*



Fuente: UICN- CSG Pág. web.

*Anexo 4.* Distribución geográfica de *Caiman yacare*



Fuente: UICN- CSG Pág. web.

*Anexo 5.* Distribución geográfica de *Caiman latirostris*



Fuente: UICN- CSG Pág. web.

[18]

## Estabelecimento do método de cálculo e do critério de tolerabilidade de risco para dutos em São Paulo

Leopoldine Solange Montiel Frioni\*

### Resumo

OS ACIDENTES INDUSTRIAIS internacionais e em particular no Estado de São Paulo com o rompimento de um duto de gasolina seguido de incêndio em 1984, despertaram a atenção da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) a buscar mecanismos para a prevenção desses acidentes. Com esta preocupação, passou-se a solicitar um Estudo de Análise de Risco durante o processo de licenciamento dos empreendimentos. Para orientar a elaboração deste estudo, a CETESB homologou no Diário Oficial, em 2003, a norma P4.261 – Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos com os critérios de tolerabilidade do risco. Para os empreendimentos pontuais, os critérios se baseiam no risco expresso tanto na forma de risco social quanto de risco individual. Já no caso dos dutos, é apresentado apenas o critério de risco individual, o qual possui níveis diferentes de tolerabilidade quando comparado com os empreendimentos pontuais. Observou-se, entretanto, que em muitos casos o encaminhamento dos dutos cruza regiões com grandes adensamentos populacionais. Embora o risco expresso na forma de risco individual pudesse ser considerado tolerável para os dutos, verificou-se que esta população poderia estar exposta a riscos intoleráveis com relação ao critério de risco social. O grande problema enfrentado pelo órgão ambiental foi o fato de não estar estabelecido o método de cálculo e o critério do risco social para os dutos. Desde 2009 a CETESB está revisando esta norma, visando principalmente um maior detalhamento no método de cálculo e estabelecimento dos critérios de tolerabilidade para os sistemas dutoviários.

Palavras chaves: critério de tolerabilidade, risco social, risco individual, dutos.

\* Setor de Análise de Riscos, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo, Brasil-leopoldinef@cetesbnet.sp.gov.br

## Introdução

NO PROCESSO DE licenciamento de dutos no Estado de São Paulo é solicitada a apresentação de um Estudo de Análise de Risco (EAR) para análise pelo órgão ambiental (CETESB). Este EAR deve seguir o preconizado pela norma CETESB P4.261 – Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos. Para o caso dos dutos, esta norma apresenta apenas o critério de tolerabilidade do risco individual (RI), o qual por sua vez é diferente daquele apresentado para as instalações pontuais. O valor do risco individual máximo tolerável para dutos é de  $1.10^{-4}$  ano<sup>-1</sup>, enquanto que para os empreendimentos pontuais é de  $1.10^{-5}$  ano<sup>-1</sup>.

Pelo fato dos dutos possuírem grandes extensões, diversos adensamentos populacionais podem ser cruzados, sendo que alguns deles são relevantes quando analisado o número de pessoas expostas num eventual acidente, despertando a necessidade de se avaliar o risco social (RS).

Uma vez que, nos processos de licenciamento ambiental, o bem a ser protegido em relação ao risco é a população externa aos empreendimentos, os critérios de tolerabilidade do RI e RS deveriam ser os mesmos tanto para os empreendimentos pontuais como para os dutos. Para que possa ser utilizado o mesmo critério de RS dos empreendimentos pontuais, foi necessário estabelecer uma extensão de duto equivalente a um empreendimento pontual.

Além disso, a norma CETESB P4.261 não apresenta o detalhamento do método de cálculo do risco. Com o intuito de se padronizar a forma de cálculo e de se incluir um critério de tolerabilidade do RS, a CETESB está revisando a norma desde 2009.

## Métodos

O trabalho de revisão da norma consistiu na formação de cinco grupos de trabalho constituídos por representantes de órgãos ambientais, da indústria química, de empresas de consultoria, de integrantes de universidades e de sindicatos, com o intuito de discutir e estabelecer diretrizes para cada etapa necessária na elaboração de um EAR.

O grupo de trabalho responsável pela parte de dutos realizou diversas reuniões no período de dois anos. Foram discutidas várias normas nacionais (ABNT) e internacionais (PD8010-3, IGEN/TD/2), sendo estabelecidos os principais itens para a determinação do método de cálculo e o critério de tolerabilidade.

Em cada reunião eram apresentadas as pesquisas, realizadas pelos integrantes do grupo relacionadas com o tema estabelecido na reunião anterior, discutidos os resultados e estabelecidas as diretrizes que constariam na norma.

Com relação ao critério do RS, foi necessário estabelecer uma extensão de duto equivalente a um empreendimento pontual, conforme mencionado na



norma PD8010-3. Para isto, foram analisados os perímetros dos empreendimentos pontuais que tiveram EARs analisados pelo Setor de Análise de Riscos da CETESB nos anos de 2009 e 2010.

## **Resultados**

A partir do estabelecido em cada grupo de trabalho, foi gerado o texto da norma P4.261 revisada. A seguir é apresentado um detalhamento dos itens constantes na parte de dutos:

### **Caracterizações do empreendimento e do seu entorno**

Consiste em uma identificação completa do empreendimento e deve refletir a realidade do mesmo no tocante às suas características locais, às condições operacionais e de manutenção e aos sistemas de proteção disponíveis. Com relação ao entorno, a descrição deve considerar a região determinada por uma faixa ao longo do duto, com extensão equivalente à maior abrangência da estimativa de efeitos físicos correspondente a 1% de probabilidade de fatalidade ou ao Limite Inferior de Inflamabilidade (LII), sendo consideradas também as características meteorológicas da região de interesse.

### **Identificação de perigos**

Consiste na aplicação de técnicas estruturadas para a identificação das possíveis sequências de eventos, visando à obtenção de diagnóstico do local e à definição das hipóteses acidentais. Para isto, o traçado do sistema deve ser segmentado em trechos, considerando a combinação das condições operacionais e material da tubulação, onde então deverão ser igualmente apontados os aglomerados populacionais, os locais suscetíveis à erosão e deslizamentos, as interferências externas que venham a comprometer a integridade do sistema, bem como as medidas físicas e administrativas já adotadas pela empresa ou necessárias em cada trecho.

### **Consolidação das hipóteses acidentais**

Consiste na formulação de hipóteses acidentais a partir de todos os perigos identificados, levando-se em consideração também os dados meteorológicos

e mudanças significativas de direção no traçado do duto. As hipóteses acidentais devem contemplar, no mínimo, grande, médio e pequeno vazamento, relacionados com uma ruptura equivalente a 100%, 20% e 5% do diâmetro do duto, respectivamente. As hipóteses devem ser numeradas para permitir a sua rastreabilidade ao longo do estudo.

### **Estimativa dos efeitos físicos e avaliação de vulnerabilidade**

Consiste na aplicação de modelos matemáticos que efetivamente representem os possíveis fenômenos (vazamento de líquido, de gás ou bifásico) e tipologias acidentais (dispersões atmosféricas, incêndios e explosões) em estudo, de acordo com as hipóteses acidentais identificadas e com as características e comportamento das substâncias envolvidas. São informadas as árvores de eventos a serem utilizadas para cada tipo de substância transportada, sendo solicitados três tamanhos de furos, os quais devem estar na direção horizontal ( $0^\circ$  em relação ao solo) para vazamentos em dutos aéreos e nas direções vertical ( $90^\circ$ ) e angular ( $45^\circ$ ) para dutos enterrados. Dependendo do estado físico da substância transportada, são fornecidos os parâmetros específicos de estudo. Para o caso de dutos transportando líquidos, solicita-se que o relevo seja considerado na análise do espalhamento da substância no solo.

Os danos ao homem e às estruturas dependem dos efeitos físicos (radiação térmica, sobrepressão e toxicidade) das hipóteses e dos cenários acidentais e da capacidade de resistência dos corpos expostos. São solicitadas análises dos efeitos físicos correspondentes a no mínimo 1%, 50% e 99% de probabilidade de fatalidade utilizando-se equações de PROBIT para os efeitos provenientes de radiações térmicas (utilização da equação de Tsao-Perry com 20 segundos de exposição) e toxicidade (são fornecidos os valores de a, b e n e solicita-se a utilização do tempo de passagem da nuvem ou no máximo 10 minutos de exposição). Para os casos de sobrepressão, são solicitados os níveis de 0,1 e 0,3 bar, relacionados respectivamente com 1% e 50% de probabilidade de fatalidade.

### **Estimativa de frequências**

Consiste na determinação da frequência de ocorrência do cenário acidental, utilizando-se de árvores de falhas e de eventos para esta finalidade. São solicitados pontos de liberação a cada 10 m. A frequência de ocorrência do evento inicial pode ser estimada diretamente a partir de registros históricos constantes de bancos de dados ou de referências bibliográficas. É recomendado o uso do EGIG para o caso do transporte de gás natural e do CONCAWE para o

transporte de gases liquefeitos ou substâncias líquidas. São dadas as probabilidades de ignição imediatas e retardadas dependendo do estado das substâncias transportadas. Em geral, considera-se a ocorrência das hipóteses acidentais durante o dia e a noite com igual probabilidade (50%). No caso de dutos enterados, solicita-se considerar que 2/3 das vezes o vazamento ocorre na direção angular e 1/3 na direção perpendicular.

### Estimativa e avaliação de risco

Consiste na avaliação do risco expresso na forma de RI e RS. No caso de uma faixa de dutos, deverá ser apresentado o somatório dos riscos e realizada a avaliação com os critérios de tolerabilidade apresentados abaixo.

Para o caso do RI, solicita-se que sejam considerados pontos de liberação a cada 10 m para o cálculo da frequência de ocorrência de cada cenário acidental em uma extensão de duto igual a duas vezes o maior raio dentre os cenários acidentais. O resultado deve ser apresentado na forma de contorno de isorrisco ou perfil de risco. O critério de tolerabilidade é dado por três regiões de risco e a análise é realizada no eixo do duto ou no limite da faixa de dutos:

- Risco tolerável:  $RI < 1 \times 10^{-6} \text{ ano}^{-1}$ ;  
 Risco a ser reduzido:  $1 \times 10^{-6} \text{ ano}^{-1} \leq RI \leq 1 \times 10^{-5} \text{ ano}^{-1}$ ;  
 Risco intolerável:  $RI > 1 \times 10^{-5} \text{ ano}^{-1}$ .

Para o RS, solicita-se que seja considerada uma extensão de 500 m de duto (provido do estudo dos perímetros dos empreendimentos pontuais) nos locais onde houver aglomerado populacional, com pontos de liberação a cada 10 m. O risco deve ser apresentado na forma de uma curva FN, a qual delimita três regiões de risco, conforme mostra a figura 1.

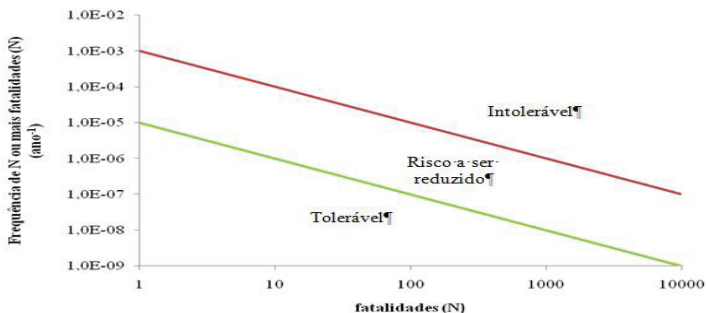


Figura 1: Critério de tolerabilidade para risco social, considerando-se uma extensão de 500 m

### Redução do risco

Caso o RI ou RS esteja localizado na região de risco a ser reduzido ou na região de intolerabilidade, serão solicitadas medidas de redução do risco, sendo necessário apresentar o novo valor de risco contemplando tais medidas.

### Conclusões

As mudanças ocorridas na revisão da norma P4.261 visam homogeneizar os EARs apresentados para análise possibilitando comparações nos resultados dos riscos de sistemas dutoviários distintos além de facilitar na análise dos processos de licenciamento.

### Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12712: projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível. Rio de Janeiro, 2002. 77 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15280-1: dutos terrestres - parte 1: projeto. Rio de Janeiro, 2009. 75 p.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTE. PD 8010-3: code of practice for pipelines - part 3: steel pipelines on land – guide to the application of pipeline risk assessment to proposed developments in the vicinity of major accident hazard pipelines containing flammables – supplement to PD 8010-1:2004. [S. L.] 2009.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos: norma P.4.261. São Paulo, 2003. 120 p.
- CONSERVATION OF CLEAN AIR AND WATER IN EUROPE - CONCAWE. CONCAWE Report nº 4/10: performance of European cross-country oil pipelines. Statistical summary of reported spillages in 2008 and since 1971. Report No. 4/10. Brussels, 2010. Disponível em: <<http://www.concawe.be/content/default.asp?PageID=569>>. Acesso em 14 abr. 2011.
- EUROPEAN GAS PIPELINE INCIDENT DATA GROUP - EGIG. EGIG – report 1970-2007 gas pipeline incident. 7th Ed., Doc. Number EGIG 08.TV-B.0502. Groningen, 2008. Disponível em: <<http://www.egig.nl/nav/publications.htm>>. Acesso em: 01 abr. 2011.
- NATIONAL INSTITUTE OF PUBLIC HEALTH AND THE ENVIRONMENT - RIVM. Reference manual bevi risk assessments (version 3.2). Bilthoven, 2009. Disponível em: <http://www.rivm.nl/milieuportal/images/Reference-Manual-Bevi-Risk-Assessments-version-3-2.pdf>. Acesso em: 05 jul 2011.
- THE INSTITUTION OF GAS ENGINEERS. Application of pipeline risk assessment to proposed developments in the vicinity of high pressure Natural Gas pipelines: Igem/TD/2 Communication 1737. London, 2008.

[19]

# Gerenciamento de risco no transporte ferroviário no Estado de São Paulo

Deborah Oliveira de Souza e Silva\*

## Resumo

OS IMPACTOS AMBIENTAIS decorrentes de acidentes com produtos químicos ocorridos em sistemas ferroviários têm despertado a preocupação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), uma vez que estes afetam a qualidade ambiental das áreas adjacentes a tais sistemas, bem como a segurança das pessoas presentes nas suas proximidades. Tais impactos são significativos tanto em relação ao volume dos produtos transportados como à vulnerabilidade destas áreas. Com a finalidade de minimizar os impactos ambientais causados, prevenir acidentes e mitigar os respectivos riscos impostos ao meio ambiente e à população, a CETESB, na condição de órgão fiscalizador, tem solicitado e analisado Programa de Gerenciamento de Risco (PGR) e Plano de Ação de Emergência (PAE) para os sistemas ferroviários existentes ao longo do Estado de São Paulo. Para orientar as concessionárias quanto às diretrizes mínimas a serem abordadas nestes programa e plano os Setores de Análise de Riscos e de Atendimento à Emergência desenvolveram os documentos *Roteiro para a elaboração de Programa de Gerenciamentos de Riscos para o transporte ferroviário de produtos perigosos* e *Roteiro para a elaboração de Plano de Ação de Emergência para o atendimento a emergência no transporte ferroviário de produtos perigosos*.

**Palavras-chaves:** gerenciamento de risco, sistema ferroviário, acidentes, emergência

## Introdução

NO ESTADO DE São Paulo, em particular no Canal de São Sebastião, o primeiro atendimento a acidentes com produtos químicos realizado pela CETESB se

\* Setor de Análise de Riscos, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Brasil

deu em 1978, após o vazamento de 6.000 toneladas de óleo do petroleiro Brazilian Marina, cabendo às ações do Órgão Ambiental e de especialistas da Agência de Proteção Ambiental EPA/EUA e da Guarda Costeira norte-americana o combate e a limpeza das áreas afetadas.

Posteriormente, foi criado o Comitê de Defesa do Litoral (CODEL), mediante o Decreto Estadual nº 11.762/78, com o objetivo de coordenar a atuação das diversas entidades que pudessem cooperar com a proteção do meio ambiente no litoral do Estado de São Paulo e com os diversos órgãos interessados, federais e estaduais, no que tangem às ações relacionadas à poluição por óleo no mar. Tratava-se de um colegiado formado por dez organizações governamentais, sendo cinco estaduais: Secretaria de Obras e Meio Ambiente (SOMA), CETESB, Superintendência do Desenvolvimento do Litoral Paulista (SUDELPA), Coordenadoria de Proteção de Recursos Naturais (CPRN), Instituto Oceanográfico e quatro federais: Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA), PETROBRAS, Ministério da Marinha, Empresa de Portos do Brasil (Portobras), além do Centro Técnico.

Como atividades, o CODEL atuava na prevenção de acidentes causados por empresas transportadoras de petróleo e derivados e na realização de cursos e treinamentos práticos, tanto no Litoral Norte como na Baixada Santista, com a finalidade de integrar as diversas instituições envolvidas. Em face da não continuidade das atividades realizadas pelo colegiado do CODEL, a CETESB e a PETROBRAS passaram a exercer as atividades de prevenção e resposta aos acidentes envolvendo óleo no mar.

Inicialmente, a equipe formada na CETESB em 1980 atuava em episódios de derrame de óleo no mar. Seguidos três anos, essa equipe passou a atuar no combate a situações emergenciais decorrentes de acidentes causados em instalações industriais envolvendo o transporte, a manipulação e o armazenamento de produtos químicos, em ação conjunta com técnicos das diversas Agências do Órgão Ambiental.

Com o acidente ocorrido em 1984 na cidade de Cubatão, no litoral de São Paulo, onde um duto de gasolina da PETROBRAS se rompeu e causou um incêndio de grandes proporções, a CETESB demonstrou a preocupação em atuar na prevenção dos acidentes ambientais de origem tecnológica.

Com a publicação da Resolução nº 1, de 23.01.1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que instituiu a necessidade de realização do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, a análise de risco passou a ser incorporada no processo de licenciamento, visando à prevenção de acidentes.

Considerando somente as atividades de transporte realizadas pelo modal ferroviário, a CETESB atendeu um total de 114 acidentes no período de 17.06.1987

a 13.12.2011, de acordo com o seu Sistema de Informações sobre Emergências Químicas.

Com a finalidade de prevenir acidentes e mitigar os riscos impostos ao meio ambiente e à população, a CETESB tem requerido e analisado, desde 2002, PGR e PAE para os sistemas ferroviários de carga do Estado de São Paulo, com base em diretrizes mínimas apresentadas nos documentos *Roteiro para a elaboração de Programa de Gerenciamento de Riscos para o transporte ferroviário de produtos perigosos* e *Roteiro para a elaboração de Plano de Ação de Emergência para o atendimento a emergência no transporte ferroviário de produtos perigosos*.

Atualmente, a malha ferroviária brasileira para o transporte de cargas totaliza 28.476 km.

De acordo com dados da Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF), entre 1997 e 2010 o transporte ferroviário de cargas cresceu 104,1%, sendo que, para o mesmo período, o aumento do PIB brasileiro foi de 47,8%.

### Método

Com relação ao roteiro para a elaboração de PGR para o modal ferroviário foi estabelecida a necessidade do desenvolvimento de duas etapas, a saber: (1) diagnóstico e (2) gerenciamento. Na primeira etapa solicita-se um Estudo de Análise de Risco (EAR) da atividade, de forma estruturada, o qual deve atender às diretrizes estabelecidas no *Roteiro para a elaboração de Programa de Gerenciamento de Riscos para o transporte ferroviário de produtos perigosos*. De posse dos resultados do estudo, propõe-se um PGR da atividade, que contemple a implementação de medidas físicas e o estabelecimento de procedimentos. O PAE é parte integrante do programa, objetivando estabelecer as ações pertinentes quando da ocorrência de acidentes ambientais.

### Resultados

A Etapa 1 do programa tem por objetivo identificar situações perigosas passíveis de ocorrência, avaliar a severidade de eventuais impactos decorrentes dos perigos identificados, bem como fornecer os subsídios necessários para permitir a implementação de medidas mitigadoras. Para tanto, para o modal ferroviário foi identificado como necessário o desenvolvimento dos seguintes itens:

- a. Caracterização do sistema ferroviário, abrangendo descritivo e extensão do traçado, tipo de sinalização, pátios e estações existentes ao longo

- do sistema, normas construtivas, entre outros, acompanhados dos desenhos, plantas e fluxogramas de processo.
- b. Caracterização dos elementos rodantes, como locomotivas e vagões.
  - c. Caracterização do entorno da via permanente, dos pátios e demais áreas de apoio existentes ao longo do sistema, identificando claramente os pontos notáveis de interesse, como aglomerados populacionais, travessias de corpos d'água, áreas de preservação ambiental, cruzamento ou proximidade com rodovias e dutos e outras interferências externas que venham a comprometer a integridade do sistema em estudo.
  - d. Identificação de perigos associados às diferentes operações desenvolvidas ao longo do sistema ferroviário e consolidação das hipóteses acidentais.
  - e. Estimativa dos efeitos físicos e avaliação de vulnerabilidade, contemplando vazamentos com volume não inferior a 300 m<sup>3</sup>.
  - f. Proposição de medidas mitigadoras.

Após a etapa de diagnóstico, identificou-se a necessidade da elaboração, por parte das concessionárias dos sistemas ferroviários, de um Programa de Gerenciamento de Risco, com a finalidade de prover uma sistemática voltada para o estabelecimento de requisitos contendo orientações gerais de gestão, com vistas à prevenção de acidentes.

Como conteúdo do programa tem-se:

1. Introdução, a qual deve constar a política de gestão da empresa, descrição das atividades desenvolvidas, estrutura organizacional, objetivos e escopo do programa, bem como indicar os responsáveis pela sua implementação.
2. Procedimentos operacionais, indicando todos os procedimentos de operação para as diferentes atividades realizadas na empresa, bem como as respectivas revisões periódicas.
3. Informações de segurança, contendo informações dos produtos transportados, padrões de construção da via permanente, áreas críticas ao longo do traçado sob o aspecto de concepção construtiva e medidas específicas de gerenciamento adotadas, incluindo fichas de informação de segurança dos produtos químicos, plantas, memoriais de cálculo, entre outros.
4. Normas e legislação aplicáveis, contendo informações acerca das normas técnicas, regulamentos e legislação que regem o sistema ferroviário.
5. Revisão dos riscos, informando a frequência das revisões do EAR, de modo que sejam identificados novos perigos associados às atividades realizadas pelo sistema ferroviário.



6. Investigación de accidentes, informando a sistemática de investigación de incidentes e de accidentes estabelecida pela empresa, com a finalidade de prevenir reincidências, bem como aprimorar as ações de resposta em futuros atendimentos emergenciais. Solicita-se ainda que a empresa mantenha um sistema de registros, de modo que as informações possam ser trabalhadas para a elaboração de dados estatísticos e históricos de acidentes.
7. Manutenção e garantia da integridade dos sistemas, informando o programa de manutenção e garantia da integridade dos componentes do sistema ferroviário considerados críticos, bem como o cronograma de realização das inspeções, testes e serviços de manutenção.
8. Gerenciamento de modificações, informando a sistemática adotada pela empresa de gerenciamento dos perigos decorrentes de eventuais modificações no sistema ferroviário como um todo, de modo a identificar, avaliar e gerenciar tais perigos previamente.
9. Capacitação de recursos humanos, informando o programa de treinamento dos funcionários envolvidos com as atividades realizadas no sistema ferroviário, acompanhado do respectivo cronograma de treinamento atualizado.
10. PAE, contemplando os aspectos indicados no *Roteiro para a elaboração de Plano de Ação de Emergência para o atendimento a emergência no transporte ferroviário de produtos perigosos*. Ainda, deve estar de acordo com os resultados obtidos no EAR.
11. Campanhas educacionais, informando as campanhas adotadas pela empresa, as quais têm por objetivo esclarecer e orientar as comunidades de interesse sob os riscos associados ao transporte de produtos químicos, as medidas de segurança implantadas e o papel da comunidade no contexto do PGR e do PAE.
12. Auditorias, informando a sistemática adotada pela empresa de realização de auditorias periódicas de todos os itens que compõem o PGR, de forma a verificar a conformidade e a efetividade dos procedimentos previstos no programa.

### Conclusões

Com a crescente exploração dos sistemas ferroviários por parte da iniciativa privada, a retomada dos investimentos no transporte ferroviário decorrente da implantação do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), a ampliação do Porto de Santos e a implantação de novas linhas férreas no Porto de Santos com a finalidade de aumentar a participação das ferrovias no transporte

de cargas, estima-se um significativo fluxo de transporte de produtos químicos pelo modal ferroviário. No entanto, entende-se que o PGR proposto, uma vez devidamente implementado por parte das concessionárias, é considerado eficaz ao gerenciamento do risco dos sistemas ferroviários.

Considerando igualmente o aumento da quantidade de petróleo e gás decorrente da exploração do pré-sal, a futura implantação do Ferroanel, que prevê a interligação entre as principais ferrovias existentes na Região Metropolitana de São Paulo ao Porto de Santos, a interligação entre os sistemas modais (ferroviário, rodoviário e marítimo) e o aumento e a crescente aproximação da população às faixas lindeiras dos sistemas ferroviários, entende-se que há a necessidade de a CETESB continuar atuando no gerenciamento do risco deste tipo de modal de transporte.

### Referências

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS - ANTF. Acesso em fev.2012. [www.antf.org.br](http://www.antf.org.br).
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Sistema de Informações sobre Emergências Químicas. Acesso em 17.02.2012. Disponível em <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php>
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Emergências químicas atendidas pela CETESB em 2010. São Paulo, 2010. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/gerenciamento-de-riscos/emergencias-quimicas/266-relatorios-de-atendimento>. Acesso em jan.2012.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos: norma P.4.261. São Paulo, 2003. 120 p. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas-cetesb/40->
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Roteiro para o gerenciamento de riscos no transporte ferroviário de produtos perigosos. São Paulo, mar.2003. 04 p.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Roteiro para a elaboração de Plano de Ação de Emergência para o atendimento a emergência no transporte ferroviário de produtos perigosos. São Paulo, mar.2003. 07 p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Acesso em dez.2011. [www.dnit.gov.br](http://www.dnit.gov.br).
- HEALTH AND SAFETY COMMISSION - HCS, Advisory Committee on Major Hazards. Major hazards aspects of the transport of dangerous substances. HMSO, 1991. 371 p.

[20]

# Análisis de escenarios de escape de cloro mediante la simulación con DDC acoplado a diferentes modelos de dispersión en aire

E.Y. Sanchez\*, A.D. Acquesta\*\*, J.E. Colman\*<sup>\*\*\*</sup>,  
A.A. Porta<sup>†</sup>, P.M Jacovkis<sup>†</sup>

## Resumen

LA GESTIÓN INTEGRAL de riesgos conforma un concepto relativamente nuevo que involucra a todos los habitantes de este planeta. En lo que a incidentes químicos respecta, los modelos de simulación constituyen una importante herramienta ya sea para la respuesta a una emergencia en tiempo real, como para la planificación en supuestos escenarios y condiciones. El tipo de modelo adecuado para su aplicación dependerá del nivel de detalle de simulación y del tiempo disponible para la ejecución. A la actualidad, se ha encontrado una importante vacancia en los modelos de exposición a incidentes agudos ya que no contemplan la variable temporal en sus cálculos y es así como una foto estática de las regiones de amenaza son presentadas por los modelos de uso corriente en situaciones de emergencia. Por lo expuesto, constituye un avance importante para la gestión de riesgos que los respondedores o decisores en una emergencia puedan conocer la evolución temporal no sólo de la nube tóxica sino además de las regiones de daño representativas de la población potencialmente expuesta. En este trabajo hemos aplicado el reciente modelo desarrollado de exposición para incidentes químicos, DDC, a dos tipos de escenarios: Parque Industrial de Pilar- ARG y

\* Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA). Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. 47 y 115. 1900 – La Plata.

\*\* Departamento Modelado y Manejo de Crisis, CITEDEF.

\*\*\* Departamento de Computación e Instituto de Cálculo, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA).

† Departamento de Matemática, Facultad de Ingeniería, UBA.

Chicago-E.E.U.U; acoplándose a diferentes modelos de transporte de contaminantes en aire: modelo simple de resolución numérica y CFD (FLACS); analizando de este modo los alcances del acoplamiento, de las partes que lo forman y de la aplicación. Los resultados demuestran cómo el conocimiento de la influencia de los obstáculos en la trayectoria de la nube tóxica, y en la dispersión de los contaminantes transportados, junto a la información dinámica de la población potencialmente afectada, contribuyen a una mejor planificación de las medidas de protección y respuesta ya que permiten una mejor comprensión de la situación y del tiempo disponible para la intervención oportuna.

**Palabras clave:** incidente químico, DDC, FLACS.

### Introducción

Existe un progreso tangible en desarrollos tecnológicos en la materia de gestión de riesgos, y aún hay mucho por aprender. Haber comprendido que el afrontamiento de estos temas debe ser de carácter multidisciplinario y que la tecnología puede contribuir enormemente a la gestión de riesgos, es un gran paso para el manejo de emergencias y desastres (Sanchez y Acquesta, 2011).

Para obtener respuestas eficientes a situaciones de emergencias, se requiere de una estrecha coordinación y colaboración entre los actores para garantizar que las necesidades sean atendidas, que no se dupliquen los esfuerzos y que se utilicen los recursos de manera óptima (El Proyecto Esfera, 2011). Sin embargo, este conjunto de pautas no puede cumplirse en su totalidad, si se desconoce cómo evoluciona el fenómeno y su potencial impacto sobre la población.

Por lo expuesto, resulta de suma importancia la existencia de una herramienta para la toma adecuada de decisiones, que minimice la confusión, los rumores y la exageración. De este modo, una estimación más detallada y dinámica de la distribución del contaminante en un incidente químico, y del daño sobre la población expuesta, ofrece un mejor conocimiento de la situación y del tiempo disponible para la intervención oportuna (Acquesta et al., 2010; Sanchez et al., 2011).

En una emergencia es sabido que es tan importante la respuesta como la planificación y por tal motivo resulta significativo poder contar con una herramienta que sea útil en todas las etapas de la gestión integral de la emergencia (Sanchez y Acquesta, 2011). A tal fin, DDC constituye un modelo de exposición para situaciones de emergencias químicas aplicable tanto a la respuesta en tiempo real como al estudio y análisis de escenarios para la planificación de estrategias ante un incidente. Su modularidad permite acoplarse a cualquier modelo de transporte que ofrezca una salida de datos en función del tiempo. El tipo de modelo de transporte apropiado dependerá de la magnitud

del problema, del nivel de detalle de la información disponible como entrada al modelo, del nivel necesario de la salida del modelo, de la precisión requerida y del tiempo disponible de espera para concluir los cálculos del modelo (Beychok, 1994; Dandrieux, 2006). Por tal motivo, lo apropiado es contar con un modelo que ofrezca el máximo nivel de detalle con el menor tiempo posible de ejecución, en función de la etapa de la gestión de riesgos a la que se quiera responder.

### Método

DDC (Damage Differential Coupling) constituye un modelo de exposición capaz de acoplarse a cualquier modelo de transporte de contaminantes en aire que tenga una salida de datos en forma temporal. De este modo, para cada ubicación donde la nube tóxica pasa, DDC analiza el perfil de concentración (salida de modelo de transporte) y lo asocia con alguna concentración de referencia de alerta (LOC) para así identificar las áreas de riesgo.

En ventaja a los métodos vigentes, DDC proporciona una estimación progresiva en el tiempo de los daños experimentados. Por lo tanto, los datos cronológicos de los posibles efectos experimentados por la población expuesta se encuentran disponibles y, a su vez, se puede mantener un registro de las consecuencias más probables para la salud de la población. Teniendo en cuenta que DDC se basa en la noción de un campo continuo de curvas de isodaño, el resultado concluye en un enfoque más descriptivo. Un mayor detalle de DDC se puede encontrar en Acquesta et al., 2010.

Para realizar una evaluación temprana de los alcances de una emergencia y del grado de impacto sobre la población y los bienes (competente a la planificación de emergencias), los modelos de transporte del tipo CFD son los más adecuados para un análisis profundo en áreas densamente pobladas (Delaunay, 1996; Hanna et al., 2007). Este tipo de modelo tiene una gran capacidad descriptiva de los escenarios con una muy buena aproximación. No sólo poseen un elevado grado de complejidad sino que además demandan un gran costo computacional, requieren de numerosos datos y de un tiempo grande de ejecución (desde minutos hasta días), por lo que su aplicación para la respuesta a emergencias en tiempo real no resulta factible. Para esta última situación, se utilizan modelos más simples (como pueden ser los gaussianos o los de caja) que recurren a simplificaciones en la descripción del fenómeno y del escenario y obtienen, en tiempos de ejecución del orden de los segundos, simulaciones bastante fiables para escenarios sencillos. Si bien es sabido que los modelos sencillos describen pobremente el fenómeno en terrenos complejos, son los más adecuados para la etapa de respuesta debido al compromiso que existe entre el nivel de detalle descripto y el costo computacional.

## Resultados

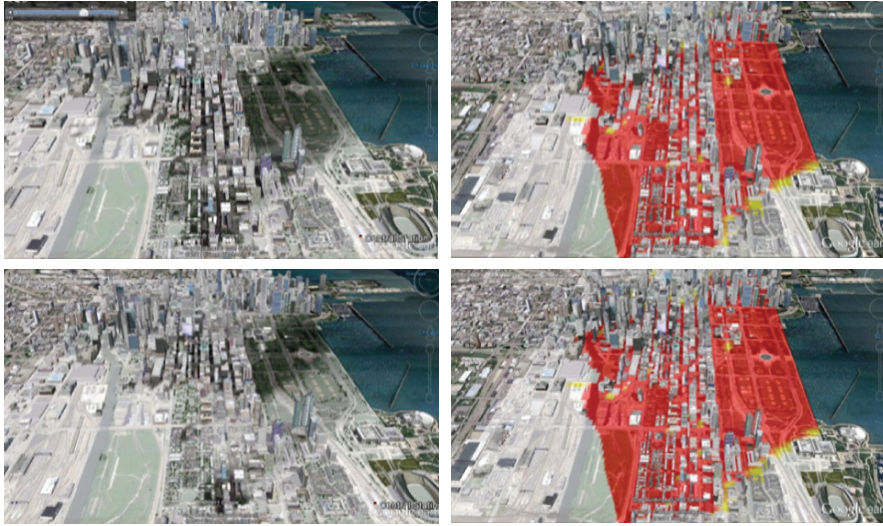
El acoplamiento de DDC con un modelo CFD y con un modelo euleriano sencillo nos ha permitido en este trabajo estudiar los alcances de la herramienta para su uso en la gestión integral del riesgo.

En primer lugar se implementó el acoplamiento entre un modelo CFD, FLACS (FLame ACceleration Simulator), con el método DDC para la simulación de una liberación de cloro cerca del centro de Chicago, IL, Estados Unidos.

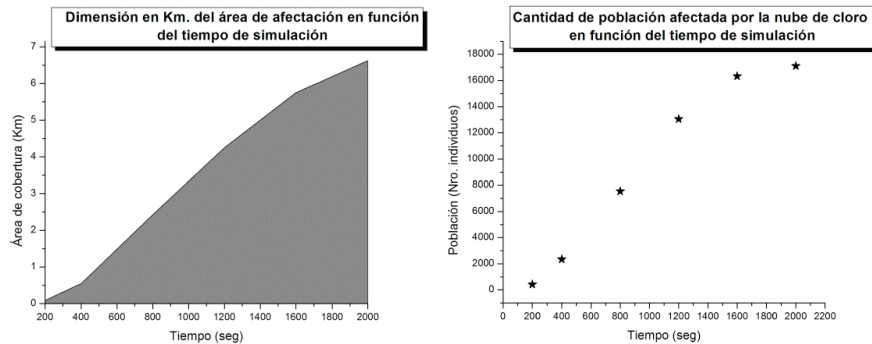
Se supone para esta corrida un escenario en el que la nube de cloro se transporta hacia el norte, rumbo a una región densamente edificada, caracterizada por edificios altos, con una densidad poblacional de aproximadamente 3949 individuos  $\text{km}^{-2}$ . Una mejor descripción del escenario estudiado, del mallado y de los modelos implementados se encuentra en Sanchez et al., 2011.

Los resultados de la simulación mostraron que, la nube de cloro se desplaza a mayor velocidad y con menor dilución a través de un terreno plano y abierto, extendiéndose más de 1000 m desde la fuente de emisión en la dirección del viento durante los primeros 400 s. Cuando la nube encuentra en su trayectoria al área densamente edificada, su extensión a sotavento se ve limitada debido a que la mezcla turbulenta (característica de terrenos complejos y zonas con edificaciones altas) contribuye a la disminución de la concentración local. Del mismo modo se observa que un volumen de gas queda atrapado al sudeste, entre los edificios elevados que actúan como área de atrapamiento, aún para tiempos avanzados de simulación. Por otra parte, queda en evidencia que para cualquier tiempo de simulación predomina el mayor nivel de daño (color rojo): ND 3 (superior al 85 % de las regiones), el cual está asociado a efectos graves en la salud, e incluso la muerte. Tal situación se encuentra directamente relacionada con la magnitud de la liberación de cloro. Ver figura 1.

DDC no sólo proporciona una representación gráfica de las regiones de afectación sino que además da conocimiento de la cantidad de personas que han sido potencialmente afectadas en función del nivel de daño. Finalmente, en la figura 2 se muestra el crecimiento cuantitativo de las regiones de afectación y la cantidad de población alcanzada por dichas regiones. El cambio de pendiente se asocia al momento en el que la nube tóxica se encuentra con el área de edificios altos, característica que sólo puede ser contemplada con un modelo de tipo CFD.



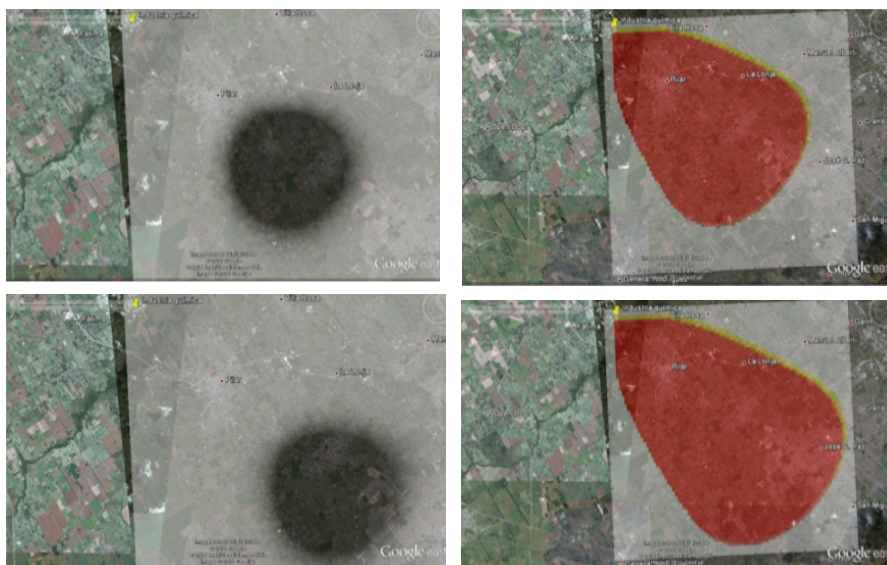
**Figura 1:** Representación de la evolución de la nube tóxica (izq.) Y de la region de afectación (der.), para el escenario de chicago sobre una imagen satelital proporcionada por google earth, 2011. Tiempos de simulación: 1600 (arriba) y 2000 s (abajo).



**Figura 2:** Análisis de la dimensión de las regiones de afectación y de la cantidad de población afectada en función del tiempo de simulación.

Como una segunda aplicación, se simula un escape de cloro en una industria química de Pilar con un modelo euleriano sencillo (figura 3), en la que puede observarse la evolución de la nube tóxica en las primeras dos horas y media de simulación, y las regiones de afectación relacionadas a las zonas de alto riesgo. La nube aquí representada presenta formas muy redondeadas y no se visualizan las edificaciones. Esto se debe a las simplificaciones a las que recurren los modelos de transporte sencillos.

Una herramienta de la que dispone el INDEC se ha utilizado en esta sección para estudiar la cantidad de población potencialmente expuesta a la nube tóxica. La misma nos ha permitido deducir que a los 28 minutos de simulación las poblaciones de Pilar (231639 habitantes) y del Barrio Parque Almirante Irizar (3085) comienzan a percibir al cloro en el aire, superando la concentración a las 0.31 ppm que representa al umbral olfativo. De este modo, los afectados sumarían un total de 234724 habitantes. Tiempo más tarde, aproximadamente a las 2 horas y 20 minutos, la nube alcanza a la población de José C. Paz con un total de 230208 habitantes.



*Figura 3:* Representación de la evolución de la nube tóxica (primera columna) y de las regiones de daño maximal (segunda columna) para el escape en el parque industrial de pilar, en los tiempos de simulación de 120 (arriba) y 180 (abajo) minutos.

Fuente: google earth, 2011.

## Conclusiones

Se concluye de este trabajo que el acoplamiento de DDC con diferentes modelos de transporte constituye una herramienta interesante para el análisis de riesgo. Conocer en forma temporal cuántas personas son potencialmente afectadas y en qué nivel, ofrece a los decisores en una emergencia química las herramientas para sacar conclusiones acerca de cuánto tiempo se dispone para evacuar a aquellos individuos que en el futuro inmediato serán alcanzados por la nube



tóxica, cuánta población necesitará de atención médica inmediata de acuerdo al grado de afectación y de cuánta logística se requerirá disponer para responder a la emergencia, entre otras cosas.

Cabe destacar que, aún cuando se disponga de la mejor herramienta para simular un fenómeno, no resulta suficiente si no se cuenta con información propia del sitio y/o de la población que se está estudiando. Situación muy frecuente en nuestro país que debería poner en alerta a las autoridades competentes, a fin de elaborar una base de datos completa para el manejo de emergencias en distintos escenarios.

### Referencias

- ACQUESTA A.; SÁNCHEZ E.; PORTA A.; JACOVKIS P., 2010. A method for computing the damage level due to the exposure to an airborne chemical with a time-varying concentration. *Risk Analysis*. 31(9), 1451-1469.
- BEYCHOK M, 1994. *Fundamentals of stack gas dispersion*. 3rd Ed. Irvine, CA.
- DANDRIEUX A, DIMBOUR JP, DUSSERRE G, 2006. Are dispersion models suitable for simulating small gaseous chlorine releases? *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19: 683-689.
- DELAUNAY D, 1996. Numerical simulation of atmospheric dispersion in an urban site: Comparison with field data. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 64(2-3): 221-231.
- EL PROYECTO ESFERA. Carta Humanitaria y normas mínimas para la respuesta humanitaria. Tercera edición 2011. ISBN 978-1-908176-02-8.
- HANNA S, WHITE J, HANNAN J, KOLBE R, KILEY C, BROWN M, HARRIS T, WANG Y, FRY R, BOWERS J, GARVEY D, WILLIAMSON C, MOUSSIFIR J, 2007. An intercomparison of diagnostic urban wind flow models based on the rökke methodology using the joint urban 2003 field data. *Proceedings of the 6th International Conference on Urban Air Quality*. Limassol, Cyprus.
- NOAA's (National Ocean Service), Office on Response and Restoration. 2012.
- PEÑA CE, CARTER DE, AYALA-FIERRO F, 2001. *Toxicología Ambiental: Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental*. 1996-2001, The University of Arizona.
- SÁNCHEZ EY, GONZALEZ EM, PORTA AA, JACOVKIS PM, ACQUESTA AA, 2011. Simulación de un accidente químico con la herramienta CFD-DDC: planificación de respuesta a emergencias en ciudades. *Contaminación Atm. e Hídric. en Argentina*. UTN. 257-268.
- SÁNCHEZ EY Y ACQUESTA AD, 2011. El Sistema CRISIS para la Gestión de Riesgos. Tesina de la diplomatura en Gestión de Riesgo a para Emergencias y Desastres. Consejo Provincial de Emergencias e IPAP, Argentina.

[21]

## A importância do estudo da reatividade química em avaliações quantitativas de risco de acidentes maiores

Marcos Aparecido Franco Portela, Marcos Antonio Pereira\*

### Resumen

A NECESSIDADE DE mecanismos para prevenção de acidentes industriais ampliados no Brasil foi originada na década de 80, com a ocorrência do acidente de Vila Socó. Após este evento agências estaduais de controle ambiental, tais como Cetesb (São Paulo), FEPAM (Rio Grande do Sul), INEMA (Bahia), INEA (Rio de Janeiro), entre outras, passaram a adotar a avaliação quantitativa do risco de acidentes como ferramenta de decisão durante o processo de licenciamento ambiental de indústrias e sistemas de transporte dutoviário de substâncias químicas perigosas. Em decorrência disto, foram publicados, por algumas agências ambientais, manuais e normas técnicas contendo a metodologia a ser considerada para elaboração de estudos de análise de riscos voltados à avaliação quantitativa do risco de acidentes ampliados nestes empreendimentos. Estas metodologias consistem em identificar as potenciais situações de risco presentes no projeto ou nas instalações do empreendimento em análise, estimar a amplitude dos danos decorrentes dos efeitos físicos, quantificar a frequência de ocorrência dos danos associados aos efeitos físicos e calcular o risco sob a forma de risco individual e risco social, o qual é avaliado segundo os critérios de tolerabilidade estabelecidos por cada agência ambiental. No entanto, os efeitos físicos decorrentes da interação química entre substâncias presentes em um mesmo empreendimento não são usualmente identificados neste tipo de análise, uma vez que o foco das técnicas normalmente aplicadas é restrito ao estudo de perdas de contenção nos sistemas de transferência e armazenamento de substâncias químicas e desvios nos parâmetros de controle de processos químicos. Porém, grandes acidentes industriais tais como o de

\* AGR Engenharia, São Paulo – Brazil; Eka Chemicals do Brasil, Jundiaí - Brazil

Seveso, ocorrido em 1976 na Itália, e Bhopal, ocorrido em 1984 na Índia, deixam claro o potencial danoso de efeitos físicos decorrentes da interação química entre substâncias. Assim, este trabalho tem por objetivo elucidar sobre a importância do estudo de reatividade entre substâncias químicas presentes em uma mesma unidade industrial. Para isto foi desenvolvido um trabalho no qual, inicialmente, realizou-se uma avaliação quantitativa dos riscos de acidentes ampliados de uma unidade industrial, utilizando-se as técnicas de APR (Análise Preliminar de Riscos) e HazOp (Hazards Operability) para identificação das situações potenciais de risco. Posteriormente, foi realizada uma análise de reatividade a partir da possibilidade de contato e da interação química entre as substâncias presentes. Estas situações foram incluídas dentre as situações de risco já identificadas para a unidade, sendo recalculados os riscos da mesma considerando-se a amplitude dos danos gerados pelas interações químicas analisadas. **Palabras clave:** riscos, reatividade, interação química, acidentes ampliados

### Introducción

A CRESCENTE DIVERSIDADE de substâncias químicas presentes nas unidades industriais tem implicado no aumento da possibilidade de eventos emergenciais originados pela interação química acidental entre substâncias. Somado a isto tem o fato das análises de riscos de acidentes ampliados serem normalmente desenvolvidas observando-se apenas os riscos decorrentes de perdas de contenção envolvendo substâncias químicas armazenadas e/ou geradas nas unidades em condições normais de operação. Acidentes industriais decorrentes da interação química entre substâncias têm mostrado que as instalações industriais não encontram-se preparadas para o desencadeamento de ações de combate emergencial dos mesmos, uma vez que estes cenários não são previstos durante a elaboração e implementação de Planos de Atendimento Emergencial (PAE) e/ou dimensionamento de recursos de resposta emergencial. O desenvolvimento de um método para avaliação destes riscos em análises de acidentes ampliados decorrentes de instalações industriais permitirá um maior preparo das equipes de combate emergencial, além de um mapeamento mais completo dos riscos associados à estas unidades.

### Métodos ó Desarrollo experimental

#### *Determinação da Interação entre as Substâncias Química*

Para determinação a interação entre as substâncias químicas em estudo foi utilizada uma matriz de reatividade na qual os efeitos da combinação entre

2 substâncias são analisados de forma qualitativa em 5 categorias, conforme exemplificado no quadro 1, sendo estas: não reativo (0), corrosão (1), evolução de calor (2), emissão de gás (3) e reação violenta (4). A partir desta matriz foram determinadas as combinações entre substâncias com potencial para geração de reações adversas.

Para as combinações com potencial de geração de reações adversas foram analisadas as possibilidades de ocorrência real na unidade, sendo descartadas as situações nas quais as substâncias reativas não teriam possibilidade de combinação, devido ao layout da unidade, aos sistemas de segurança presentes ou a qualquer outro meio que impedisse a combinação entre as mesmas.

Chemical or Group of Chemicals		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
<b>A</b> Sodium Chlorate	<b>A</b>	0	3	0	0	0	2	0	0	2	0	0	2	2,3,4	0	0	2	0	0	0
<b>B</b> Sodium Dichromate	<b>B</b>	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2,3,4	0	0	3	0	0	0
<b>C</b> Hydrochloric Acid	<b>C</b>	3	3	0	0	0	3	3	0	0	3	0	3	2,3,4	0	4	2	2	0	3
<b>D</b> Sodium Chloride / Brine	<b>D</b>	0	0	0	<b>D</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>E</b> Hydrogen	<b>E</b>	0	0	0	0	<b>E</b>	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<b>F</b> Chlorine	<b>F</b>	0	0	0	0	2	<b>F</b>	0	0	0	0	0	0	2,3,4	0	0	0	0	0	0
<b>G</b> Sodium Carbonate	<b>G</b>	2	0	3	0	0	0	<b>G</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>H</b> Caustic Soda (50%)	<b>H</b>	0	0	3	0	0	0	0	<b>H</b>	2	0	0	0	2,3,4	0	0	2	0	0	0
<b>I</b> Calcium Chloride	<b>I</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>I</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>J</b> Sodium Sulphate (process subproduct)	<b>J</b>	2	2	0	0	0	0	2	0	<b>J</b>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<b>K</b> Calcium Carbonate	<b>K</b>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	<b>K</b>	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<b>L</b> Alpha Cellulose	<b>L</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>L</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>M</b> Sodium Bisulphite	<b>M</b>	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>M</b>	3	0	0	0	0	0	3
<b>N</b> Lab reagents	<b>N</b>	2,3,4	2,3,4	2,3,4	0	2	2,3,4	0	2,3,4	0	2	2	0	3	<b>N</b>	2,3,4	2,3,4	2,3,4	2,3,4	2,3,4
<b>O</b> Potassium Chloride	<b>O</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3,4	<b>O</b>	0	0	0	0	0
<b>P</b> Cooling Tower Purge +	<b>P</b>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3,4	0	<b>P</b>	0	0	0	0
<b>Q</b> Neutralization Tank Waste	<b>Q</b>	2	3	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2,3,4	0	0	<b>Q</b>	0	0	2
<b>R</b> Electrolyte Sludge	<b>R</b>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3,4	0	0	0	<b>R</b>	0	0
<b>S</b> Nitrogen	<b>S</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3,4	0	0	0	0	0	<b>S</b>
<b>T</b> Sodium Hypochlorite	<b>T</b>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2,3,4	0	0	2	0	0	<b>T</b>

Quadro 1. Exemplificação da matriz de reatividade adotada  
Fonte: Elaborada pelo autor

### Análise Quantitativa dos Danos Gerados

Para as situações com possibilidade real de ocorrência foram levantadas hipóteses acidentais por meio da técnica de Análise Preliminar de Riscos (*PHA – Preliminary Hazards Analysis*). As hipóteses acidentais identificadas tiveram como base a perda de contenção simultânea entre as substâncias, o recebimento de substâncias químicas em tanques de outras substâncias que não as mesmas e/ou contato entre substâncias no sistema de coleta de efluentes da unidade.

Com base na reatividade entre as substâncias analisadas foram propostas interações químicas para estudo dos produtos possivelmente gerados a partir de reações entre as mesmas, sendo estabelecidos cenários acidentais para o estudo dos efeitos físicos decorrentes da geração destes produtos.

A toxicidade foi a principal característica observada nos produtos obtidos a partir das interações químicas analisadas neste estudo. Para estimativa da amplitude dos efeitos físicos gerados foram utilizados modelos de dispersão atmosférica presentes no software Phast V6.6, tendo sido determinadas concentrações de interesse relacionadas a probabilidades de fatalidade, por meio da adoção do modelo de probit, para análise da amplitude dos efeitos físicos ocasionados pelas substâncias geradas.

### *Estimativa dos Riscos*

Os resultados obtidos na etapa de análise quantitativa dos danos gerados foram associados às frequências de ocorrência para composição da estimativa dos riscos de fatalidade impostos pela unidade industrial analisada, juntamente com os demais cenários de acidentes ampliados analisados na instalação.

Para isto foram estimadas frequências para ocorrência dos cenários acidentais de interação química na unidade, sendo estas relacionadas a possibilidades de ruptura de tanques de armazenamento e/ou tanques de caminhões-tanques e o recebimento de químicos em tanques diferentes do tanque de armazenamento das substâncias em análise.

Para análise da área de abrangência os riscos de fatalidade impostos pela unidade industrial foram estimados sob a forma de risco individual apenas.

A estimativa dos riscos foi realizada para todas as instalações presentes na unidade industrial em análise, tendo sido realizada inicialmente somente para as hipóteses acidentais decorrentes de perdas de contenção e descontrole de processo, sem que fossem analisadas as situações oriundas de interação entre as substâncias químicas presentes na unidade.

Posteriormente foram estimados os riscos da unidade considerando, além das situações decorrentes de perdas de contenção e descontrole de processo, as situações decorrentes da interação entre as substâncias químicas na unidade.

## **Resultados**

Na Figura 1 estão apresentados os resultados obtidos para a estimativa do risco individual da unidade industrial em análise, delimitada em vermelho, com base apenas nos cenários acidentais decorrentes de perdas de contenção e descontrole de processo na unidade.

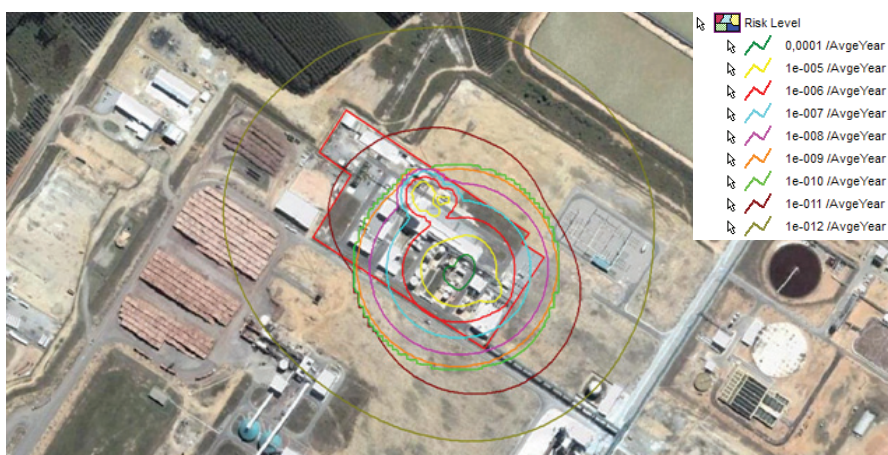
Nesta figura é possível observar que os riscos impostos pela unidade já extrapolam os limites da mesma, atingindo áreas externas onde há possibilidade de presença de população (colaboradores da unidade industrial na qual a instalação em análise encontra-se inserida).

Quando consideradas situações de interação química na unidade, adicionadas aos riscos já estimados para a mesma, observou-se que a abrangência dos níveis de risco individual de  $1,00 \times 10^{-10} \text{ ano}^{-1}$  a  $1,00 \times 10^{-12} \text{ ano}^{-1}$  foram ampliados, conforme pode ser observado na Figura 2.

A limitação da ampliação do risco individual somente nos níveis de  $1,00 \times 10^{-10} \text{ ano}^{-1}$  a  $1,00 \times 10^{-12} \text{ ano}^{-1}$  decorre das considerações para estimativa da frequência de ocorrência das interações químicas nesta unidade especificamente, na qual este tipo de evento pode ser considerado como sendo raro em função da disposição das substâncias e sistemas de controle presentes.



*Figura 1.* Risco individual da unidade desconsiderando os cenários de interação química



*Figura 2.* Risco individual da unidade tendo sido considerados os cenários de interação química

### Conclusiones

A geração de efeitos físicos a partir da interação química entre substâncias presentes em uma mesma unidade industrial e a ampliação dos níveis de risco individual em decorrência da possibilidade de interação química no interior desta unidade permitem concluir sobre a importância de serem analisadas este tipo de situações de riscos em análises quantitativas de riscos.

Além disso observou-se que a ampliação dos níveis de risco individual em decorrência da interação química na unidade é função não somente da reatividade entre as substâncias, mas também das possibilidades de contato entre as mesmas, o que nesta unidade em análise acarretaram em eventos raros devido a disposição das substâncias e da presença de sistemas de controle.

No entanto este tipo de análise, quando aplicada em instalações industriais com possibilidades mais frequentes de ocorrência, certamente implica na ampliação considerável dos demais níveis de risco individual impostos pelas mesmas, o que pode acarretar na inaceitabilidade dos riscos da unidade analisada, fazendo necessária a adoção de medidas para mitigação das situações de risco identificadas.

### Referencias

- AICHE - Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis; Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 2<sup>nd</sup> Ed., New York, USA, 2000.
- COVO - Risk Analysis of Six Potentially Hazardous Industrial Objects in the Rijnmond Area, A Pilot Study; D. Reidel Publishing Co., Holland, 1982.
- ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCOS DA UNIDADE INDUSTRIAL DA EKA BAHIA; AGR Engenharia, 2010
- LEES, FRANK P. - Loss Prevention in the Process Industries; Butterworths, 2<sup>nd</sup> Ed., London, 1996.
- OREDA - Offshore Reability Data; 3<sup>rd</sup> Edition, 1997.
- RIVM - National Institute of Public Health and the Environment; "Reference Manual Bevi Risk Assessments; Version 3.2; 2009.

### III

## DESASTRES NATURALES

- [22] Terremoto en Chile, 2010: Intervención interdisciplinaria en vivienda rural
- [23] Evaluación de la peligrosidad por inundación fluvial en el curso inferior del río Maipo – Región de Valparaíso, Chile.
- [24] Acidentes Naturais e Cenários Sociodemográficos: Estudo de Caso para o Estado do Paraná, Brasil
- [25] Mapeamento de risco de deslizamentos em assentamentos precários em São Paulo, Brasil
- [26] Áreas de vulnerabilidade de deslizamentos na cidade Caraguatatuba, Brasil: uma proposta de gerenciamento de riscos
- [27] Mapa de riesgo para la salud en un área contaminada con hidrocarburos de México



[22]

## Terremoto en Chile, 2010: Intervención interdisciplinaria en vivienda rural

Marisa Torres Hidalgo<sup>\*,\*\*</sup>, Rodrigo Tapia Vera-Cruz<sup>\*\*\*</sup>,  
Agustín Salazar Azócar<sup>†</sup>, María Romero Sepúlveda<sup>†</sup>,  
Magdalena López Magnet<sup>\*\*\*</sup>, Izumi Matsumoto Royo<sup>‡</sup>,  
Pía Valdés Henríquez<sup>††</sup>, Juan Rojas Jaramillo<sup>\*\*</sup>

### Resumen

**Introducción:** Los déficit en las condiciones materiales de vida que afectan la salud de la población rural se vieron incrementados por el terremoto del 27 de febrero de 2010 (magnitud 8,8), dañando especialmente las viviendas de adobe de la zona central de Chile. Esto aumentó el riesgo de morbilidad (infecciones, accidentes, estrés agudo, duelos patológicos) y mortalidad (aplastamiento). Como política nacional se entregaron viviendas de emergencia (18 mt<sup>2</sup>). Se diseña un estudio interdisciplinario (docentes-alumnos) de medicina y arquitectura que busca identificar y visibilizar riesgos y escenarios de intervención participativa.

**Objetivos:** Generar experiencia académica en intervención integrada interdisciplinaria en contexto de sistemas extremos de desastre y pobreza. Identificar factores de riesgo para la salud presentes en viviendas y entorno inmediato de hogares rurales pobres. Conocer estrategias utilizadas por la población para sobrellevar estas condiciones y promover el uso saludable de la vivienda.

**Metodología:** Se conformó un equipo interdisciplinario de académicos y ayudantes alumnos de las áreas salud y arquitectura, basados en el enfoque de hábitat saludable,

\* Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

\*\* Correo electrónico de contacto: marisa@med.puc.cl

\*\*\* Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

† Escuela de Medicina, Universidad San Sebastián, Santiago, Chile

†† Facultad de Arquitectura, Diseño y Construcción, Universidad Mayor, Santiago, Chile.

en contexto de respuesta a desastres en situación de pobreza. Se realizó un estudio descriptivo con intervención cuya unidad de análisis fue el “hogar”, en una muestra piloto de 16 hogares rurales pobres de la comuna de Hualañé (34° 58' latitud sur y 71° 47' longitud oeste). Se diseñaron y aplicaron instrumentos: encuesta (datos demográficos, genograma, salud), pauta de observación de viviendas (estructura, ruta del agua, red eléctrica), registro fotográfico y georeferenciación. En cada hogar una persona mayor de edad a cargo del cuidado de los niños, otorgó consentimiento informado a la investigación, respondió la encuesta y guió visita. Se motivó a moradores a reconocer problemas y proponer soluciones. La información recopilada se analizó caso a caso, identificando necesidades y potenciales intervenciones. Se implementaron elementos de saneamiento básico (basureros, cañerías, almacenamiento de agua), contenedores de alimento, sistema eléctrico e insumos de aseo. Se realizó visita de seguimiento.

**Resultados:** A seis meses del desastre, las familias aún habitaban viviendas de emergencia, modificadas mediante autoconstrucción (ampliaciones y aislamiento térmico). En 16 hogares, se identificaron 26 núcleos familiares (74 adultos y 35 menores de edad). Todos los hogares visitados tenían por lo menos una vivienda de emergencia, con un promedio de 4 personas por vivienda (rango de 2 a 11). Más de la mitad de los hogares utilizaba además la vivienda dañada. El 50% de las familias no eran propietarias del terreno que ocupaban, limitando la reconstrucción. El 75% carecía de agua potable, presentando contaminación de la fuente de agua, instalaciones eléctricas precarias y problemas de aislamiento; 90% presentaban problemas de iluminación, humedad, mal manejo de agua potable, orden y aseo deficiente de viviendas y entorno. Las familias utilizaron su capital social individual y comunitario, activaron sus redes de apoyo, agrupándose los grupos familiares. En el estudio se aplicó la metodología de aprendizaje y servicio (A+S), con instancias de reflexión sistemática grupal y trabajo participativo con socios comunitarios. A cada hogar se le entregó insumos para satisfacer necesidades sentidas en relación a la vivienda y salud.

**Conclusiones:** La georeferenciación de viviendas rurales, en particular de hogares vulnerables, facilita localizarlos tras los desastres. Empoderar y valorar a actores locales facilita tareas de reconstrucción. Es importante supervisar y facilitar la autoconstrucción local para disminuir riesgos en salud.

**Palabras clave:** Salud y vivienda; Salud rural; Hualañé; Trabajo interdisciplinario en salud

## Introducción

El 27 de febrero del año 2010 a las 03,34 horas, Chile sufrió un terremoto de 8,8 grados de magnitud en la escala Mw, con una duración aproximada de 2 minutos 45 segundos, siendo percibido en gran parte del cono Sur con diversas intensidades, desde Ica en Perú por el norte hasta Buenos Aires y Sao Paulo por el oriente. Posteriormente, las costas chilenas fueron impactadas por un fuerte tsunami,

destruyendo varias localidades costeras. Las regiones más afectadas fueron las de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule, Bío Bío y Araucanía, concentrando cerca del 80% de la población del país. Cerca de 500 mil viviendas quedaron con daño severo y se estimaron un total de 2 millones de damnificados. Las víctimas fatales alcanzaron más de 500 personas, constituyendo la peor tragedia natural vivida en Chile desde 1960.

Tradicionalmente, la población rural de Chile presenta déficit en saneamiento ambiental básico (abastecimiento de agua potable, saneamiento de aguas servidas, manejo de basuras) respecto a la población urbana, siendo de mayor intensidad a menor nivel socio económico. La dispersión geográfica de esta población ha dificultado su acceso a proyectos gubernamentales. El déficit de estas condiciones materiales de vida se vio incrementado tras el sismo, impactando tanto en vivienda, infraestructura y servicios, como en condiciones sociales secundarias (técnicas y administrativas individuales y colectivas). Muchos municipios tuvieron que enfrentar la emergencia solo con los recursos disponibles, pues la crisis afectó en forma simultánea a gran parte del territorio nacional (Bárcena, Prado, López, & Samaniego, 2010). La vivienda de adobe típica de la zona central del país fue la construcción más severamente dañada, lo que obligó a evacuar a las poblaciones a lugares más seguros donde se entregaron como política nacional viviendas de emergencia de madera (18 mts<sup>2</sup>). Esto aumentó el riesgo de morbilidad (infecciones, accidentes, estrés agudo, duelos patológicos), mortalidad (aplastamiento) y problemas sociales asociados al hacinamiento.

Tradicionalmente, la arquitectura aborda el hábitat humano, considerando sus formas, espacios, materiales y contextos. La salud pública, y en forma específica, la Epidemiología, observa las necesidades de salud poblacional, promoviendo estilos de vida saludables y previniendo enfermedades. En el paradigma de hábitat saludable se convoca a integrar estas perspectivas de análisis en beneficio de comprender realidades complejas. Se presenta una experiencia de investigación e intervención interdisciplinaria piloto de docentes y alumnos de medicina y arquitectura, que aborda el paradigma emergente del hábitat saludable. En una población rural vulnerable pos desastre se desea aportar con una mirada integrada desde la vivienda y la salud para identificar y visibilizar riesgos y escenarios de intervención participativa.

### Métodos ó Desarrollo experimental

#### *Objetivos*

- Generar experiencia académica en intervención integrada interdisciplinaria en contexto de sistemas extremos de desastre y pobreza.

- Identificar factores de riesgo para la salud presentes en viviendas y entorno inmediato de hogares rurales pobres.
- Conocer estrategias utilizadas por la población para sobrellevar estas condiciones y promover el uso saludable de la vivienda a través de educación participativa y entrega de insumos de apoyo.

### Metodología

La Pontificia Universidad Católica de Chile, a través de su Centro de Políticas Públicas, convocó a la comunidad universitaria a generar proyectos en ayuda a zonas siniestradas. Docentes y ayudantes alumnos de las Escuelas de Medicina y Arquitectura, basados en el modelo de hábitat saludable propiciado por el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), acudieron a la comuna de Hualañé, ubicada en la Región del Maule (34° 58' latitud sur y 71° 47' longitud oeste), a 249 kms. al sur de Santiago, capital del país y a 210 kms. al norte de Cobquecura, epicentro del sismo.

El diseño de estudio fue descriptivo transversal con intervención. La unidad de análisis fue el "hogar". Se seleccionó una muestra piloto por conveniencia de 16 hogares rurales con mayor vulnerabilidad de la comuna de Hualañé. Se trabajó con actores locales del municipio (alcalde, asistente social, directores de obras y de salud) y comunitarios (líderes sociales). El trabajo de los estudiantes fue liderado por dirigentes estudiantiles, quienes convocaron a pares a participar voluntariamente. Se diseñaron y aplicaron instrumentos que integraban las miradas de epidemiología (salud) y arquitectura, los que fueron probados y mejorados antes de ser aplicados en el estudio. Se utilizó una encuesta que incorporaba información para elaborar indicadores (demográficos, salud, vivienda), una pauta de observación que incluía el diseño de mapas de viviendas (estructura, ruta del agua, red eléctrica), registro fotográfico y georeferenciación. Dada la complejidad de la composición de los grupos familiares se utilizó el genograma (diagrama de estructura familiar).

Se capacitó a ayudantes alumnos en duplas (salud y arquitectura) para realizar actividad. Para respetar normas éticas (autonomía, beneficencia y no maleficencia), en cada hogar se solicitó a una persona mayor de edad (a cargo del cuidado de los niños) un consentimiento informado para participar en la investigación. Esta persona respondió la encuesta y guió visita en su vivienda nueva (de emergencia) y antigua (siniestrada) y entorno. En terreno, se generaron foros de reflexión y análisis de casos, motivando a los moradores a identificar los problemas existentes y a proponer soluciones. Se analizó cada caso, identificando necesidades y potenciales intervenciones. Con fondos del proyecto, se implementaron elementos de saneamiento básico (basureros, cañerías,

almacenamiento de agua), contenedores de alimento, sistema eléctrico e insumos de aseo. En el estudio se aplicó la metodología de aprendizaje y servicio (A+S), con instancias de reflexión sistemática grupal, y trabajo participativo con los socios comunitarios. En visita de seguimiento seis meses después de implementación del proyecto, se cotejó el uso de insumos implementados.

### Resultados

A seis meses del desastre, las familias aún habitaban viviendas de emergencia, modificadas mediante autoconstrucción (ampliaciones y aislamiento térmico), localizadas en el mismo sitio de la vivienda siniestrada. En 16 hogares, se identificaron 26 núcleos familiares (74 adultos y 35 menores de edad). Todos los hogares tenían por lo menos una vivienda de emergencia, con un promedio de 4 personas por vivienda (rango de 2 a 11). Más de la mitad de los hogares utilizaba simultáneamente la vivienda dañada. El 50% de las familias no eran propietarias del terreno que ocupaban, limitando la reconstrucción. Se evidenciaron factores de riesgo en vivienda y ambiente, no reconocidos como tales por los entrevistados. El 75% carecía de agua potable, presentando contaminación de la fuente de agua, instalaciones eléctricas precarias y problemas de aislamiento; 90% presentaban problemas de iluminación, humedad, mal manejo de agua potable, orden y aseo deficiente de viviendas y entorno.

Las familias utilizaron su capital social individual y comunitario (Stoyanova & Díaz-Serrano, 2008), activaron sus redes de apoyo, agrupándose los grupos familiares en las viviendas remanentes. Se organizaron entre vecinos para interactuar con actores sociales de la comunidad y con grupos de apoyo externo, en búsqueda de recursos materiales de ayuda.

### Conclusiones

A cada hogar se le entregó insumos para satisfacer necesidades sentidas en relación a la vivienda y salud. (\$210 USD promedio por hogar). Se implementaron elementos de saneamiento básico (basureros, bombas de agua, cañerías, sistema eléctrico, sistema de almacenamiento de agua, insumos de aseo).

El deseo de colaborar en la reconstrucción motivó la participación e integración de alumnos y docentes quienes viajaron siete fines de semana. Se incorporó exitosamente la metodología de aprendizaje y servicio (A+S) (Furco, 1996), a través de reflexión sistemática y trabajo participativo con socios comunitarios. Se privilegió el trabajo participativo con la comunidad y entre docentes y alumnos. Esta experiencia motivó la generación de un nuevo curso optativo curricular de pregrado, que se ofrecerá con metodología b-learning, privilegiando

la experiencia en terreno en territorios vulnerables.

Como muchos desastres difíciles de predecir (Coenraads, 2006), es importante evaluar experiencias y proponer estrategias innovadoras. Los centros educacionales tienen el deber de preparar el recurso humano para liderar intervenciones en Desastres. Promover desde la academia miradas integrales y generar modelos colaborativos sería un gran aporte a la sociedad.

La epidemiología geográfica aporta a la vigilancia epidemiológica en desastres, pues permite acceder con mayor prontitud a hogares rurales vulnerables (focalización del riesgo). Considerando los Objetivos de Desarrollo del Milenio planteados por Naciones Unidas, de erradicación de extrema pobreza y derecho a la salud, es imprescindible garantizar la sostenibilidad del medioambiente (acceso sostenible a mejores fuentes de abastecimiento de agua urbana y rural) (Machinea, Uthoff, & Sojo, 2008). Las comunidades rurales pobres son especialmente complejas de ayudar, y ameritan estudios dirigidos para reconocer sus fortalezas y debilidades (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2008).

Identificar, fortalecer y respetar el capital social de las comunidades es una estrategia relevante en etapas de intervención en desastre y beneficia a la comunidad. La promoción y prevención en salud en áreas rurales pobres es un trabajo continuo que debe ser fortalecido (Ducci Valenzuela., 2007). Empoderar a los actores locales facilita tareas de ayuda y reconstrucción. Se sugiere supervisar y facilitar la autoconstrucción local para disminuir riesgos en salud.

### Referencias:

- BÁRCENA, A., PRADO, A., LÓPEZ, L., & SAMANIEGO, J. (2010). *Terremoto en Chile - Una primera mirada al 10 de marzo de 2010* (pp. 1-61). Santiago de Chile.
- COENRAADS, R. (2006). *Natural Disasters and How We Cope with Them*. (R. Coenraads, Ed.) (pp. 1-576). Millennium House.
- DUCCI VALENZUELA., M. E. (2007). *Promoción y Prevención de la Salud en Chile. En áreas Urbanas y Rurales de la Macrozona Central*. (M. E. Ducci V., Ed.) (pp. 1-223). Santiago de Chile: Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- FURCO, A. (1996). *Service-Learning: A Balanced Approach to Experiential Education* (p. Toolkit 9).
- MACHINEA, J. L., UTHOFF, A., & SOJO, A. (2008). *Objetivos de Desarrollo de Milenio: La progresión hacia el derecho a la salud en América Latina y El Caribe*. (pp. 1-138). Santiago de Chile.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. (2008). *Desarrollo Humano en Chile Rural. 6 Millones por Nuevos Caminos*. (pp. 1-275). Santiago de Chile.
- STOYANOVA, A., & DÍAZ-SERRANO, L. (2008). Salud y Capital Social. In M. Rodríguez & R. Urbanos (Eds.), *Desigualdades sociales en salud: Factores determinantes y elementos para la acción*. (1st ed., pp. 77-120). Barcelona: Elsevier Masson.

[23]

# Evaluación de la peligrosidad por inundación fluvial en el curso inferior del río Maipo – Región de Valparaíso, Chile.

Octavio Rojas Vilches\*,  
Carolina Martínez Reyes\*\* y Marcela Rivas M.\*\*\*

## Resumen

UNO DE LOS principales sistemas fluviales de Chile central corresponde a la cuenca del río Maipo (15380 Km<sup>2</sup>), que ha experimentado un rápido proceso de urbanización, debido a la expansión del área Metropolitana de Santiago. En su curso inferior, se ubica la comuna costera de Santo Domingo (33°56' S - 71°33' O), que registra un crecimiento inmobiliario en los últimos años asociado al turismo del segmento socioeconómico alto. Con el propósito de establecer y analizar las áreas de peligrosidad fluvial comunal, se efectuaron análisis a) hidrológico y b) geomorfológico-botánico-histórico. El análisis hidrológico se realizó mediante análisis de distribución de caudales máximos instantáneos para una serie de 32 años de datos, mientras que la delimitación de la zona inundable se realizó mediante instrumental GPS (cartográfico), los datos se procesaron en el Software GPS Pathfinder Office 4.2 y ArcGIS 9.2. Para una tasa de retorno de 2 años los caudales fluctuarían en torno a los 1200 m<sup>3</sup>/s, mientras que para una tasa de retorno de 100 años, el caudal llegaría a 5604 m<sup>3</sup>/s. El área de peligro alcanza las 41.7 hectáreas, la zona de inundación máxima presentó una tasa de retorno de 59.9 años obtenida mediante la distribución Gamma 3 parámetros. La integración

\*Depto. Geografía, Fac. Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Becario CONICYT-2011 Doctorando en Cs. Ambientales, Centro EULA, U. de Concepción. correo electrónico: ocrojas@udec.cl

\*\*Depto. Geografía, Fac. Arquitectura, Urbanismo y Geografía, U. de Concepción. Correo electrónico: carolmartinez@udec.cl

\*\*\* Marcela Rivas y Consultores Asociados, Valparaíso, Chile. Víctor Lamas N°1290, Barrio Universitario s/n, Concepción, Casilla 160-C

de metodologías geomorfológica-botánica e histórica constituye un método de evaluación rápida para obtener delimitación de áreas inundables, que puede ser complementada mediante análisis hidrológico de caudales máximos.

**Palabras clave:** amenaza, inundación fluvial, gestión del riesgo

**Keywords:** threat, flooding, risk management

## Introducción

LAS INUNDACIONES CORRESPONDEN, en la mayoría de los casos, a un fenómeno de origen natural y recurrente para un río. Estadísticamente, los ríos igualarán o excederán la inundación media anual cada 2.33 años (Leopold *et al.*, 1964). La inundación fluvial puede ser definida como un proceso natural por el cual el flujo rebosa el cauce, relacionando el proceso generalmente con la cantidad y distribución de las precipitaciones en una cuenca, las que se asociarán con el concepto de período de retorno (Aparicio, 1989; Chow *et al.*, 1994; Keller and Blodgett, 2007)

El sistema fluvial responde al aporte de agua desde fuera del sistema (Camara, 2002), produciendo una aceleración de los procesos de erosión, transporte y sedimentación en el área afectada. En la intensificación de un proceso de crecida, que puede terminar en inundación, intervienen factores espacio-temporales del evento, que dicen relación con la propagación del agua valle abajo. Condiciones climáticas e hidrológicas previas registradas en la cuenca; caracteres físicos de la cuenca, topografía, superficie drenada, litología, cubierta vegetal, uso de suelo, canalizaciones, tipo de suelo, densidad y jerarquización de la red de drenaje. Características de los canales: morfología del lecho, geometría del cauce, procesos naturales, obstrucciones (Mateu, 1988).

Los efectos de una inundación pueden ser vistos desde el punto de vista del medio natural y del medio antrópico. En el medio natural podemos mencionar: movilización de gran cantidad de sólidos desde la cabecera de la cuenca; aceleración de los procesos de erosión, transporte y sedimentación; generación de corrientes anárquicas en llanos de inundación como también microformas de relieve; variaciones de geometría y trazado del cauce; renovación del ambiente fluvial y de los hábitats (Geis and Steeves, 1980). En el medio humano las consecuencias son en su mayoría negativas: daños en infraestructuras; repercusiones en la vida humana (falta de comunicaciones, gastos económicos, cesantía, efectos psicológicos, sociológicos, problemas de salud, abastecimiento, etc.); pérdida de vidas humanas (Ollero, 1997; Arman, 2010; Djordjevic *et al.*, 2011).

Para la obtención de cartografías de peligrosidad por inundación fluvial existen diversas metodologías, que dependen del interés particular del estudio y de los datos disponibles al momento de realizarlo, en general se reconocen



cuatro métodos: Botánico, Histórico, Hidráulico y Geomorfológico (Díez *et al.*, 2008). Cada uno de ellos tiene una velocidad de aplicación y un determinado costo asociado, siendo el método hidráulico el que requiere de mayor cantidad de datos y por ende asociado a un costo económico de aplicación mayor.

La expansión urbana descontrolada, carente de ordenamiento y planificación territorial ha incrementado las zonas expuestas a inundaciones fluviales, ya sea por la ocupación de terrazas y llanuras de inundación o por la modificación de los sistemas de drenaje naturales. En el contexto del crecimiento urbano experimentado por la comuna de Santo Domingo en las últimas décadas y luego del terremoto Mw=8.8 del 27-F de 2010, la Secretaría Ministerial de Vivienda y Urbanismo de la Región de Valparaíso, adjudicó la licitación para el estudio fundado de riesgo natural comunal. Se presentan los resultados de la evaluación de inundación fluvial, cuyo objetivo es analizar la peligrosidad por desborde de cursos hídricos superficiales en el área urbana de Santo Domingo, identificando variables de localización, magnitud y recurrencia, para contribuir en la generación de una propuesta en los respectivos instrumentos de planificación territorial (IPT), recomendando posibles pautas de mitigación no estructurales.

### Métodos ó Desarrollo experimental

#### *Área de estudio*

La Hoya del río Maipo, pertenece a la tercera zona hidrográfica denominada ríos en torrente de régimen mixto en la zona subhúmeda de Chile, drena aproximadamente un área de 15380 Km<sup>2</sup>. Tiene su mayor desarrollo en la región Metropolitana de Santiago, abarcando también parte de la V (provincia de San Antonio y Valparaíso) y VI región (provincia de Cachapoal), (Niemeyer y Cereceda, 1984; DGA, 2004). Se encuentra entre una de las más pobladas de Chile, sustentando el área metropolitana de la ciudad de Santiago en su curso medio y superior. Su curso inferior es compartido principalmente por las comunas costeras de San Antonio y Santo Domingo, ambas pertenecientes a la Provincia de San Antonio (V Región de Valparaíso).

En los últimos años la comuna de Santo Domingo (33°56' S - 71°33' O) ha experimentado un rápido crecimiento, principalmente asociado al sector turismo concentrado en las cercanías del curso inferior del Maipo. La comuna posee una superficie de 571.8 Km<sup>2</sup>, que representa el 3.5% de la superficie regional, con una densidad media de 12.9 hab/km<sup>2</sup> (INE, Censo 2002), que aumenta en las zonas urbanas aledañas al sistema fluvial (Figura 1). El río corresponde a un sistema altamente dinámico, inscrito entre las terrazas fluviales que encajonan su cauce kilómetros antes de su desembocadura.



Figura 1. Área de estudio con concentración de población en área urbana, según Censo 2002

### Procedimientos

Para el cumplimiento del objetivo, la metodología consistió en dos análisis principales: a) hidrológico y b) geomorfológico-botánico-histórico. El análisis hidrológico se realizó mediante datos de caudales máximos instantáneos de la estación Maipo en Cabimbao (28 msnm), proporcionados por la Dirección General de Aguas (DGA-Chile), que corresponde a la estación de cierre de la cuenca. Dicha estación presenta características de medición en una sección estable bien definida, siendo confiable en los datos entregados. El análisis de los 32 años de información fue realizado mediante las distribuciones de valores extremos Gumbel, Gamma 2 parámetros y 3 parámetros, la distribución mejor ajustada se seleccionó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov para un nivel de confiabilidad del 95%, se optó por la distribución que presentara el menor delta teórico (Tabla 1). Los caudales se calcularon para tasas de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50 y 100 años.

*Tabla 1.* Prueba de Kolmogorov-Smirnov para diversas distribuciones

Distribución	Delta teórico	Delta tabular 5%	Ajuste	Posición
Gumbel	0,1506	0,2404	Se acepta	3
Gamma 2 parámetros	0,1356	0,2404	Se acepta	2
Gamma 3 parámetros	0,1319	0,2404	Se acepta	1

El límite de las zonas inundables se obtuvo mediante la integración de tres metodologías: análisis histórico, botánico y geomorfológico. El análisis histórico se obtuvo mediante entrevistas a informantes claves, permitiendo la delimitación del área de máxima crecida. El análisis geomorfológico y botánico permitió delimitar las áreas de peligrosidad media y alta, asociándose esta última al lecho periódico de inundación.

La delimitación de las áreas históricas y geomorfológicas susceptibles a sufrir inundaciones fue realizada en terreno mediante instrumental GPS (cartográfico). El levantamiento se realizó en modo estático y cinemático, los datos obtenidos fueron procesados en el software GPS Pathfinder Office (Trimble Navigation Limited ©), utilizando de estación base a SOPAC, Santiago *Tracking Station, daily* (33°09'01.04238" S, 70°40'06.80156" O, 723,042 MSNM) ubicada a una distancia de 103 Km. Una vez corregidos los datos fueron exportados a formato Shp para su visualización y procesamiento en ArcGIS 9.2. Al límite máximo de inundación establecido bajo criterio histórico le fue asociada una tasa de retorno.

## Resultados

*Análisis hidrológico*

Los caudales máximos instantáneos de la estación se concentran en un 68% hasta los 1764 m<sup>3</sup>/s, llegando a registrar caudales del orden de 5095 m<sup>3</sup>/s y 4502 m<sup>3</sup>/s respectivamente en los años 1987 y 2002 respectivamente. Estacionalmente los valores se distribuyeron en un 76% entre los meses de mayo a agosto, incluyendo los caudales más altos, siendo estos meses los más propensos a presentar caudales generadores de inundaciones fluviales (Figura 2).

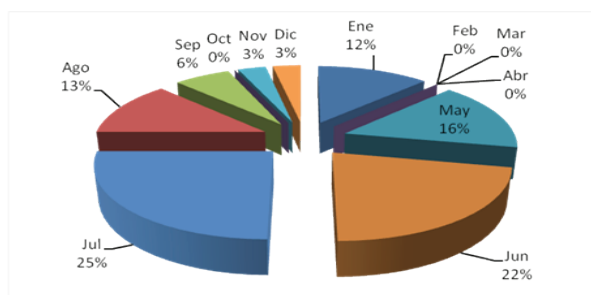


Figura 2. Distribución temporal de caudales máximos instantáneos anuales estación Maipo en Cabimbao.

La distribución Gamma 3 parámetros obtuvo el mejor ajuste. Para una tasa de retorno de 2 años los caudales fluctuarían en torno a los 1200 m<sup>3</sup>/s, mientras que para una tasa de retorno de 100 años, el caudal llegaría a 5604 m<sup>3</sup>/s (Tabla 2).

Tabla 2. Caudales máximos asociados a periodos de retorno, en la estación Maipo en Cabimbao en m<sup>3</sup>/s.

Período de retorno T (años)	% de que se supere dicho valor	Probabilidad de no excedencia	Gumbel	Gamma 2 parámetros	Gamma 3 parámetros
2	50%	0.5	1253.80	1134.56	1200.78
5	20%	0.8	2401.17	2288.09	2406.70
10	10%	0.9	3160.82	3113.13	3205.86
20	5%	0.95	3889.50	2918.25	3958.56
30	3.33%	0.967	4308.70	4382.83	4384.28
50	2%	0.98	4832.71	4962.96	4909.04
100	1%	0.99	5539.50	5742.18	5604.24

## Geomorfología del cauce y área adyacente

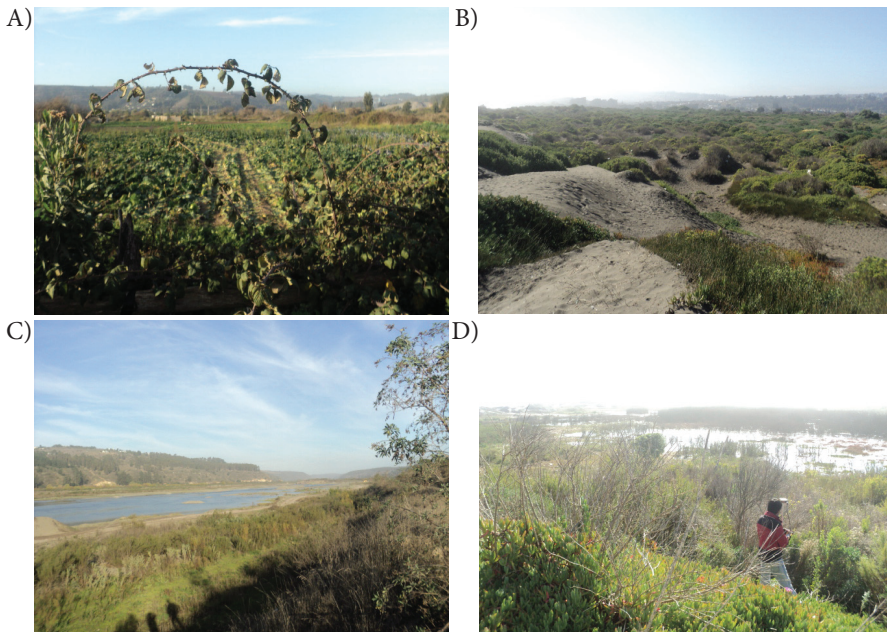
El Maipo corre encajonado en la parte final de su recorrido, pocos kilómetros antes de su desembocadura, en la zona Santo Domingo el encajonamiento da

paso a la formación de una llanura fluvial (36.4 ha) formada por depósitos fluviales subactuales (Cuaternarios) con baja pendiente. La unidad se encuentra limitada al sur por el escarpe de la terraza de abrasión marina nivel 1 (30-50 m) y al norte por el cauce del río Maipo. Estas terrazas se encuentran ocupadas por actividad agrícola (Figura 3-A), viviendas dispersas y una arenera, siendo la primera la actividad de mayor importancia en esta unidad.

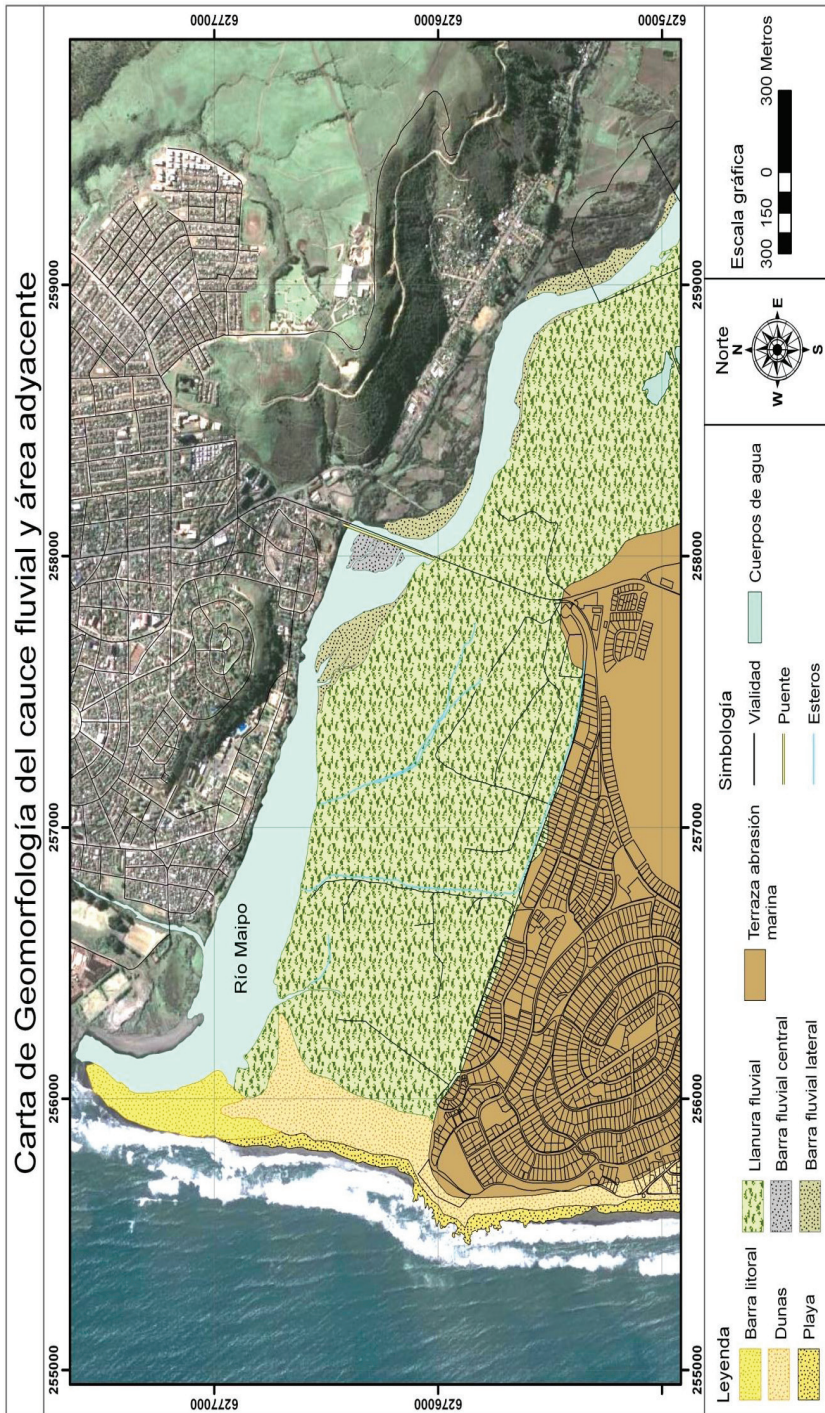
Cercano a la desembocadura se encuentra un campo dunar (4.7 ha) (Figura 3-B), formado por depósitos litorales y eólicos, que se estabilizado con vegetación, el área se encuentra bien delimitada al oeste por las unidades marinas playa y barra litoral, al norte y al este queda limitada por la llanura fluvial (carta Geomorfología del cauce y área adyacente).

El lecho ordinario del río en las cercanías de Santo Domingo se presenta bien consolidado a nivel hidráulico (Figura 3-C) recto con baja sinuosidad. En su cauce es posible encontrar algunas barras centrales (0.22 ha) y laterales (1.1 ha) con cierto grado de estabilización con vegetación (Figura 4).

En algunos bancos laterales, se produce ingreso de agua, a través de pequeños cauces superficiales, dando lugar a la formación de vegetación bien diferenciada de carácter hidrófila (Figura 3-D). Estudios previos (Araya-Vergara, 1970, en Arriagada, 2003) sugieren que las aguas del curso inferior se muestran homogéneas con predominio fluvial.



**Figura 3.** Geomorfología. A) Zonas de cultivos en llanura fluvial B) Dunas vegetadas C) Lecho episódicos consolidado del Maipo D) Talud área de dunas y zona de cauce





*Figura 4.* Barra central del cauce estabilizada, vista hacia la desembocadura

### **Peligrosidad**

La zona del cauce y área adyacente muestran evidentes rasgos morfológicos de ocupación fluvial, se pueden observar depósitos poco consolidados en las cercanías del cauce y vegetación bien diferenciada. Las pendientes de estas zonas son bajas en relación al cauce y la unidad se encuentra bien limitada topográficamente debido a las terrazas existentes en el área.

En algunos lugares se han realizado intervenciones en la llanura de inundación, por ejemplo al norte del Municipio de Santo Domingo fue construido un dique de tierra por la posible afectación de esta zona ante una inundación, considerando su nivel topográfico deprimido con relación al cauce del río. Sin embargo dicha construcción no ha sido puesta a prueba ante un evento de gran magnitud.

La inundación máxima registrada en la zona corresponde al año 1987, lo que es coincidente con el registro de caudales máximos instantáneos y con el análisis histórico realizado con la población, el límite de esta inundación corresponde precisamente a la llanura fluvial presente. El área de peligro alto (14.2 ha) corresponde a toda la zona aledaña al cauce del Maipo, correspondiendo al lecho episódico del río que se encuentra bien consolidado y limitado.

El área de peligro medio se encuentra adyacente a la zona de peligro alto, esta zona ha sido ocupada por crecidas importantes del Maipo según el relato de los habitantes de la zona, además se evidenciaron cambios geomorfológicos en relación al área adyacente lo que valida esta información. En su conjunto esta zona ocupa 15 ha.

La zona de inundación máxima (12.5 ha) corresponde a la crecida del año 1987 (Figura 5), que es coincidente topográficamente con la llanura fluvial, esta

inundación ocurrió con un caudal máximo instantáneo de 5095 m<sup>3</sup>/s, ajustado este caudal con los métodos estadísticos empleados, se obtuvo que presenta una tasa de retorno de 59.9 años (Gamma 3 parámetros) con Gumbel 65.6 años y Gamma 2 parámetros 56.1 años. Estas tasas, no indican cada cuanto tiempo se va a manifestar el fenómeno, es adecuado vincular con el concepto de probabilidad de ocurrencia, por ejemplo una inundación con una tasa de retorno de 50 años, tiene un 2% de probabilidad de ocurrencia anual y un 98% de probabilidad de no ocurrencia.



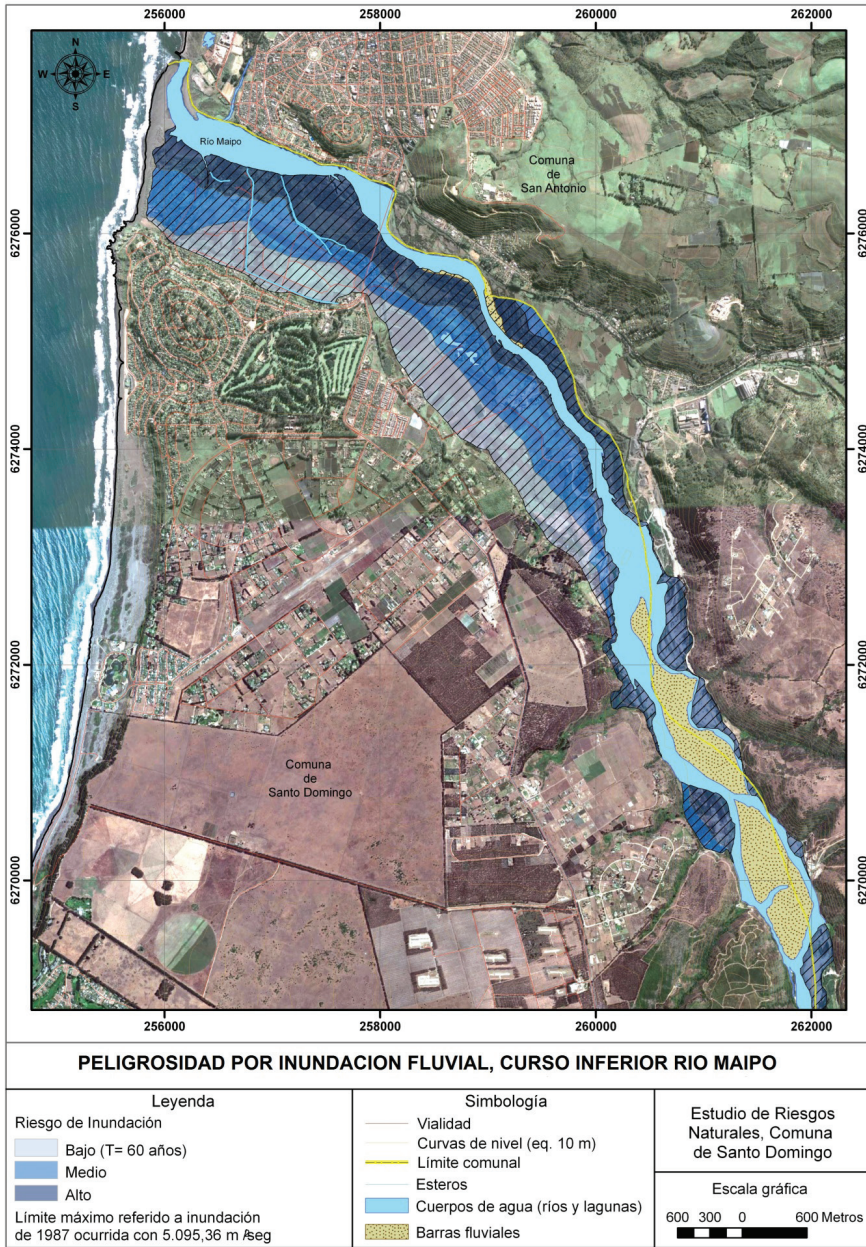
*Figura 5.* Vista zona inundada durante la crecida de 1987

### Conclusiones

La comuna de Santo Domingo se encuentra expuesta a inundaciones de cursos hídricos superficiales. La exposición a este peligro deriva de su localización en el sector sur de la desembocadura del río Maipo. El mencionado sistema fluvial llega a esta zona con los aportes provenientes de toda la cuenca del mismo nombre, cuyo régimen es nivo-pluvial. Por lo tanto los mayores caudales instantáneos tienen lugar durante los meses de invierno e inicios del verano (diciembre-enero). Sin embargo, a pesar de esta situación, es en invierno donde las probabilidades de sufrir inundaciones aumentan, debido a la humedad presente en el suelo.

Los datos geomorfológicos recolectados, definen áreas susceptibles a sufrir estos eventos, que principalmente se localizarían en las zonas correspondientes





a los primeros niveles de terrazas marinas presentes en el área. Fue posible acceder a datos de caudales del Maipo (provenientes de la estación de cierre de la cuenca), además de precipitaciones de la estación Punta Panul. Cabe destacar,

que los montos de caudal y precipitación podrían verse afectados debido a la variabilidad climática que experimenta la zona centro-norte.

Las inundaciones fluviales que afectan el curso inferior podrían ser mitigadas manteniendo la cubierta arbórea y arbustiva de la zona ribereña presente en la planicie de inundación, ya que representan una posibilidad natural de reducir el impacto de posibles inundaciones. Sin embargo la legislación chilena no contempla la protección de la cobertura vegetal en estas zonas a pesar de los servicios ecosistémicos que en casos de inundaciones pueden brindar. Además es clave la restricción de realización de proyectos de construcción habitacional en las zonas definidas de peligrosidad por inundación, sin los estudios que levanten o minimicen las áreas de peligrosidad de inundación. Las actividades agrícolas que se desarrollan en el área, aprovechando las potencialidades de los suelos podrían seguir desarrollándose, sin embargo se recomienda la utilización de seguros agrícolas ante eventuales pérdidas.

**Financiamiento:** Secretaría Ministerial de Vivienda y Urbanismo, Región de Valparaíso, Gobierno de Chile.

### Referencias

- APARICIO, F. Fundamentos de hidrología de superficie. Noriega: México. 1989.
- ARMAN, H., YUKSEL, I., SALTABAS, L., GOKTEPE, F., AND SANDALCI, M. Overview of flooding damages and its destructions: a case study of Zonguldak-Bartın basin in Turkey. *Natural Science*. 4 (2), 409-417, 2010.
- ARRIAGADA, J. "Análisis morfofénico del estuario del río Maipo y su relación con las obras portuarias. Caso de San Antonio". Universidad de Chile, Santiago: 44 pp. 2003.
- CAMARASA, A. Crecidas e inundaciones. En: Ayala-Carcedo, F. Olcina, J. (coord.). Riesgos Naturales. Ariel S.A.: Barcelona. 2002
- CHOW, V.T.; D.R. MAIDMENT Y L.W. MAYS. Hidrología Aplicada. McGraw-Hill, 580 pp. 1994.
- DGA. Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del río Maipo [versión electrónica]. Ministerio de Obras Públicas, Santiago: 201 pp, 2004.
- DÍEZ, H. LAÍN, H. LLLORENTE, I. Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones: Guía metodológica para su elaboración. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid: 190 pp. 2008.
- DJORDJEVIC, S., BUTLER, D., GOURBESVILLE, P., MARK, O., AND PASCHE, E. New policies to deal with climate change and other drivers impacting on resilience to flooding in urban areas: the CORFU approach. *Environmental Science & Policy*, 14, 864-873, 2011.
- GEIS, D. AND STEEVES, B. Flood Hazards. *J A E*, 33 (4). 28-31, 1980.

- KELLER, E. Y BLODGETT, R. Riesgos Naturales: Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes. Trad. Gil, P. Madrid: Pearson Prentice Hall. 2007
- LEOPOLD, L., WOLMAN, M., AND MILLER, P. Fluvial processes in Geomorphology. San Francisco, Freeman. 522 pp.1964.
- NIEMEYER, H. Y CERECEDA, P. Hidrografía. En: Instituto Geográfico Militar (Ed), Santiago: 320 pp. 1984.
- OLLERO, A. Crecidas e inundaciones como riesgos hidrológico (1997). Un planteamiento didáctico [en línea]. En: Lurralde investigación especializada N° 20. Consultado el 30 de agosto de 2009. De: <http://www.ingeba.euskalnet.net/lurralde/lurranet/lur20/20ooller/ollero20.htm>

[24]

## Acidentes Naturais e Cenários Sociodemográficos: Estudo de Caso para o Estado do Paraná, Brasil

Clovis Ultramari\*, Beatriz Hummell\*\*

### Resumo

EM ANÁLISE REALIZADA a partir de revisão conceitual sobre questões relativas a acidentes naturais e antrópicos, os autores discutem as relações entre esses acidentes, suas distribuições espaciais e o cenário demográfico que os compreende. O recorte histórico é 2004-2010. O recorte geográfico é o estado do Paraná (Brasil), acreditando-se poder contribuir para discussões também em outros, sobretudo aqueles que contam com adensamento populacional em áreas metropolitanas, baixo crescimento ou mesmo esvaziamento em um grande número de municípios do interior e pressão localizada em determinados pontos deste mesmo território sobre recursos naturais. Dos resultados preliminares obtidos, destacam-se quatro aspectos: um maior contingente de pessoas atingidas em municípios com taxas de crescimento próximas à média do estado; uma grande concentração de ocorrências adversas nos municípios da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) e naqueles com maior volume demográfico; uma quase monotipologia em termos de acidentes, que se concentram na classificação de quatro tipologias (vendavais, acidentes com meios de transportes, estiagens e granizos); e outra quase monotipologia em termos de número de pessoas afetadas, com grande concentração em quatro tipologias (estiagens, vendavais, enxurradas, e granizos).

**Palavras-chave:** Acidentes naturais; vulnerabilidade sociodemográfica; Paraná, Brasil.

\* Arquiteto, professor junto ao Curso de Arquitetura e Urbanismo e do Curso de Mestrado em Gestão Urbana da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). ultramari@yahoo.com.

\*\* Arquiteta, doutoranda do Programa de Pós-graduação em Gestão Urbana da PUCPR. hummellb@yahoo.com.br

## Introdução

O ASPECTO SOCIAL relacionado à vulnerabilidade aos desastres naturais envolve diversas questões relacionadas às peculiaridades de cada lugar. No Brasil, parece ainda não ser possível compreender totalmente essa relação complexa, sendo necessário explorar aspectos ao longo de seu território que permitam a construção de cenários que possam contribuir com a formulação de políticas públicas. A partir de uma revisão conceitual sobre questões relativas a acidentes naturais e antrópicos, os autores discutem as relações entre esses acidentes, suas distribuições espaciais e o cenário demográfico que os compreende.

Os desastres são comumente relacionados a fenômenos inesperados e consequências indesejados, seja por gerar impactos sobre infraestruturas físicas esocioeconômicas de uma cidades, seja por fatores como os danos causados à produção e escoamento agrícola em áreas de caráter rural. Além disso, uma terceira característica parece tradicionalmente acompanhar o conceito de desastre: a velocidade com que os danos ocorrem e os impactos se confirmam. Se, todavia, perda de vidas, perda de valores econômicos e constituição de barreiras para a continuidade das relações sociais e atividades econômicas constituem as características mínimas para a confirmação de um desastre (o que por sua vez, é antecedido por uma situação de risco), não são suficientes. O fato de tais eventos ocorrerem em curto espaço de tempo, ou seja, provocando danos de modo imediato, também deve ser considerado, uma vez que se relacionam diretamente com o sucesso de ações de socorro, mitigação e mesmo de reconstrução.

O fenômeno da velocidade em que um acidente ocorre e que seus impactos se façam sentir é aqui valorizado, acreditando-se que pode até mesmo influenciar na resposta de comunidades externas a esse mesmo acidente na prestação de ajuda aos afetados. Tal valorização se justifica pela importância da forma como um desastre é incorporado pela mídia e pela sua capacidade de sensibilizar agências e indivíduos doadores. Propõe-se duas principais hipóteses ao explorar a questão relativa à velocidade com que estes eventos acontecem: há os imediatos e facilmente observáveis e aqueles ironicamente lentos, comumente pouco perceptíveis e pouco convincentes de sua gravidade. A primeira hipótese coloca que as comunidades atingidas pela tipologia de desastres que acontecem de forma imediata e inesperada contam com maiores chances de internalização de recursos da parte de comunidades e instituições sensíveis à ajuda. A segunda hipótese, relacionada à tipologia dos desastres que ocorrem de forma lenta e pouco perceptível, é a de que corre-se o risco de a sociedade envolvida ainda não se sensibilizar pelas consequências desses eventos devido ao fato de ocorrerem de modo gradual e mesmo com alguns retrocessos positivos, mascarando uma gravidade. É importante colocar, ainda, que o perfil

temporal de um desastre pode ser sintetizado da seguinte maneira: primeiro, por impacto imediato e perceptível; segundo, por um impacto negativo crescente que se impõe a uma comunidade; e, terceiro, por uma recorrência que pode permitir convivências e ampliar resiliências. Mais comumente, o que se observa é a combinação dessas três características, dificultando o entendimento sobre os resultados danosos de um acidente.

Ressalta-se aqui a relação entre vulnerabilidade e aspectos socioeconômicos das populações afetadas pelos desastres naturais, e o entendimento da vulnerabilidade como uma construção social. É importante compreender que pode-se falar não apenas de áreas frágeis e mais sujeitas aos efeitos dos desastres (tal qual em estudos estritamente ambientais ou mesmo da geografia física) mas também de sociedades mais ou menos vulneráveis a esses mesmos eventos adversos. Dessa forma, uma mesma quantidade de chuva em municípios diferentes ou distintas áreas da cidade, pode implicar em maior ou menor submissão a fenômenos naturais similares. Medidas adequadas de ocupação do território, assim como de prevenção em termos de monitoramento, alerta e preparo da população para situações de risco influenciam sobremaneira na redução dos prejuízos; todavia, a literatura especializada tem, mais e mais, valorizado a estreita relação entre padrão socioeconômico e sujeição a fenômenos adversos. Contudo, é importante apontar que nem todas as situações de carência socioeconômica indicam vulnerabilidades a fenômenos adversos e de que nem todas as sociedades pouco vulneráveis não sejam carentes. Ressalta-se, ainda, que a vulnerabilidade não está, obrigatoriamente, relacionada a uma situação negativa. Ao contrário, o conceito aceita a ideia de uma mudança benéfica como, por exemplo, uma melhor capacidade para incorporar os benefícios de uma determinada política pública. Situações preliminares positivas podem assim indicar uma melhor vulnerabilidade de uma população para potencializar ganhos, incrementar resultados e impor sustentabilidade temporal a eventuais ganhos decorrentes de programas de assistência.

### **Desenvolvimento experimental**

A metodologia utilizada consiste na análise de dados relativos às variáveis relacionadas aos desastres, como o número de tipologias e ocorrência de desastres e número de vítimas decorrentes desses eventos, e sociais, como taxa de crescimento populacional e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M). Os conceitos utilizados são os de acidentes, desastres, emergência, reabilitação e reconstrução – encontrados em documentos de caráter técnico-normativo utilizados pelos Serviços de Defesa Civil nacionais e estrangeiro – assim como o de vulnerabilidade – que vem sendo recorrentemente discutido

entre pesquisadores e construído a partir de uma forte relação entre risco e situação social.

A despeito de se trabalhar com informações sobre acidentes com impactos na área urbana e rural, prioriza-se a discussão das questões urbanas devido, primeiro, à formação dos autores e, segundo, pela evidente maior concentração dos impactos desses fenômenos nas cidades, traduzida em maior número de pessoas atingidas. O recorte temporal utilizado é de 2004 a 2010, considerando a contagem da população 2010. O recorte geográfico é o estado do Paraná, acreditando que possa contribuir para discussões também em outros, sobretudo aqueles que contam com adensamento populacional em áreas metropolitanas, baixo crescimento ou mesmo esvaziamento em um grande número de municípios do interior e pressão localizada em determinados pontos deste mesmo território sobre recursos naturais.

### Resultados

Ao espacializar variáveis sociais e relacionadas aos desastres no território do estado do Paraná, obtiveram-se resultados que permitem observar principalmente quatro aspectos. Primeiramente, é possível notar um maior contingente de pessoas atingidas em municípios com taxas de crescimento próximas à média do Estado (1,1% a.a.). Além disso, os baixos IDH-M observados nas regiões centrais do estado se sobrepõem a baixas taxas de crescimento e a um menor número de situações naturais adversas. Reversamente, situações adversas são recorrentemente observadas em regiões de grande dinâmica econômica que sugerem a necessidade não apenas de políticas sociais para enfrentamento dessas situações, mas, igualmente, de medidas que possam implicar em reconversões da produção agrícola ou industrial.

O segundo aspecto a ser observado, a despeito de uma média de 4,0 ocorrências adversas por município ao ano, observa-se uma grande concentração de um maior número de ocorrências de eventos adversos nos municípios da RMC (com destaque ainda maior para seu polo) e naqueles com maior volume demográfico. Nestes municípios, observam-se uma ocupação adensada, extensas áreas com população carente, e concentração de atividades econômicas e políticas que podem potencializar os impactos de um determinado fenômeno adverso. De um total de 2.384 eventos adversos no estado para o período analisado, 312 ocorrem na RMC e 76 em Curitiba (município com maior número de ocorrências).

O terceiro aspecto a ser observado é relativo a uma quase monotipologia dos acidentes registrados no estado do Paraná. De um total de 52 tipologias de acidentes observadas no período analisado, uma grande parte do número de

ocorrências registradas concentram-se em quatro tipologias: vendavais, com 536 ocorrências registradas; acidentes com meio de transportes, com 604 ocorrências; estiagens, com 240 ocorrências; e granizos, com 186 ocorrências.

O quarto e último aspecto a ser observado relaciona-se a outra quase monotipologia relativa, agora, ao número de afetados. De um total de 2 milhões de pessoas afetadas no estado no período analisado, observa-se a concentração de um grande número desses em quatro tipologias de acidentes: estiagens, afetando 1 milhão de pessoas; vendavais, afetando 549 mil pessoas; enxurradas, afetando 447 mil; e granizos, afetando 280 mil.

A partir do estudo realizado pode-se entender que, para o caso de territórios como o do estado do Paraná, aproximações feitas por indicadores como o IDH-M (se conscientes de suas limitações) podem colaborar na compreensão das manchas de maior vulnerabilidade socioeconômica, ainda que generalizadas para o universo de municípios. Num segundo momento, a determinação de manchas internas a esses municípios, segundo informações também de caráter socioeconômico poderiam contribuir da determinação de medidas preparatórias a acidentes, assim como na melhor definição de medidas de emergência, reabilitação e reconstrução. De acordo com a espacialização mostrada para o estado, os maiores números de ocorrências ocorrem precisamente nos municípios com maior volume demográfico. Entretanto, os maiores números de pessoas afetadas - com exceção de Curitiba - demonstram uma configuração diferente. Se essa situação é aparentemente paradoxal em termos matemáticos, pode ser explicada por uma possível melhor capacidade de proteção de suas populações, considerando que são esses mesmos municípios maiores que contam com indicadores sociais e econômicos mais altos.

### Conclusões

O artigo, propositadamente, mescla uma discussão teórica sobre acidentes e seus impactos com um estudo de caso que foi o do estado do Paraná. Seu objetivo é iniciar uma discussão, com fins de determinação de políticas públicas, a respeito da situação específica do Paraná em termos de acidentes e seus impactos diferenciados no território, tanto do ponto de vista da organização espacial como da distribuição e diferenciação populacional.

Em termos específicos da correlação sóciodemográfica com os acidentes observados no estado do Paraná no período analisado, algumas questões merecem ser ressaltadas. Primeiramente, o fato de o maior contingente de pessoas afetadas se encontrar em municípios com taxas de crescimento superiores à média do estado (1,1% a.a.). Esse fato, ao combinar situações de emergência crescentes, pode confirmar problemas na forma como a dinâmica de ocupação do



solo vem ocorrendo (sobretudo nos acidentes de ordem urbana). Esse fato é confirmado com destaque para os municípios da RMC, os quais contam com maiores pressões de ocupação e de uso sobre seus territórios.

Em segundo lugar, chama a atenção, conforme visto, a quase monotipologia dos acidentes observados no estado, concentrando-se em vendabais, acidentes com meios de transportes, estiagens e erosão. Apesar da complexidade que se observa em termos de incremento de tipos de acidentes ao longo do período analisado, a concentração em alguns tipos permite um melhor conhecimento de seus impactos e, portanto, uma formulação de ações de emergência melhor caracterizada.

Em termos de limitações analíticas observadas na elaboração deste trabalho, merece destacar a necessidade de uma cartografia mais detalhada da ocorrência dos acidentes, sobretudo em termos de área urbana e rural. Do mesmo modo, seria imprescindível contar com indicadores sociais e econômicos em escala apropriada para as necessárias correlações e a adoção apropriada do conceito social de vulnerabilidade.

### Referências

- ALEXANDER DAVID. Terrorism, Disasters, and Security. University of Wisconsin. *Journal of Prehospital and Disaster Medicine*. 2003;18(3):165-169.
- ALVES, H.; TORRES, H. Pobreza e Risco Ambiental em São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de vulnerabilidade sócio-ambiental. Paper apresentado no Workshp População e Meio Ambiente: metodologias de abordagem. Campinas: ABEP/NEPO-Unicamp, 2005.
- BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Decreto No 5.376 / 17 dez., 2005  
\_\_\_\_\_. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Relatórios Anuais. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/situacao/municipios.asp>>. Acesso em: 10 de out. 2011.
- BULLARD, R.D., AND WRIGHT, BEVERLY. (2005). "The Real Looting: Katrina Exposes a Legacy of Discrimination and Opens the Door for Disaster Capitalism." Disponível em: <[http://www.seeingblack.com/2005/x101105/411\\_oct05.shtml](http://www.seeingblack.com/2005/x101105/411_oct05.shtml)>. Acesso em: 29 ago. 2006
- CARRASCO, F. Estratégias de desarrollo social en situaciones de desastre. *Revista Mexicana de Sociologia*, Ciudad de Mexico, V. 53, N. 4, pp. 11-24, oct.dic. 1992.
- DIAMOND, J. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. NYC: Viking Penguin, 2004. IFRCRCS / International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Iran: Bam Earthquake Final Report. Disponível em: <[http://www.ifrc.org/cgi/pdf\\_appeals.pl?03/2503interimfinal.pdf](http://www.ifrc.org/cgi/pdf_appeals.pl?03/2503interimfinal.pdf)>. Acesso em: jun. 2007
- JOVEL, ROBERTO, Natural Disasters and their socioeconomic effects, in ECLAC Review, number 38, ECLAC, Santiago de Chile, 1989.

- MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D.J. As dimensões da vulnerabilidade. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, Fundação Seade, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan./mar. 2006. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br>>; <<http://www.scielo.br>>.
- MATTEDI, ANTÔNIO MATTEDI; BUTZKE IVANI CRISTINA. A relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e de desastres. Revista Ambiente & sociedade, no.9 Campinas Jul. / Dez. 2001 POPPER, K.R. 1990. A world of propensities. Thoemmes, Bristol.
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Relatório de Desenvolvimento Humano, 2005. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/>>. Acesso em: 17 de nov. 2008.
- RELIEF WEB, 2007. French watchdog says reallocate excess tsunami AID. Disponível em: <<http://www.reliefweb.int>>. Acesso em: fev. 2008.
- SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL, Portarias de Reconhecimento de Situação de Emergência e Estados de Calamidade Pública, 2003-2007. Disponível em: <[www.defesacivil.gov.br](http://www.defesacivil.gov.br)>. Acesso em: fev. 2008.
- TIME MAGAZINE. July, 28, 1976, Vol. 154 No. 12. Tangshan: Earthquake, July 28, 1976, an Ominous Rumbling. Disponível em: <<http://www.time.com>>. Acesso em: 27 set. 2007.
- ULTRAMARI, CLOVIS E REZENDE, DENIS. (2007). Urban Resilience And Slow Motion Disasters. City & Time 2 (3): 5. [online] URL: <<http://www.ct.cecibr.org>>.
- WHO / WORLD HEALTH ORGANIZATION. Country Emergency Situation Profile: Bangladesh, 2001. Disponível em: <[http://www.searo.who.int/LinkFiles/Country\\_Emergency\\_Situation\\_Profiles\\_Bangladesh.pdf](http://www.searo.who.int/LinkFiles/Country_Emergency_Situation_Profiles_Bangladesh.pdf)>. Acesso em: jan. 2007.

[25]

## Mapeamento de risco de deslizamentos em assentamentos precários em são paulo, brasil

Eduardo Soares De Macedo, Kátia Canil, Fabricio Araujo Mirandola,  
Fabiana Checchinato Silva, Alessandra Cristina Corsi  
and Marcelo Fischer Gramani.

A CIDADE DE São Paulo (Brasil), conta hoje com quase 11 milhões de habitantes, dos quais quase dois milhões vivem em cerca de 1600 assentamentos urbanos precários (favelas). Essas áreas ocupam a periferia da cidade, carente de infraestrutura. Além disso, situam-se em terrenos de encostas e margens de córregos que apresentam fragilidade frente a processos de deslizamentos e inundações. O problema é tão amplo e complexo que não é possível resolver tudo em curto prazo e, para tanto, deve ser sistematizado um plano de gestão para áreas de risco. Sendo assim, entende-se que o reconhecimento das áreas e o mapeamento das situações de risco, com base em critérios pré-definidos, constituem a base inicial dos trabalhos. Procurando atender essa demanda, a Prefeitura de São Paulo contratou o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), para realizar o mapeamento de risco em 407 áreas de encostas e margens de córregos sujeitas a deslizamentos e a processos de solapamento de margens, atendendo 26 das 31 subprefeituras do município, quais sejam, 07 na Zona Norte (com 107 áreas), 07 na Zona Sul (com 176 áreas), 02 na Zona Oeste (com 24 áreas) e 10 na Zona Leste (com 100 áreas). O zoneamento de risco executado permitiu a identificação de 1.179 setores de risco. A metodologia foi desenvolvida pelo IPT e é utilizada pelo Ministério das Cidades nos trabalhos dos planos de redução de riscos nas cidades brasileiras. Está baseada em fotografias aéreas oblíquas obtidas em voos de helicóptero. Em campo as equipes técnicas realizam avaliações geológicas e geotécnicas, conjugadas com características da ocupação. As áreas são classificadas em 4 níveis de risco, com indicação de medidas estruturais e não-estruturais para a solução dos problemas. Os resultados obtidos permitiram à administração municipal elaborar um plano estratégico de intervenções para redução e controle dos riscos mapeados.

[26]

# Áreas de vulnerabilidade de deslizamentos na cidade Caraguatatuba, Brasil: uma proposta de gerenciamento de riscos

Kátia Canil, Agostinho Tadashi Ogura, Alessandra Cristina Corsi  
and Marcos Jorgino Blanco.

O MUNICÍPIO DE Caraguatatuba, SP tem como uma de suas características naturais o substrato rochoso formado por rochas do embasamento cristalino. Essas rochas sustentam a escarpa da Serra do Mar e o relevo de morros presentes na área urbana municipal, com amplitudes variadas de até 900m e declividades acentuadas, maiores que 50%. A região é palco de elevados índices pluviométricos principalmente sob a influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul que causa chuvas de longa duração com picos de alta intensidade, responsáveis pela deflagração da maioria dos escorregamentos. Em 1967, um evento pluviométrico da ordem de 560 mm/48 horas, deu origem a escorregamentos generalizados nas encostas e corridas de detritos ao longo dos cursos d'água causando centenas de mortes, milhares de feridos e desaparecidos, destruição de moradias e interrupção da Rodovia dos Tamoios, denotando que o município apresentava uma alta vulnerabilidade à ocorrência desses processos. Além dos fatores naturais, as diferentes formas de ocupação do solo, caracterizadas por áreas de risco associadas aos núcleos urbanos com moradias de padrão precário, antigas áreas de empréstimo e de mineração, interferem direta e/ou indiretamente na dinâmica dos deslizamentos. Para reduzir as vulnerabilidades há necessidade de ações de planejamento, que compreendem medidas estruturais e não estruturais, para as 19 áreas de risco de escorregamentos mapeadas no município. As intervenções estruturais compreendem um conjunto de obras de engenharia e intervenções de cunho urbanístico, com vistas à redução das situações de risco. As intervenções não estruturais correspondem às ações de controle do uso e ocupação do solo; operação de planos preventivos de defesa civil, baseados no acompanhamento de condições pluviométricas adversas e o treinamento de equipes para atuar em situações de emergência.

[27]

## Mapa de riesgo para la salud en un área contaminada con hidrocarburos de México

Rosa Maria Flores-Serrano, Judith Guadalupe Ramos-Hernandez,  
Ana Alejandrina Castro-Rodríguez and Guillermina Perez-Casimiro.

**INTRODUCCIÓN:** En México no existen muchas referencias del uso de la percepción remota y los sistemas de información geográfica (SIG) para la generación de mapas de riesgo para la salud humana por exposición a sustancias presentes en sitios contaminados. En este trabajo se generaron mapas de concentraciones de hidrocarburos fracción pesada (HFP) como los define la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMAR-NAT/SSA-2003, con base en imágenes de satélite. Con estas concentraciones se hicieron cálculos de riesgo para la salud humana y los resultados se plasmaron en mapas de riesgo que pueden ayudar a la toma de decisiones en la gestión de sitios contaminados. **Objetivos:** Generar un mapa de riesgo para la salud humana por exposición a HFP para un sitio contaminado con hidrocarburos de México, aplicando métodos de percepción remota, sistemas de información geográfica y ecuaciones para el cálculo de riesgo. **Hipótesis:** Es posible generar mapas de confiables distribución de concentraciones de HFP por medio de percepción remota y SIG, que a su vez permitan calcular el riesgo para la salud. **Métodos:** Se seleccionó un sitio contaminado por hidrocarburos, cuya extensión es de aproximadamente 900 Ha. Se adquirieron imágenes de satélite del área de estudio y con los valores de reflectancia se obtuvieron índices de vegetación, suelo y agua e hidrocarburos. Con esta información se generó un mapa de distribución estimada de HFP con el cual se realizó una visita al sitio de estudio a fin de verificar su presencia en el campo. Se tomaron 17 muestras de suelo superficial (0-15 cm), las cuales se analizaron en un laboratorio certificado. **Resultados:** Las muestras de suelo confirmaron la presencia de HFP en los puntos seleccionados, y con estas concentraciones se definió la firma espectral. Se generó un mapa con 5 clases (intervalos) de concentración de HFP. Asimismo, con el SIG se generó un mapa de isolíneas de concentración. Las concentraciones definidas se usaron para hacer los cálculos de riesgo

con el programa RBCA Tool Kit for Chemical Releases v2.5e (GSI Environmental) con un escenario de exposición residencial. Los valores de riesgo obtenidos (cocientes de peligro) se reflejaron en los mapas de riesgo correspondientes a los intervalos de concentración. Conclusiones: Los mapas de riesgo para la salud humana obtenidos con métodos de percepción remota y SIG permiten tomar decisiones respecto a la ubicación de núcleos de población humana en sitios contaminados con hidrocarburos, con una menor inversión en tiempo y dinero. Sin embargo, los resultados obtenidos hasta el momento indican un porcentaje bajo de precisión (75%) lo cual se atribuye a la aplicación del método de escalamiento.

# IV

## GESTIÓN DE RIESGOS Y POLÍTICAS PÚBLICAS

- [28] Gestión del riesgo sanitario ante los efectos del cambio climático en la salud de grupos vulnerables en México
- [29] Reducción de Riesgos por Desastres y Resiliencia Social: Superando la Discriminación, la Vulnerabilidad Social y los Desastres en el Mundo y México
- [30] Vulnerabilidad y Gestión Local del Riesgo en pequeños sistemas litorales antropizados de la Patagonia
- [31] Programas de gerenciamiento de riesgos faunísticos
- [32] De cómo la integración entre niveles y actores puede proteger el derecho a la educación en situación de emergencia: el caso del Departamento de Córdoba
- [33] Experiencias en la Construcción de la Gestión del Riesgo en el Cañón del Río Páez
- [34] Perspectiva económica en el mercado del seguro obligatorio de bienes comunes
- [35] Riesgo a inundación y comunidades afectadas en la rivera del Río Hondo: frontera México – Belice – Guatemala
- [36] Disminución del riesgo ambiental por R.A.E.E.E: propuesta para un sistema integral estatal de gestión
- [37] Políticas de prevención y mitigación en la gestión de riesgos de desastres. El caso de la Ciudad de Santa Fe (Argentina)

[28]

# Gestión del riesgo sanitario ante los efectos del cambio climático en la salud de grupos vulnerables en México

Víctor Magaña Rueda\*, Guadalupe De la Luz González\*\*,\*\*\*,  
Rocío Alatorre Eden-Wynter\*\*, Matiana Ramírez Aguilar\*\*,  
Diana Ortiz Anaya\*\*, Alberto Román Rodríguez\*\*

## Resumen

MÉXICO ES UN país que por su ubicación geográfica y distribución de población a lo largo y ancho de su territorio, el cambio climático incide de manera directa e inmediata sobre varios de los determinantes importantes para la salud humana (aire, agua, suelo, alimentos y equilibrio de ecosistemas, entre otros); en México existen aproximadamente 18 millones de habitantes asentados en lugares de alto riesgo ante los eventos de inundación. Esto hace que 1/5 de la población del país, tenga uno de los grados de vulnerabilidad más alta ante las variaciones climáticas ocasionadas por los eventos de “El Niño - La Niña” o por las tendencias al aumento de eventos hidrometeorológicos extremos ocasionados por el calentamiento del planeta, así como exponiéndola a eventos importantes de riesgo sanitario como: incremento de enfermedades tropicales (dengue, paludismo, y diarreas, entre otros). El presente estudio Establece las relaciones (clima-salud) entre condiciones de temperatura y precipitación y ocurrencia de dengue en diversas regiones del país, evaluando los escenarios de cambio climático en diferentes tiempos y condiciones del clima regional durante los 11 años más recientes en México, en un esquema de gestión de riesgo. Para tal propósito. se utilizaron bases de datos de reportes de casos de enfermedades por municipio, se realizó la interpolación a puntos de malla comparables en resolución espacial a la de datos climáticos y escenarios de cambio climático regional, se trabajó con patrones de aparición de en-

\* Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

\*\* Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios de la Secretaría de Salud.

\*\*\* Correo electrónico: gdelaluz@cofepris.gob.mx



fermedades y se compararon con cambios en el clima, estableciéndose relaciones estadísticas en los campos con y sin desfase en el tiempo, para establecer una relación salud y clima que se aprovechó al momento de crear proyecciones de cambio climático y sus impactos en la salud de los mexicanos. Del análisis de casos de dengue en los últimos 10 años, se observó un incremento significativo del número de casos en México y aumento hacia septiembre y octubre, es decir al final de la temporada de lluvias. La cota de 1500 *msnm* marca la distribución del dengue en la mayor parte del territorio nacional, en diversas ciudades con reportes de dengue, los brotes aumentan cuando la humedad específica rebasa los 0.017 kg/k y cuando la humedad específica rebasa los 0.018 Kg/Kg por más de 30 días al año, se presentan condiciones propicias para que el número de casos nacionales aumente significativamente. Se concluye que existe una relación clara entre condiciones anómalas del clima y ocurrencia de enfermedades (dengue) en la República Mexicana, la tendencia es a mayor temperatura y mayor humedad específica, los casos de dengue se incrementan, los umbrales de Humedad Específica (y Temperatura) para condiciones de brotes de dengue se rebasan comúnmente en las zonas bajas del centro-sur del país. De no actuar para prevenir el riesgo, la cifra de casos anuales podría alcanzar el medio millón en veinte años por el efecto directo del calentamiento e incremento en la humedad específica.

**Palabras clave:** Cambio Climático, Grupos Vulnerables, Gestión, Riesgo Sanitario.

### Introducción

ES PROBABLE QUE el clima del siglo XXI sea perceptiblemente diferente del clima del siglo pasado debido a la influencia de los humanos en la atmósfera. Se espera que iniciativas como la del protocolo de Kioto, reduzcan los impactos de los cambios, pero aun así, habrá anomalías significativas en temperatura o precipitación que tengan el potencial de afectar la calidad de vida de las personas. En el corto plazo, los cambios en el clima serán percibidos principalmente por incremento en frecuencia e intensidad de algunos tipos de eventos extremos. Aguaceros intensos, sequías, ondas de calor, y algunos otros tipos de condiciones extremas del clima tienden a afectar la salud de las personas.

México es un país que por su ubicación geográfica y distribución de población a lo largo y ancho de su territorio, el cambio climático incide de manera directa e inmediata sobre varios de los determinantes importantes para la salud humana (aire, agua, suelo, alimentos y equilibrio de ecosistemas, entre otros); en México existen aproximadamente 18 millones de habitantes asentados en lugares de alto riesgo ante los eventos de inundación. Esto hace que 1/5 de la población del país, tenga uno de los grados de vulnerabilidad más alta ante las variaciones climáticas ocasionadas por los eventos de “El Niño - La Niña” o por las tendencias al aumento de eventos hidrometeorológicos extremos

ocasionados por el calentamiento del planeta, así como exponiéndola a eventos importantes de riesgo sanitario como: incremento de enfermedades tropicales (dengue, paludismo, y diarreas, entre otros).

En la actualidad, en México se carece de conocimiento científico sobre las relaciones clima salud que permitan hacer políticas públicas de adaptación en el sector. A través de la Organización Mundial de la Salud (OMS) se sabe que los riesgos para la salud que entraña el cambio climático son considerables. Los factores de riesgo y las enfermedades relacionadas a condiciones extremas del clima figuran hoy entre las más importantes causas de la carga mundial de morbilidad para varios padecimientos.

Este estudio establece las relaciones clima – salud en México, con énfasis en los casos de dengue, a nivel regional, con la finalidad de construir escenarios de los impactos del cambio climático con y sin estrategias de adaptación en un plazo de veinte a cincuenta años. Los escenarios de cambio climático, particularmente para eventos climáticos extremos, son necesarios para todos los aspectos de planeación por sector, región y grupo social, donde el tiempo y el clima son determinantes en la vida cotidiana. El reto es por tanto proveer información de los cambios probables del clima incluyendo los eventos extremos y establecer relaciones entre éstos y la aparición de enfermedades.

### **Métodos ó Desarrollo experimental**

Con las bases de datos de reportes de casos de enfermedades por municipio, se realizó la interpolación a puntos de malla comparables en resolución espacial a la de datos climáticos y escenarios de cambio climático regional, se trabajó con patrones de aparición de enfermedades y se compararon con cambios en el clima, estableciéndose relaciones estadísticas en los campos con y sin desfase en el tiempo, para establecer una relación salud y clima que se aprovechó al momento de crear proyecciones de cambio climático y sus impactos en la salud de los mexicanos.

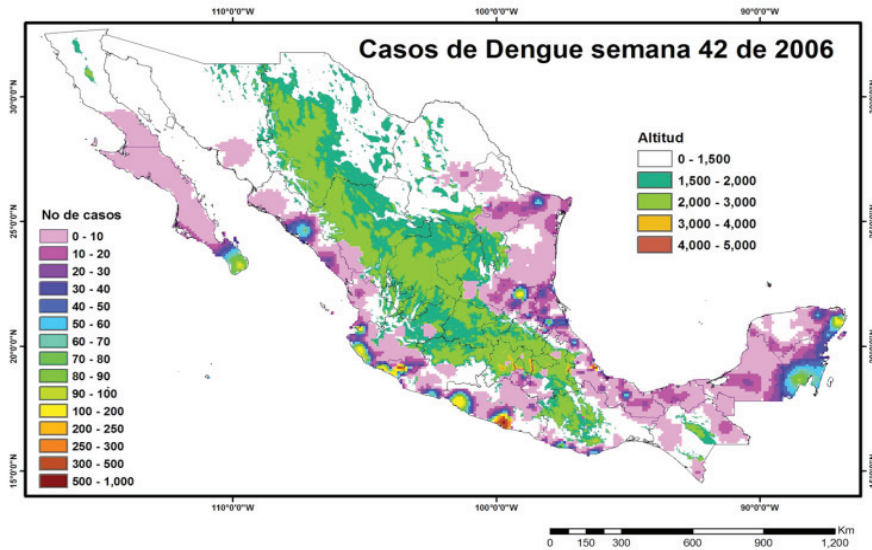
Con la información histórica del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica y de Egresos Hospitalarios de la Secretaría de Salud, se procedió a realizar una interpolación a puntos de malla comparables en resolución espacial con los datos climáticos y los escenarios de cambio climático regional. De esta manera, se logró sistematizar el manejo de las bases de datos y las comparaciones con diagnósticos, pronósticos climáticos estacionales o escenarios de cambio climático que se realizó de forma simplificada.

Se trabajó con los patrones de aparición de enfermedades y se comparó con los de clima estableciéndose relaciones estadísticas en los campos con y sin desfase en el tiempo. De esta manera se estableció una relación en salud y

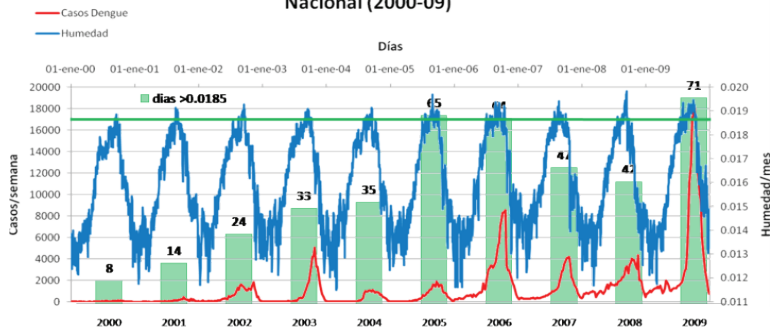
clima que se aprovechó al momento de crear proyecciones de cambio climático y sus impactos en la salud de los mexicanos. La resolución temporal para los diagnósticos del clima actual fue semanal y para las proyecciones de clima fue mensual de los once años más recientes.

Las relaciones entre clima y salud se probaron a la luz de condiciones climáticas extremas como las ocurridas durante episodios recientes de El Niño y La Niña. Se realizó una validación puntual de la relación entre patrones espaciales comparándola con algunos reportes especiales de situaciones en que se rebasaron ciertos valores del percentil noventa, considerado como umbral de valores extremos, tanto para clima como para reportes de enfermedades.

### Resultados



**Casos de dengue y Humedad absoluta Nacional (2000-09)**

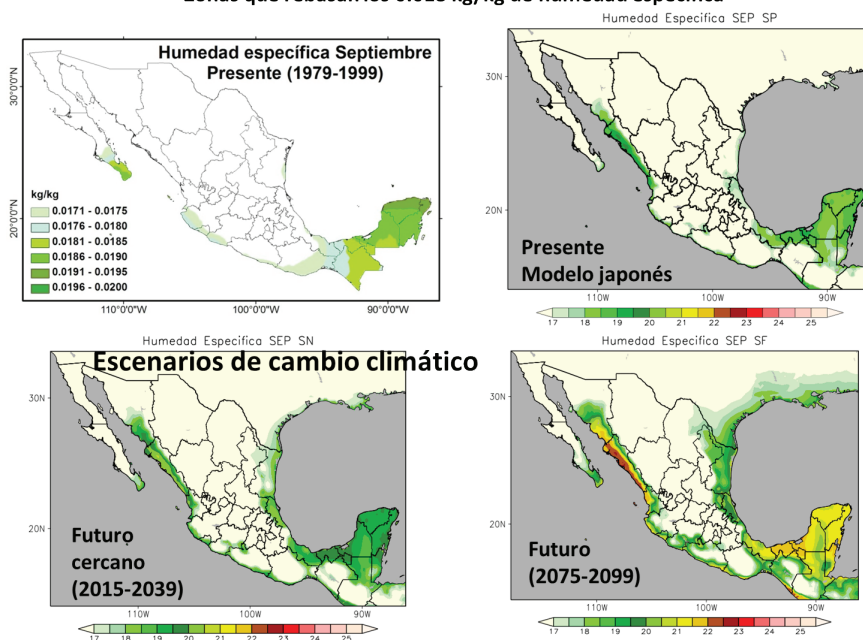


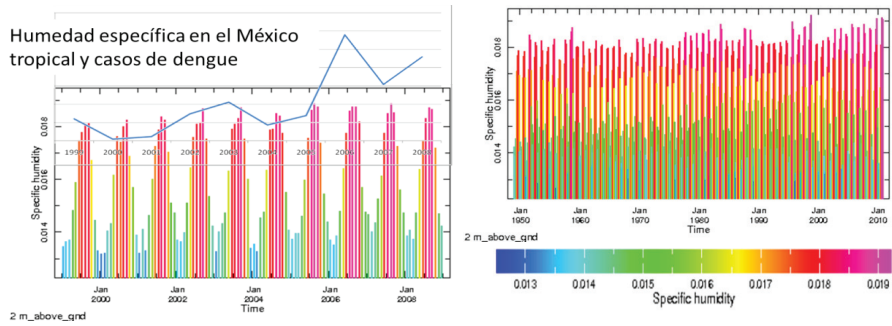
En los últimos 10 años el número de casos de dengue se incrementó en México y aumento hacia septiembre y octubre, es decir al final de la temporada de lluvias. La cota de 1500 *msnm* marca la distribución del dengue en la mayor parte del territorio nacional, en diversas ciudades con reportes de dengue, los brotes aumentan cuando la humedad específica rebasa los 0.017 kg/kg y cuando la humedad específica rebasa los 0.018 kg/kg por más de 30 días al año, se presentan condiciones propicias para que el número de casos nacionales aumente significativamente.

La relación entre condiciones anómalas del clima y ocurrencia de enfermedades (dengue) en la República Mexicana, mediante comparación de patrones clima – salud, se incrementan, observando de forma especial condiciones tipo El Niño y La Niña.

Las relaciones que se establecieron fueron evaluadas con los escenarios probabilísticos de ensamble de cambio climático, para contar con una primera proyección del impacto del calentamiento del planeta en el sector salud. La relación se podrá re-evaluar si se establecen los impactos de estrategias de adaptación. En diversas ciudades con reportes de dengue, los brotes aumentan cuando la humedad específica rebasa los 0.017 kg/kg. Una temporada de lluvias intensas genera una fuente de humedad que permite la propagación del mosquito del dengue. En algunos casos, es un evento de precipitación extrema (huracán) es el que dispara las condiciones de humedad elevada.

#### Zonas que rebasan los 0.018 kg/kg de humedad específica





La tasa de incremento de humedad específica en la segunda mitad de siglo XX fue de aproximadamente 10%/década, pasando de máximos de humedad específica de menos de 0.018 kg/kg a máximos por arriba de 0.020 kg/kg. Con un incremento de 10% por década en humedad específica, en alrededor de 20 años podrían presentarse más de medio millón de casos en México por únicamente por efecto de cambio en el clima, si no se actúa preventivamente.

### Conclusiones

Se encontró una relación clara entre condiciones anómalas del clima y ocurrencia de enfermedades (dengue) en la República Mexicana, la tendencia es a mayor temperatura y mayor humedad específica, los casos de dengue se incrementan, los umbrales de Humedad Específica (y Temperatura) para condiciones de brotes de dengue se rebasan comúnmente en las zonas bajas del centro-sur del país. De no actuar para prevenir el riesgo, la cifra de casos anuales podría alcanzar el medio millón en veinte años por el efecto directo del calentamiento e incremento en la humedad específica.

### Referencias

- CICC, 2007. Estrategia Nacional de Cambio climático. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Secretaría Técnica. SEMARNAT, México. [http://www.semarnat.gob.mx/quessemarnat/politica\\_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/quessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx)
- CMNUCC, 1992. Convenio marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático. FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62301 (S) 220705. Naciones Unidas, Nueva York. <HTTP://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- MAGAÑA, V. 1999. Los impactos del Niño en México, Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM y SEGOB, México.

- STERN, N. 2007. La Economía de Cambio climático. Revisión. Cambridge Univ. Prensa, Cambridge [http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/sternreview\\_backgroundtoreview.cfm\\*terms](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_backgroundtoreview.cfm*terms).
- UNFPA, 2005. El Estado de la población mundial, 2005. La promesa de igualdad: equidad de salud amable, reproductiva y Objetivos de Desarrollo del Milenio. Fondo de Población de las Naciones Unidas, Ginebra, Suiza.
- SALUD: MÉXICO SOO. SSA. Información para la rendición de cuentas PROGRAMA NACIONAL DE SALUD 2007 - 2012. SSA. 2007.
- SALUD PÚBLICA DE MÉXICO. 2007 Agentes contaminadores ambientales y salud.

[29]

# Reducción de Riesgos por Desastres y Resiliencia Social: Superando la Discriminación, la Vulnerabilidad Social y los Desastres en el Mundo y México

Úrsula Oswald Spring

## Resumen

FACTORES PSICOLÓGICOS Y relaciones de poder generan comportamientos discriminativos, que agravan situaciones complejas de desastres, limitan comportamientos preventivos y solidaridad en momentos críticos. Durante la fase de reconstrucción, estos comportamientos limitan la atención a personas socialmente vulnerables. Discriminación significa un trato dañino y desigual hacia una persona o grupo que se basa en prejuicios. Es un proceso de rechazo del otro, enfatizando atributos específicos como raza, género, edad, estatus, clase, casta, migrante, refugiado o minusválido. Discriminación es socialmente construido e introduce a personas a identificarse con la ideología de su propio grupo y rechazar la del otro mediante estereotipos que definen cómo comportarse, pensar y actuar. Por ello, un sistema de valores, ideas, creencias y práctica subyace a la discriminación.

México es un país altamente expuesto a riesgos naturales y conflictos socio-políticos. Entrenamientos psico-culturales, talleres y empoderamiento de personas discriminadas han contribuido a reducir su vulnerabilidad social y a mejorar su capacidad de resiliencia con respuestas muy efectivas de DRR desde abajo. Han mejorado su bienestar, salud y seguridad personal al consolidar las redes sociales existentes y al crear nuevas durante y después de desastres.

**Palabras claves:** discriminación, vulnerabilidad social, entrenamiento, reducción de riesgos en desastres (DRR)

\* Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM, México (2026 palabras)

## Introducción

DURANTE 2010 SE han incrementado el número de desastres, los muertos y los daños materiales (MunichRe 2012). La magnitud de los impactos ha llevado a científicos, gobiernos y empresas a entender las vulnerabilidades sociales, cuando un mismo evento tenía impactos totalmente diferentes entre grupos sociales. La discriminación agrava situaciones durante desastres. Estudios empíricos (Ariyabandu/Fonseca 2011; Oswald 2008) mostraron además que personas expuestas a eventos extremos han desarrollado resiliencia (Wisner 2004), mediante aprendizajes propios y organización social (Oswald 1991, 2009, 2012; MST 2005). Estas se fortalecieron con apoyos gubernamentales y el combate a prácticas discriminativas.

Primero se conceptualiza la discriminación, después se establece una tipología de discriminación, se analizan los procesos de identidad y representaciones sociales (RS), mirando cómo la vulnerabilidad social (VS) se incrementa por valores, creencias y hábitos. Se concluye que reducción de desastres, alerta temprana y DRR mitigan los impactos de desastres.

### ¿Qué es Discriminación?

*Discriminare* y implica un comportamiento desigual, capaz de mejorar o limitar una determinada situación. Se entiende como trato peligroso e injusto hacia una persona o grupo basado en el prejuicio. Es la diferencia entre normas y comportamientos, realidades y entendimientos socialmente aceptados y comportamientos diferentes. Discriminación es un proceso de rechazo del otro, al enfatizar en atributos diferentes, mediante comportamientos, pensamientos y acciones. Personas que discriminan obtienen beneficios emocionales y materiales, llamada malicia.

La complejidad de la vida induce a personas a simplificar su comportamiento al identificarse con la ideología de su grupo y rechazar la del otro; un proceso generalmente invisible e inconsciente. Se utiliza para consolidar el *status quo* y poner obstáculos a individuos que buscan caminos alternativos. Se basa en estereotipos que crean modelo cómo pensar, comportarse y actuar. Estos hábitos disciplinan, pero simplifican demasiado situaciones complejas de la vida. Utilizan circunstancias culturales para justificar comportamientos desiguales con otras razas, naciones, profesiones o grupos sociales.

Durante desastres, discriminaciones históricas por pobreza, estructuras anti-democráticas y abandono se manifiestan e incrementan la VS de estos grupos. Limitan alertas tempranas y ayudas durante emergencias e impiden desarrollos sustentables durante la recuperación.



### 3. Tipología de Discriminación

- Discriminación tiene grados diversos y se presenta sobretodo en:
  - género
  - raza, color, etnia, religión, orientación sexual
  - clase, casta, condiciones socioeconómicas
  - edad (niños, adolescentes, ancianos)
  - minusválidos, enfermos
  - migrantes, refugiados
  - institucional y política (gobierno, agencia de ayuda, donadores)

#### Análisis

Discriminación de género aumenta la VS; durante emergencias las mujeres presentan mayor riesgo. En Aceh Besar los hombres sobrevivieron de 3:1 (Oxfam, 2005) a mujeres y en Sri Lanka representaban 65,3% de las muertes (Birkman, 2006), al igual que durante el terremoto de Kashmir (Ariyabandu/Fonseka 2011). En campos de refugiados se establecieron los baños para mujeres y hombres lejos de las tiendas, lo que facilitaba violaciones durante la noche, donde Darfur es un caso extremo de violencia de género. Después de huracanes en México faltaban toallas higiénicas en los *kits* de emergencia, dado que la mayoría de encargados son hombres sin estas necesidades.

Racismo es un sistema de creencia, donde diferencias biológicas determinan oportunidades sociales, al declarar una raza superior a la otra, lo que justifica su dominación. La discriminación se expresa además mediante prejuicios no escritos y estereotipos y crean desventajas para grupos minoritarios. Particularmente afectadas fueron mujeres *Dalit* durante el tsunami, quienes antes se ganaban la vida reparando las redes de pescadores de castas más altas. Cuando buscaban agua y alimentos después del desastre fueron violentamente rechazadas. Muchas murieron después del tsunami. Cuando los pescadores debían reubicarse tierras más adentro, quitaron las tierras a los *Dalit* y la mayor cercanía genera brotes de violencia.

Pertenecer a la tercera edad después del tsunami implica múltiples discriminaciones. Los ancianos habían recibido poca ayuda, aquellos con movilidad limitada no tenían sillas de rueda, bastones, lentes y no podían dormir en colchonetas en el piso. Polvo y ruidos del campamento aumentaba su tos y faltaban medicamentos contra la diabetes. Antes del desastre los ancianos ganaban su sostén; después los empleos escaseaban y se daban a los jóvenes. Personas con VIH-SIDA desarrollan frecuentemente otras enfermedades debido a su sistema inmunológico deprimido (UNAIDS/WHO 2006). Es una enfermedad

estigmatizada que genera rechazo en campos de refugiados sin privacidad. En espacios abiertos se reconoce estos enfermos y se les obligadas a abandonar el refugio. Por falta de retrovirales y la atención médica se mueren rápidamente. Durante huracán Katrina los latinos se enfrentaron a discriminación institucional, cuando la Cruz Roja expulsó a latinos de refugios por ser ilegales. El gobierno de G.W.Bush utilizó la emergencia para deportar a latinos sin documentos.

A pesar de complejas situaciones étnicas y de castas, los gobiernos tienen la obligación durante emergencias a atender todos sus ciudadanos. La mayoría de países ha ratificado la Convención Internacional sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación Racial y muchos países han removido prácticas de discriminación de género, racial o social. Estos marcos legales son necesarios, pero sólo políticas concretas de equidad ancladas en la vida cotidiana pueden superar las discriminaciones muy arraigadas en el inconsciente social.

Discriminación se finca en negligencia y violencia durante desastres y refuerza la VS. Tajfel argumenta que identidad significa cómo “vivimos en un mundo, donde procesos de unificación y diversificación ocurren con pasos gigantescos y con una velocidad nunca antes visto en la historia” (1981: 31). Personas tienen necesidad de simplificar los acontecimientos y ubicarlos ordenadamente en su realidad (Hogg/Abrams,1988: 78). Este proceso los lleva a categorizaciones del entorno social mediante comparaciones, donde se afirma su autoestima. Ello explica porque un individuo busca pertenecer a un grupo, ya que le ofrece un sistema de representaciones sociales (RS) comunes.

“Las RS constituyen una especie de *fotosíntesis cognitiva*: ... se incorporan a nuestro entender de este mundo, y la devolvemos como comprensión pero también como juicios, definiciones, clasificaciones” (Moscovici, 1984:48; 2000). Estas RS como sistemas de ideas, valores y prácticas cumplen una función dual: a) establecen un marco de orden a partir del cual los sujetos se orientan en el mundo social y material donde habitan; b) permiten la comunicación entre miembros a partir de un código compartido, donde se clasifican objetos y procesos.

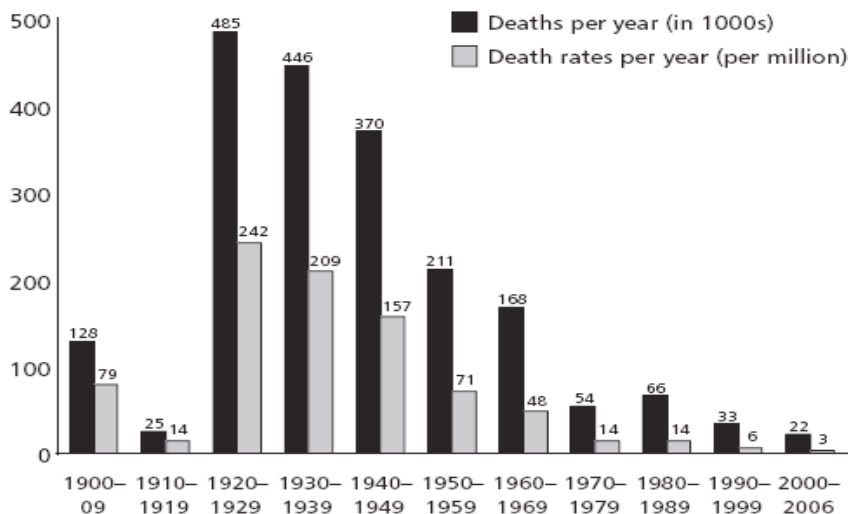
La RS se convierte en el valor en riesgo, cuando elementos simbólicos de identidad -clase, género...- que se encuentran en permanente cambio, amenazan la identidad del grupo. Kuhn (1962) afirma que cambios en las estructuras complejas ocurren, cuando se alteran los patrones indeseables del intercambio ... se transforma el diálogo intrasocietal y se establecen redes relacionales más amplias. Habermas ( 1987,1995,1998,2000,2001,2002) añade cuando las acciones se independizan del discurso ideológico y las acciones implicadas tienen consecuencias negativas. Por ello, una ruptura epistemológica genera un quiebre en las teorías dominantes por irracional y surgen nuevos paradigmas con axiomas capaces de explicar las disonancias y proponer alternativas para

las mayorías. Estos procesos complejos explican recaídas, ya que los cambio paradigmáticos se anclan y se objetivizan en procesos conocidos y las nuevas estructuras repiten la discriminación, donde la de género se ha mantenido durante miles de años.

## Resultados

Durante el siglo pasado (gráfica 1) la homogenización de los datos y la DRR ha ayudado a reducir el número de muertes por desastres, a pesar de que hubo más y severos desastres.

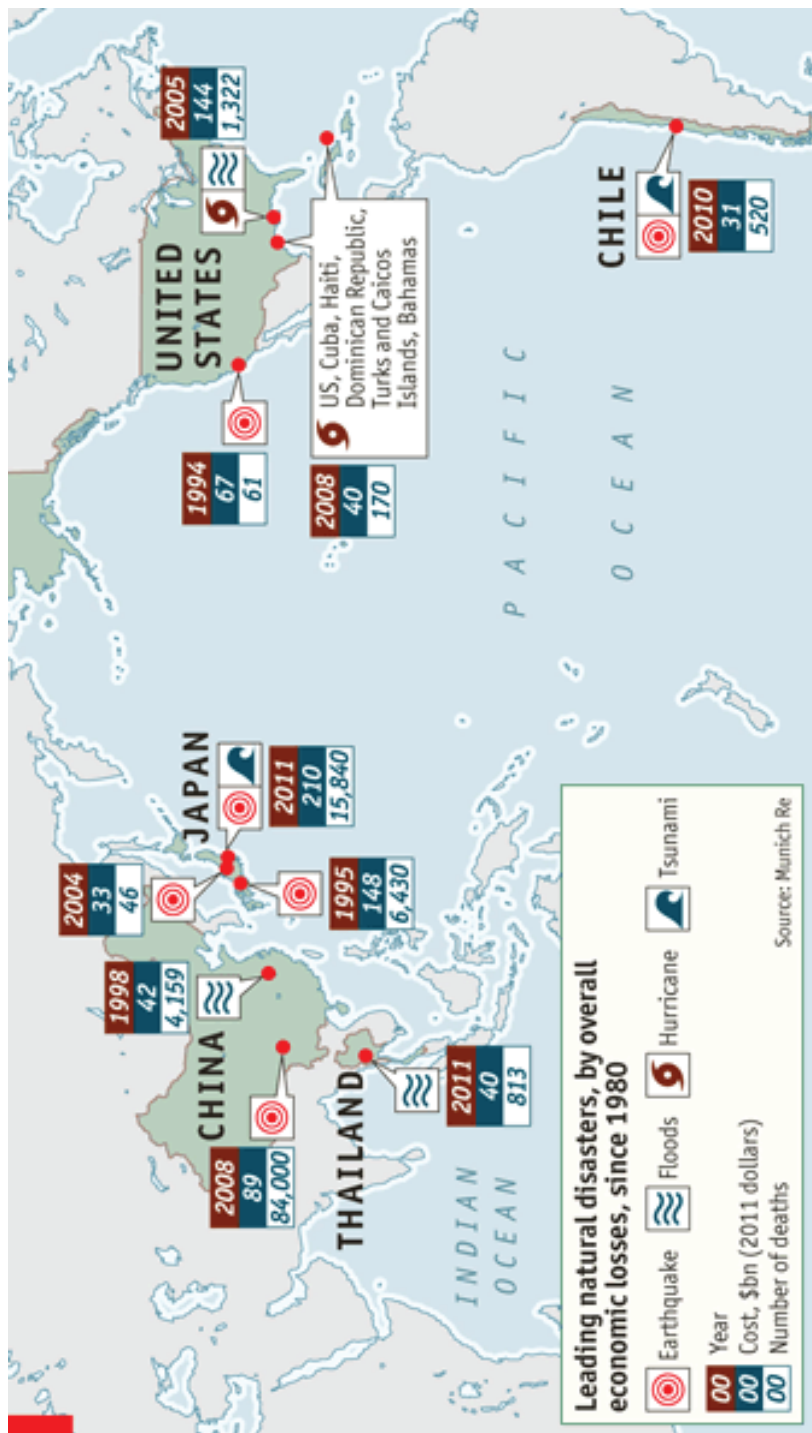
Figure 1 **Global death and death rates due to extreme events, 1900–2006**



*Gráfica 1.* Tasas y número de muertes por eventos extremos: 1990-2006.

Fuente: Goklany, 2010: 4.

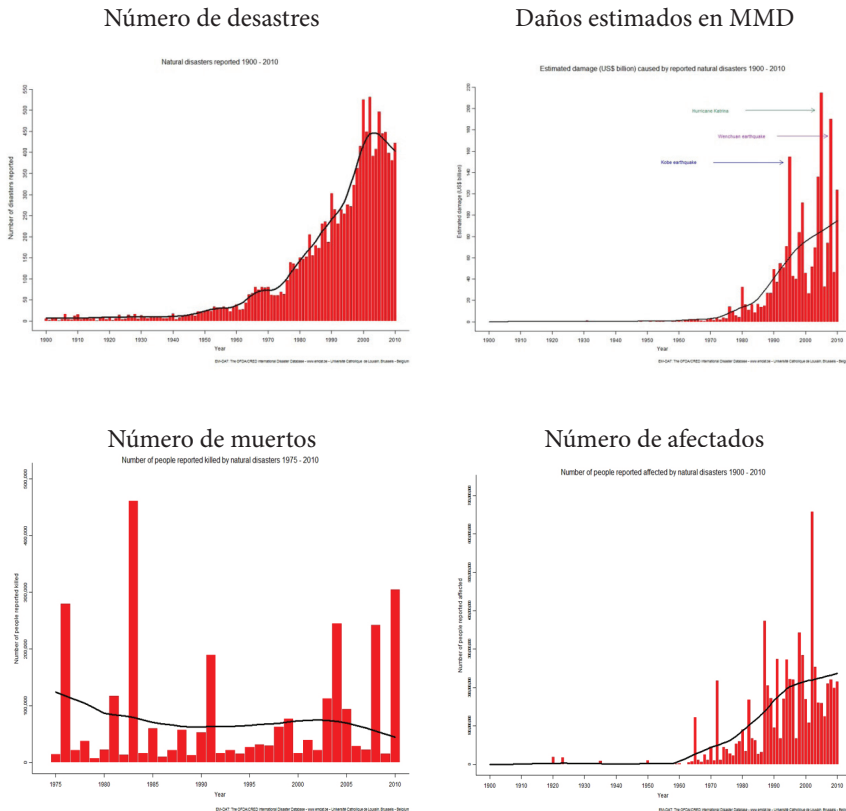
Desde 1980 los desastres han afectado fuertemente países de la cuenca del Pacífico (gráfica 2). Japón sufrió tres terremotos y un tsunami con daños por 391 mil millones de dólares (MMD) y 22,316 personas muertas. MunichRe (2012) informó que 2011 fue el año de mayores costos económicos por desastres con 378 MMD, rebasando 2005, de 262 MMD. Presidente Obama emitió en 2011, 99 declaraciones de emergencia por desastres mayores (tornados, huracanes, sequías, inundaciones, nevadas y calor extremos).



Gráfica 2. Grandes desastres desde 1980.  
Fuente: The Economist, 13 de enero, 2012

Kofi Annan responsabiliza en 2009 al cambio climático por 300,000 muertes afectando a 300 millones de personas. Se estima en 2030 500,000 muertes y 300 MMD/año de daños con posibles desestabilizaciones socio-políticas, hambrunas entre los 4 MM con VS y medio millón expuesto a hambre, enfermedades, pobreza, pérdida de hogares, calidad de vida y bienestar por desastres.

Cuando se conjuntan los eventos extremos con el número de muertos y afectados (gráfica 3) se detecta en 40 años un aumento en eventos, personas afectadas y costos económicos (EMDAT 2011). Las muertes se concentran en los países pobres, exceptuando el terremoto-tsunami de Japón y huracán Katrina en EUA. Los cuadros comparativos de EMDAT (2011) muestran un número alto de afectados ocurren en países pobres, mientras que los daños materiales prevalecen en países industrializados por infraestructura destruida. Las muertes se concentran en Asia con 85% durante la década pasada.



Gráfica 3. Eventos naturales extremos, muertes, afectados y daños estimados.

Fuente: EMDAT: 2011

Estos datos indican que países de bajo ingreso pobres y bajo IDH tienen poca capacidad de DRR. En estos países los VS y pobres extremos, los desastres reduce los avances de desarrollo. En América Latina son El Salvador, Guatemala, Honduras y Haití, que no se han recuperarse de los impactos de múltiples desastres.

### Conclusiones

Desde 1950 se incrementan los desastres naturales con cuantiosas pérdidas económicas y de vidas humanas, sobre todo en países pobres. La discriminación ha sesgado la sociedad, aumentado la VS, las pérdidas humanas-materiales, afectando especialmente los sectores deprimidos de la sociedad. Un desarrollo local sustentable requiere combatir la discriminación arraigada. Agencias humanitarias y gobiernos han tratado de reducir la VS y estimular la resiliencia entre la población afectada. Han contenido procesos de discriminación con saberes tradicionales que ayudaron a mitigar efectos de eventos extremos:

1. Consolidación del conocimientos tradicionales indígenas para reforzar al resiliencia
2. Sistemas locales de alerta temprana en manos de mujeres, acoplado a un radio popular (Villagrán 2006, 2010).
3. Grupos de auto-ayuda (2.2 millones en India; Ministra Deepa Jain Sing)
4. Economía de solidaridad con encadenamiento productivo de pequeñas empresas (Cadena 2005)
5. Incorporación de la tercera edad para reducir discriminación y promover resiliencia.

Las amenazas del CC requieren de una cultura preventiva, donde se mejoran las seguridades humana, ambiental y de género (HUGE; Oswald 2009). Aplicar mecanismos socio-psicológicos en innovación preventiva y educación genera resiliencia desde abajo. Países afectados pueden superar su situación de riesgo cuando mejoran su capacidad técnica, económica y humana dentro de una organización institucional eficiente. La reducción de la VS además de la resolución pacífica de conflictos en un mundo de cambios y amenazas mayores, con valores y prácticas no-discriminativos que aumentan la gobernanza participativa. La conjunción de acciones y comportamientos puede resultar en una “gran (HUGE)” seguridad que empuja a los vulnerables hacia el sendero de un desarrollo sustentable con equidad y solidaridad, libre de discriminación.

## Referencias

- ARIYABANDU, MADHAVI MALALGODA Y DILRUKSHI FONSEKA (2011). "Do Disasters Discriminate? A Human Security Analysis of the Tsunami Impacts in India, Sri Lanka and Kashmir Earthquake", en: Hans Günter Brauch *et al.* (eds.). *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security, Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks*, Springer Verlag, Heidelberg: 1223-1236.
- BIRKMAN, JÖRN, NISHARA FERNANDO AND SIRI HETTIGE (2006). "Measuring vulnerability in Sri Lanka at the local level", en: Jörn Birkman (ed.), *Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies*, United Nations University Press, Tokyo, Japón: 329-356.
- CADENA BARQUIN, FÉLIX (2005, ED.). *De la economía popular a la economía de solidaridad. Itinerario de una búsqueda estratégica y metodológica para la construcción de otro mundo posible*, Coltax, Centro Lindavista and European Union, Mexico, D.F.
- CADENA BARQUÍN, FÉLIX (ED., 2009). *De Foro a Foro. Contribuciones y Perspectivas de la Economía Solidaria en México en el Contexto de Crisis Global*, Ed. FLASEP, A.C., México, D.F.
- EMDAT (2011). "Datos", <http://desastres.usac.edu.gt/>.
- GOKLANY, INDUR M. (2010). "Global Death Toll From Extreme Weather Events Declining", <http://thegwpf.org/the-observatory/1378-indur-m-goklany-global-death-toll-from-extreme-weather-events-declining.html>.
- HABERMAS, JÜRGEN (1987). *Teoría de la acción comunicativa. Racionalidad de la acción y racionalidad social. Crítica de la razón funcionalista*, 2 vol., Taurus, Madrid.
- HABERMAS, JÜRGEN (1995). *Problemas de Legitimación en el Capitalismo Tardío*, Amorrortu Editores, Buenos Aires.
- HABERMAS, JÜRGEN (1998). *Más allá del Estado nacional*, FCE, México, D.F.
- HABERMAS, JÜRGEN (2000). *La constelación posnacional: ensayos políticos*, Paidós, Barcelona.
- HABERMAS, JÜRGEN (2001). *Kommunikatives Handeln und detranszendentalisierte Vernunft* Reclam, Stuttgart.
- HABERMAS, JÜRGEN (2002). *El futuro de la naturaleza humana. ¿Hacia una eugenesia liberal?* Paidós, Barcelona.
- HOGG, M.A. Y D. ABRAMS (1988). *Social Identification: A social Psychology of Inter-group Relations and Group Processes*, Routledge, London, U.K.
- KUHN, THOMAS (1962). *The Structure of Scientific Revolution*, Chicago University Press, Chicago.
- MINISTRA DEEPA JAIN SING GRUPOS DE AUTO-AYUDA (2.2 MILLONES EN INDIA;)
- MOSCOVICI, SERGE (1984), "The phenomenon of social representations", en: Farr R.M. y S. Moscovici (eds.) *Social Representations*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- MOSCOVICI, SERGE (2000). "The history and actuality of social representations", Gerard Duveen (ed.), *Social representations. Explorations in social psychology*

- Polity, Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- MOVIMENTO SEM TERRA (MST 2005). *School Florestan Fernandes*, MST, special edition, Sao Paulo, Brasil.
- MUNICHRE 2012: *Annual Report on Disasters*, MunichRe, Munich.
- OSWALD SPRING, ÚRSULA (1991). *Estrategias de Supervivencia en la Ciudad de México*, CRIM-UNAM, Cuernavaca, Morelos, México.
- OSWALD SPRING, ÚRSULA (2008). *Gender and Disasters. Human, Gender and Environmental Security: A HUGE Challenge*, UNU-EHS, Source vol. 6, Bonn.
- OSWALD SPRING, ÚRSULA (2009). "A HUGE Gender Security Approach: Towards Human, Gender and Environmental Security", en: Hans Günter Brauch *et al.* (eds.), *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts*, Hexagon Series on Human and Environmental Security and Peace, Vol. 4, Springer-Verlag, Berlin: 1165-1190.
- OSWALD SPRING, ÚRSULA (2012). "Environmentally-Forced Migration in Rural Areas: Security Risks and Threats in Mexico", en: Scheffran, Jürgen *et al.* (eds.), *Climate Change, Human Security and Violent Conflict: Challenges for Societal Stability*. Hexagon Series on Human and Environmental Security and Peace, vol. 8, Springer-Verlag, Berlín (en prensa).
- OXFAM, (2006). *Oxfam International Tsunami Fund. Annual Report and Accounts For the period ended 31 December 2005*, Oxfam, Londres.
- TAJFEL, H. (1981). *Human groups and social categories*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- THE ECONOMIST, 13 de enero, 2012.UNAIDS/WHO (2006). *AIDS epidemic update*, en: [http://data.unaids.org/pub/epireport/2006/2006\\_epiupdate\\_en.pdf](http://data.unaids.org/pub/epireport/2006/2006_epiupdate_en.pdf)
- VILLAGRÁN DE LEÓN, JUAN CARLOS (2006). *Vulnerability. A Conceptual and Methodological Review*, UNU-EHS, Source 4, UNU-EHS, Bonn.
- VILLAGRÁN DE LEÓN, JUAN CARLOS (2010). "Risks in Central America: Bringing Them Under Control" en: Brauch *et al.* (eds.). *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks*, Springer Verlag, Berlín: 1147- 1158.
- WISNER, BEN (2004). "Assessment of Capability and Vulnerability", in: Greg Bankoff, Georg Ferks, Dorothea Hilhorst (eds.), *Mapping Vulnerability, Disasters, Development and People*, Sterling, Earthscan, London, U.K.: 183-193.
- WOMEN'S COMMISSION FOR REFUGEE WOMEN AND CHILDREN (2006). *Finding trees in the desert. Firewood collection and alternatives in Darfur*, WCRWC, New York, USA.



[30]

# Vulnerabilidad y Gestión Local del Riesgo en pequeños sistemas litorales antropizados de la Patagonia

Alejandro Monti\*

## Resumen

CON EL OBJETIVO de sistematizar las relaciones complejas en sistemas litorales con riesgo de erosión marina, e identificar la influencia de la vulnerabilidad en las acciones de gestión local, se seleccionaron tres asentamientos costeros de la Patagonia norte: Playa Magagna (PM), Caleta Córdova (CC) y Riacho San José (RSJ). Presentan como característica común: tipo de amenaza, aislamiento geográfico y marginalidad respecto de la toma de decisiones, y condición de pequeño asentamiento. Los tres sistemas muestran comunidades resistentes, y con similares condiciones de liderazgo, elevados niveles de riesgo aceptable, y contextos de vulnerabilidades física, política e institucional. Las respuestas prospectivas y compensatorias, identificadas en los tres sitios, resultan compatibles con estadios iniciales de gestión local de riesgos, impulsadas en su origen por los actores locales, y luego incorporadas en los modos de desarrollo costero. PM y CC muestran las mayores similitudes en los avances de gestión local y articulación exitosa con niveles gubernamentales. En cambio, RSJ, posee factores de vulnerabilidad social, cultural, económica e institucional que la singularizan, y explicarían las condiciones de complejidad del sistema y la debilidad del proceso de gestión local del riesgo identificado.

Palabras clave: gestión de riesgos costeros, sistemas litorales complejos, Patagonia

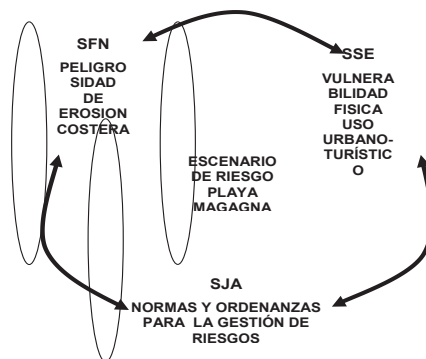
\* IGEPAT. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Chubut. Argentina

## Introducción

LA COMPLEJIDAD INHERENTE a cualquier situación de riesgo, sea éste de origen natural o tecnológico, impone la necesidad de indagar, bajo una visión holística (Cardona, 2001), las relaciones entre las amenazas, los contextos expuestos vulnerables, y las respuestas concretadas por los actores sociales involucrados en la problemática del riesgo.

El desarrollo socio-económico de los frentes litorales, incrementa la complejidad ordinaria propia de los ambientes costeros, construyendo relaciones singulares entre naturaleza y sociedad, y configurando, en ocasiones, escenarios de riesgo definidos por las interdependencias entre las amenazas o peligrosidad de sitio, las condiciones de vulnerabilidad y las acciones de gestión de riesgo. De este modo, y en acuerdo con Barragán Muñoz (2003), el litoral se configura en un “espacio problema”, dónde las relaciones entre sus atributos, condicionan los problemas y conflictos sociales que afectan directamente la sostenibilidad ambiental. Lo dicho, admite considerar a los frentes litorales antropizados como “sistemas complejos” en el sentido de García (2006), según el cual la complejidad de un sistema no sólo se determina por la heterogeneidad de sus partes constituyentes, sino y sobre todo, por la interdefinibilidad y mutua dependencia de las funciones que desempeñan sus partes dentro de una totalidad.

La figura 1 integra operativamente el enfoque sistémico y los conceptos que definen el riesgo de origen natural en una costa antropizada particular, destacando las relaciones entre: a) un subsistema físico natural (SFN) cuyos atributos precisan la peligrosidad, b) un subsistema social y económico (SSE) condicionado, en este caso, por la vulnerabilidad física de los usos y actividades expuestos al peligro, y c) un subsistema jurídico-administrativo (SJA) que refiere a normas, ordenanzas y acciones de gestión frente al riesgo.



**Figura 1:** Vinculación conceptual entre los subsistemas litorales y los factores condicionantes del riesgo para Playa Magagna. Fuente: Monti y Ferrari (2011).

El objetivo de la presente contribución busca determinar las relaciones complejas que construyen escenarios de riesgo de erosión activa en sistemas litorales antropizados de la Patagonia Norte, con énfasis en la interrelación de las condiciones de vulnerabilidad global y las acciones de gestión prospectivas y compensatorias, concretadas por los actores sociales involucrados.

### Métodos

Para el estudio se seleccionaron tres asentamientos costeros de la costa de la provincia del Chubut en la Patagonia norte: Playa Magagna (PM), Caleta Córdova (CC) y Riacho San José (RSJ). Todos ellos presentan como características comunes: a) población con menos de 500 habitantes establecidos sobre planicies sedimentarias relícticas y bajas, singulares en el amplio frente acantilado patagónico, b) procesos de erosión marina activa acompañados por eventos de remoción en masa e inundaciones por eventos de tormentas que caracterizan la peligrosidad geomorfológica de sitio, c) relativo aislamiento geográfico y marginalidad respecto del centro de toma de decisiones, d) limitada diversidad de usos y actividades socio-económicas asentadas sobre su litoral.

Se realizaron reconocimientos de campo para caracterizar la peligrosidad de sitio y la distribución espacial de los atributos del SFN. La identificación de las condiciones de vulnerabilidad global (Wilches Chaux, 1993) del SSE, y las acciones de gestión de riesgos vinculadas con el SJA, se nutrió de los resultados de entrevistas no estructuradas *in situ* a informantes clave de la comunidad y *ex situ* a funcionarios de gobierno y miembros del sector académico; luego corroborados mediante búsqueda de documentos en organizaciones comunitarias y oficinas gubernamentales municipales y provinciales. En un primer paso se analizaron los datos de los subsistemas SFN, SSE y SJA, con el fin de establecer las relaciones entre peligrosidad, vulnerabilidad y acciones de gestión, que definen la complejidad del riesgo de erosión para cada uno de los sistemas litorales. En un segundo paso se compararon los resultados para identificar similitudes/diferencias e interrelaciones entre las condiciones de complejidad, vulnerabilidad global y gestión local del riesgo. La interpretación de las acciones de gestión se realizó de acuerdo con Lavell y Argüello (2003), diferenciándolas en prospectivas y compensatorias, y acciones compatibles con gestión local.

## Resultados

### *Sistema litoral PM*

La peligrosidad geomorfológica del sistema PM está representada por los fenómenos de erosión marina activa sobre el frente de la planicie costera priorizada para la instalación humana, y los procesos de remoción en masa y erosión hídrica pluvial sobre las barrancas que limitan por el poniente. En el sector se han identificado componentes de vulnerabilidad *Física* vinculada con la ubicación y debilidad estructural de las viviendas, *Política* a partir de su pertenencia administrativa a un ejido municipal que condiciona con sus ordenanzas las respuestas de la comunidad para minimizar el riesgo, e *Institucional* evidenciada por las escasas respuestas del municipio ante los reclamos de la comunidad en riesgo, debido a la condición de marginalidad geográfica de PM y a la baja prioridad en la agenda de gobierno. Entre las respuestas frente al riesgo concretadas por los actores sociales, dominan las de tipo compensatorio, aunque se registra aquí una notoria participación de estrategias de gestión prospectiva orientadas a evitar el riesgo futuro. La comunidad de PM aparece como la iniciadora de la mayoría de las acciones de gestión de riesgos, en un proceso de “ascensor” desde el nivel local hacia niveles superiores de decisión donde necesitaron involucrar a actores municipales y provinciales, y al sector académico.

### *Sistema litoral CC*

La peligrosidad geomorfológica del sistema CC se configura a partir de fenómenos de erosión marina activa por eventos de tormentas sobre el frente de la planicie costera priorizada para la instalación humana. Se han determinado componentes de vulnerabilidad *Física* tanto por localización espacial como por debilidades estructurales de las construcciones, *Económica* por actividad centrada en la pesca costera sin diversidad de alternativas, *Política* debido a las limitantes que impone a las acciones de la comunidad, el estatus de barrio dentro de un ejido municipal, e *Institucional* determinada por la burocracia de los organismos competentes al momento de concretar las acciones frente al riesgo de erosión. La mayoría de las respuestas concretadas por los actores sociales involucrados, se corresponden con estrategias de gestión compensatoria, con sólo algunas recientes acciones prospectivas. Se reconoció a la comunidad de CC como la iniciadora de la mayoría de las acciones de gestión de riesgos, impulsadas desde el nivel local, pero articulándose luego con actores gubernamentales de nivel municipal y provincial.

### *Sistema litoral RSJ*

La peligrosidad geomorfológica del sistema RSJ corresponde a fenómenos de erosión marina activa e inundación por fenómenos de mareas extraordinarias y tormentas que afectan la barrera costera, la laguna y la planicie contigua donde se establece la comunidad. Se identifican singulares condiciones de vulnerabilidad *Física* por localización de casillas directamente expuestas a la inundación y erosión en eventos de tormenta y mareas extraordinarias, *Económica* dado la dependencia costera de la comunidad de recolectores/pescadores con el único recurso de subsistencia, *Social* debido a la baja cohesión y diversidad de intereses al interior de la comunidad, *Política* evidenciada por el estatus administrativo de la zona, correspondiente a un área protegida como Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO e *Institucional* determinada por una indefinición de derechos de propiedad de la tierra, sumado a una superposición de jurisdicciones que obstaculizan una toma de decisión consensuada. Las escasas respuestas frente al riesgo concretadas por los actores sociales son de tipo compensatorio y se llevan adelante, casi con exclusividad y de modo desarticulado, por los actores locales de la comunidad RSJ, aunque en ocasiones con apoyo del sector académico.

### **Integración de resultados**

En los tres sistemas litorales la complejidad del riesgo resulta una condición común al tratarse de comunidades con características afines de resistencia, liderazgo, elevado nivel de riesgo aceptable, y componentes de vulnerabilidades física, política e institucional. En todos los sistemas se han identificado mayor número de acciones compensatorias que prospectivas, impulsadas por los actores locales, y luego incorporadas a sus modalidades de desarrollo costero. Lo dicho indica acciones compatibles con estadios iniciales de la gestión local de riesgos presentes por sobre la gestión de riesgos futuros.

Los sistemas PM y CC muestran notorias similitudes en los avances de gestión local y articulación exitosa con niveles gubernamentales municipales y provinciales, favorecida por la ausencia de vulnerabilidad social al interior de ambos. CC presenta una gestión de riesgo más fortalecida, e impulsada por una mayor peligrosidad de la erosión por tormentas, una mayor vulnerabilidad física de los atributos del SSE, y una menor vulnerabilidad institucional, lo que facilitó la relación sinérgica entre elementos del SSE y SJA. En cambio, RSJ, la comunidad más pequeña evidencia fragmentación social y conflictos de intereses, tanto al interior del SSE, como entre éste y el SJA. Se identifica en RSJ la combinación de vulnerabilidad social, cultural, económica e institucional que la singularizan respecto de PM y CC. Esta condición explicaría las relaciones

complejas identificadas entre los factores del riesgo del SFN, SSE y SJA, y en consecuencia la debilidad del proceso de gestión local del riesgo en el sitio.

### Conclusiones

El abordaje del estudio de riesgos de erosión costera desde una aproximación sistémica facilitó la sistematización de los componentes del riesgo y en consecuencia la indagación multidimensional de las relaciones e interdependencias complejas entre las condiciones de peligrosidad, vulnerabilidad y acciones de gestión de riesgo en cada uno de los escenarios analizados.

Las relaciones entre las componentes de vulnerabilidad global y las acciones de gestión de riesgos compensatorias y prospectivas, concretadas en cada sistema litoral, permitieron reconocer en la cohesión interna de la comunidad (ausencia de vulnerabilidad social), y en la articulación sinérgica de los actores locales con actores del gobierno municipal y provincial (débil vulnerabilidad institucional), dos condiciones que fortalecieron el avance del proceso de gestión local del riesgo de erosión en los sistemas PM y CC.

### Nomenclatura

PM	Playa Magagna
CC	Caleta Córdova
RSJ	Riacho San José
SFN	Subsistema Físico-Natural
SSE	Subsistema Social y Económico
SJA	Subsistema Jurídico-Administrativo

### Referencias

- BARRAGÁN, J. M, "Medio ambiente y desarrollo en áreas litorales: Introducción a la planificación y gestión integradas". Universidad de Cádiz. España. Servicios de publicaciones. 301p, 2003.
- CARDONA, O. D., "La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: una crítica y una revisión necesaria para la gestión". International work-conference of vulnerability in disaster theory and practice. Wageningen, Holanda. 17pp., 2001.
- GARCÍA, R., "Sistemas Complejos: conceptos métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria". Ed. Gedisa, Buenos Aires, Argentina. 200p, 2006.

- LAVELL, A. & ARGÜELLO, M., "Gestión de riesgos: un enfoque prospectivo". Colección Cuadernos de Prospectiva 3. PNUD, 37pp., 2003.
- MONTI, A. & FERRARI, M.P., "Riesgo, conflictos y políticas públicas vinculadas al uso urbano-turístico en el sistema litoral Playa Magagna (Chubut, Argentina)". Boletín GAEA (Sociedad Argentina de Estudios Geográficos). N°129: 45-62., 2011.
- WILCHES CHAUX, G., "La Vulnerabilidad Global". En: Maskrey, A. (Comp.) Los desastres no son naturales. La Red de Estudios Sociales. Bogotá. 9-50pp., 1993.

[31]

## Programas de gerenciamento de riscos faunísticos

Sara Lucia Zaed, Irany Braga, Bruno Simoni  
Zaed Engenharia, AngloGold Ashanti

### Resumo

QUANDO OS PERIGOS à vida faunística e a frequência com que os mesmos ocorrem são mencionados na mesma frase, os pensamentos recorrem frequentemente a riscos decorrentes que as atividades humanas impõem a fauna (por exemplo, de degradação de habitat, caça, predação, atropelamentos e etc.). A instituição de risco pode, no entanto, trabalhar em outra direção, no sentido de se obter ações preventivas de gerenciamento. As populações faunísticas em habitats podem sofrer um conjunto de riscos determinados, alguns dos quais já são considerados em fóruns e discussões de gerenciamento de risco tradicionais. De uma forma geral este programa é dividido em 2 subprogramas constituindo-se de ações preventivas de gerenciamento; e plano de emergência e salvamento. O propósito deste programa é identificar, mapear e mitigar os riscos faunísticos, os quais são intuitivamente semelhantes aos outros riscos. Ou seja, gerenciar para preservar a vida, estabelecendo as estratégias de controle ambiental para o gerenciamento preventivo e ações de emergências e salvamento da fauna, no caso de ocorrência de remoção da vegetação, processos erosivos, assoreamentos, caça, atropelamento dentre outras.

**Palavras chave:** risco, fauna

### Introdução

O PROGRAMA GERENCIAMENTO de riscos faunísticos, que estabelece as estratégias de controle ambiental para o gerenciamento preventivo e ações de emergências e salvamento da fauna, é parte integrante de um programa de sustentabilidade cujo foco visa o equilíbrio de eco-sistemas do planeta.

Para este fim conta-se com os principais indicadores ambientais:

- Rastros e pegadas de indivíduos faunísticos;
- Número de situações de emergência envolvendo cenários de acidentes com a fauna no mês;
- Quantidade e variedade de espécimes registradas e catalogadas, incluindo dados biológicos, ecológicos, sanitários, de avistamento ou captura e seu destino final;



- Quantidade e variedade de espécimes vivos, dentre os resgatados de atropelamento ou capturados, encaminhados centros de reprodução ou manutenção e criadores, credenciados pelo IBAMA/Instituto Chico Mendes;
- Quantidade e variedade de espécimes vivos, dentre os resgatados de atropelamento ou capturados, reintroduzidos na natureza, em habitats da região, parte integrante do programa de monitoramento da fauna;
- Quantitativo de área recuperada/reabilitada; e
- Efetividade do processo de recuperação e reabilitação funcional de áreas degradadas.

## Metodologia

### *Ações preventivas de gerenciamento*

O primeiro passo na gestão de risco para a fauna é identificar fontes potenciais de risco, através de uma abordagem sistemática para garantir que nenhuma fonte será esquecida.

Para esta análise o conceito de evento acidental (ou incidente) é entendido como a incidência não controlada de mudanças das espécies de um habitat para outro, injúrias ou mortes, onde o cenário corresponde à sequência:

Evento acidental (incidente) ⇔ causa ⇔ efeito sobre a fauna da região.

Como exemplo de um cenário ou evento acidental pode-se citar uma grande fuga de espécies, devido à desmate ou contaminação do meio ambiente, levando a sua extinção.

O presente programa foi desenvolvido com o propósito de gerenciar os tipos de riscos identificados (adaptado de Hewlett, 2002), usando as etapas apresentados na Figura 1.

Somente com a sua continuidade, tais esforços poderão ser desenvolvidas metodologias mais científicas, baseadas num padrão pré-definido, lógico e multidisciplinar, envolvendo a participação coordenada de profissionais com diferentes formação, conforme sugerido neste programa.

Estabelecendo tais procedimentos, será possível ganhar eficiência nas ações de redução risco imposto pela fauna.

Além disto, será possível perenizar os bons resultados alcançados, evitando o restabelecimento de condições anteriormente superadas.

A falta de processos com indicadores científicos permite que isto ocorra. Mas, com a implementação e prática desta metodologia poderão ser evitadas as situações emergenciais, ameaças de extinção da fauna ou mesmo a interrupção em um procedimento autorizado, devido à mudança de pessoal para outros processos.

A matriz sugerida neste programa representa um trabalho inicial totalmente particularizado, derivado de atividades de observação, identificação, registro, definição de responsabilidades e trabalho em equipe.

Para esta análise o conceito de evento accidental (ou incidente) é entendido como a incidência não controlada de mudanças das espécies de um habitat para outro, injúrias ou mortes. O cenário corresponde à sequência: evento accidental (incidente) – causa – efeito físico. Por exemplo: grande fuga de espécies devido a um desmate ou contaminação do meio ambiente, levando gradativamente a sua extinção.

O risco associado com cada cenário é aproximadamente igual ao produto da frequência de ocorrência do cenário pela severidade das consequências do mesmo.

Os resultados são combinados para a estimativa do risco do cenário e o levantamento de medidas mitigadoras que possam diminuir o nível de risco.

A metodologia a ser adotada para avaliação dos cenários accidentais faunísticos considera uma Matriz de Aceitabilidade de Riscos. Esta matriz combina as categorias de frequência de ocorrência e de severidade para os cenários identificados, conforme apresentado, respectivamente, nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

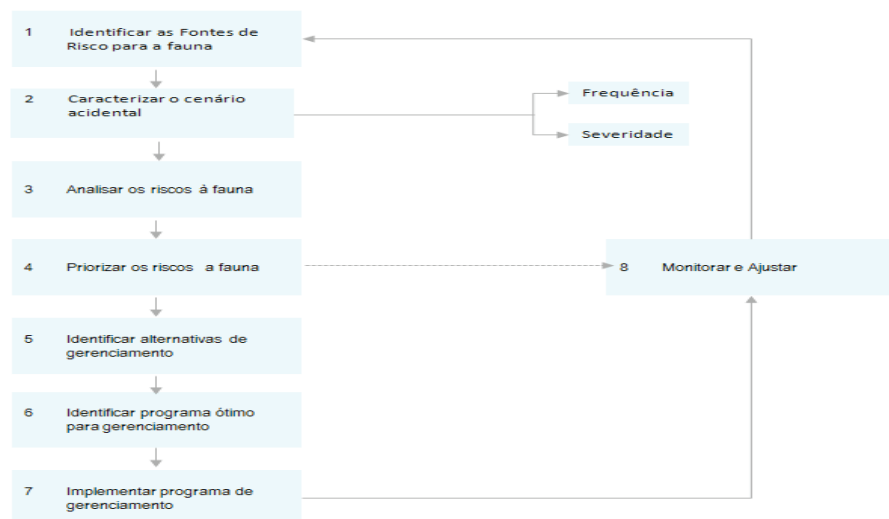


Figura 1. Passos para gerenciar riscos da fauna

Por observação da Tabela 1, a frequência de ocorrência varia com o tempo de permanência da espécie em relação ao risco ou ao tempo de exposição ao impacto imposto. Estas frequências variam desde valores muito frequentes ao remoto.

A categoria de severidade I (*baixa*), apresentada na Tabela 2 corresponde aos cenários acidentais de pequeno impacto à fauna, geralmente com danos voltados a perturbação por ruído, não causando a fuga de habitat, implica, no entanto, em injúrias ou pequena dispersão com retorno ao habitat. Aqueles classificados na categoria de severidade II (*moderada*) implicam em injúrias leves em espécies, ou evasão das mesmas para local próximo. A categoria III (*crítica*) inclui cenários com potencial de causar danos com vítimas de gravidade séria em espécies, possibilidade de evasão com previsão de resgate em Plano de Emergência. A categoria IV (*catastrófica*) corresponde aos cenários com várias vítimas fatais ou com abandono de habitat em vasta região frágil e sensível.

A categoria de imagem (Tabela 3), refere-se às ações de cunho social e institucional decorrentes do nível de risco sofrido pela fauna.

A intensidade da exposição varia de desprezível à catastrófica, com consequências voltadas ao comprometimento da imagem, devido a várias reclamações de comunidades, ONG, protestos e manifestações prolongadas com repercussão em mídia estadual, nacional e internacional, e no outro extremo, não é esperado que ocorra registro de reclamação pela comunidade ou entidades locais.

Valor	Categoria	Descrição
4	Frequente	Tempo de permanência em área de risco e/ou ações impostas pelo homem são esperadas ocorrer muitas vezes durante a vida útil da Instalação. <sup>(Nota 1)</sup>
3	Muito Provável	Tempo de permanência em área de risco e/ou ações impostas pelo homem são esperadas algumas vezes durante a vida útil da Instalação. <sup>(Nota 1)</sup>
2	Provável	Tempo de permanência em área de risco e/ou ações impostas pelo homem são esperadas ocorrer mais de uma vez durante a vida útil Instalação. <sup>(Nota 1)</sup>
1	Remota	Tempo de permanência em área de risco e/ou ações impostas pelo homem são esperadas ocorrer uma vez durante a vida útil a vida útil Instalação. <sup>(Nota 1)</sup>

Nota1: Entende-se como ações impostas pelo homem àquelas correspondentes a desmatamento, assoreamentos, caças, incêndios, explosões, atropelamentos e etc.

**Tabela 1.** Categorias de Frequência de Ocorrência

Valor	Categoria	Descrição
4	Catastrófica	Grande ocorrência ambiental, com impactos ambientais relevantes (com degradação severa de espécies podendo levar a extinção), atinge áreas externas do empreendimento (ecossistema da área de influência direta e indireta), em vasta região (frágeis e sensíveis), e/ou não reversíveis, ocorrência fora dos limites propriedade do empreendimento. Área vulnerável > 100ha.
3	Crítica	Possibilidade de atingir 5% das espécies com degradação do habitat das mesmas levando a seu abandono. Atinge áreas externas do empreendimento (ecossistema da área de influência direta e indireta), em vasta região (frágeis e sensíveis), e/ou não reversíveis, ocorrência fora dos limites propriedade do empreendimento. Área vulnerável 100ha<área<10ha.
2	Moderada	Possibilidade de danos irrelevantes a fauna sem degradação do habitat ou ao seu abandono. Não atinge o ecossistema da área de influência direta e indireta, em vasta região (frágeis e sensíveis), e/ou não reversíveis. Área vulnerável 10ha<área. Quebra da Legislação.
1	Baixa	Sem danos ou com danos mínimos a fauna. Impacto mitigado em curto prazo. Incidentes e ações de emergência não geram desacordo com a Legislação.

*Tabela 2.* Categoria de Severidade - Efeitos a Fauna

Valor	Categoria	Descrição
4	Catastrófica	Várias reclamações de comunidades, ONG, protestos e manifestações prolongadas com repercussão em mídia estadual, nacional e internacional.
3	Crítica	Várias reclamações de empresas vizinhas e de comunidades. Repercussão na mídia estadual ou nacional.
2	Moderada	Possíveis questionamentos externos com registro de incidente (Reclamação por comunidade vizinha, ou da prefeitura local). Impacto Local podendo ocorrer Impacto Regional.
1	Baixa	Não é esperado que ocorra registro de reclamação pela comunidade ou entidades locais.

*Tabela 3.* Categoria de Severidade - Efeitos à Imagem

A Tabela 4 apresenta os fatores de risco que deverão ser considerados durante a análise de risco faunístico.

Estes fatores dependem de variáveis como espécie de indivíduos, época do ano, quantidade de chuva e variações da própria fauna.

O grau de perigo resultante da probabilidade e da severidade do cenário deve considerar, para cada tipo de espécie, os seguintes aspectos:

- Comportamento;
- Tamanho do bando;
- Número médio de indivíduos presentes na área;
- Tempo em que utilizam estas áreas;
- Período do dia de maior atividade da espécie;
- Habilidade que cada tipo de espécie tem para evitar o cenário;
- Localização de seus pontos de descanso;
- Alimentação;
- Dessedentação; e
- Procriação.

Estes aspectos devem ser mensurados em relação aos cenários identificados na Instalação e seu entorno.

Objetivando uma avaliação sistemática que contribua para quantificar a ameaça à cada uma das espécies presente na região do entorno da Instalação, de acordo com suas características próprias, que incidem diretamente na probabilidade e na severidade dos cenários identificados, foi definida a Matriz de Perigo da Fauna (Tabelas 5 e 6).

Esta matriz apresenta categorias, com quatro estados cada, que representam os valores de risco para a fauna, onde 16 é o valor mínimo e 320 o valor máximo de risco. Estes valores definem as categorias de risco não tolerável, moderado e tolerável. O somatório dos pontos mostrados na coluna “grau de risco” classifica o nível de perigo das espécies faunísticas, de acordo com suas variáveis comportamentais e do meio, em cinco variáveis, que escalonam cada espécie em quatro níveis de risco.

Fator de Risco	Níveis de perigo		
	baixo	médio	alto
Número total de indivíduos	Raro	Médio	50-Abundante
Número médio de indivíduos	Solitário		Grande bando
Tempo de permanência em área de risco	Pouco frequente		Permanente
Horário de maior atividade	Não coincide		Coincide
Localização do entorno em relação à estrutura em operação	Longe		Perto
Tempo da atividade operacional na Instalação	Nulo		Constante
Número de eventos reportados com o tipo de espécie	Pouco representativo		Muito representativo

Fator de Risco	Níveis de perigo		
	baixo	médio	alto
Habilidade da espécie para evitar o perigo	Ágil e rápida		Inábil e lenta
Resposta ao método de repulsa	Fácil de dispersar		Difícil de dispersar
Tamanho individual da espécie	Pequena		Grande

*Tabela 4.* Fator de risco em função da severidade do cenário de perigo

Não se deve ignorar o fato de que a fauna apresenta variações comportamentais cíclicas, em função de diversos aspectos, como as estações do ano, os períodos de chuva, a escassez de alimento e etc. Portanto, uma mesma espécie pode alterar seu grau de risco, devendo ser feito o acompanhamento destas mudanças. Como consequência direta, por exemplo, pode ser necessária a inclusão ou retirada de ação mitigadora em determinado local, em função da época do ano.

Frequência	Nível de consequências em função do fator de risco					Índice de significância do risco
	Imagem	Abundância	Habitat	Tempo de permanência	Registro anterior	
	A-5	B-4	C-3	D-2	E-1	SOMA (A-G)
4	Abundante > 50 indivíduos.	Grande área desmatada (> 100 ha e/ou assoreamento)	Permanente (acima de 90% do tempo de observação)	Incidentes no local	Grande incidência >10 indivíduos	Alto Risco ≥320 pontos
3	Comum 20<Indivíduos<50	Moderada área desmatada (100 a 50ha e/ou assoreamento)	Frequente (Entre 90% e 60% do tempo de observação)	Incidentes em unidades da empresa em outras regiões	Média incidência 10<indivíduos<5	Médio Risco 320<pontos<240
2	Pouco Comum 10<Indivíduos<20	Baixa área desmatada (50 a 20ha e/ou assoreamento)	Transitório (Entre 60% e 30% do tempo de observação)	Incidentes da literatura	Pequena incidência 5<indivíduos<2	Baixo Risco 240<pontos<80
1	Raro < 10 Indivíduos.	Pequeno (< 20ha e/ou assoreamento).	Passagem (Entre 30% e 1% do tempo de observação)	Sem incidentes	Pequena incidência <2 indivíduos	Risco Desprezível <80 pontos

**Tabla 5.** Matriz de Risco da Fauna

Fonte: Adaptado de ministério da defesa- CENIPA

Categoria de risco	Descrição
Tolerável (T)	O risco é considerado tolerável. Todavia devem existir medidas voltadas para conscientização e educação ambiental.
Moderado (M)	O risco é considerado moderado quando mantido sob controle. Todavia deverão ser estabelecidos novos indicadores. Controles adicionais devem ser implementados avaliando-se as alternativas disponíveis, de forma a se obter uma redução adicional dos riscos.
Não Tolerável (NT)	O risco é considerado não tolerável com os controles existentes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e as consequências. Implementar plano de emergência.

**Tabla 6.** Categoria de Risco da Fauna

### Plano de emergência e salvamento, PAES

O PAES é uma metodologia para gerenciamento de um sinistro após a ocorrência de um cenário acidental envolvendo a fauna, onde não foi possível uma ação de controle imediata. O mesmo é composto por um conjunto de procedimentos baseados nas hipóteses acidentais previamente identificadas durante a análise de risco faunístico, sua aplicação resulta no mapeamento e gerenciamento das emergências.

A elaboração do PAES deverá ser seguida para que sejam estabelecidas antecipadamente as ações de intervenção operacional junto às situações de emergência, principalmente as que envolvam atropelamentos e/ou injúrias por caça predatória.

As emergências relacionadas com a Fauna são divididas em 3 grupos conforme apresentado no Tabela 7 e Figura 2.

*Tabela 7.* Níveis de emergência para cenários acidentais envolvendo a Fauna

Emergência	Descrição da emergência
Nível 1.	É a emergência cujo cenário acidental pode ser totalmente controlado com os recursos próprios da organização.
Nível 2	É a emergência cujo cenário acidental para ser totalmente controlado tem potencial para exigir a convocação de recursos externos à organização.
Nível 3	Trata-se da emergência cujo cenário acidental recomenda preventivamente a convocação de recursos externos à organização como órgãos credenciados ao IBAMA.

CENÁRIOS ACIDENTAIS	MASTOFAUNA	AVIFAUNA	HERPETO	PEIXES	OUTRO GRUPO
<b>Emergências Nível 1</b>					
<b>PERTURBAÇÃO DA FAUNA</b> Alteração dos Habitats e Hábitos da Fauna (Emissão de Ruidos, Poeiras e Gases e Interferências na Qualidade das Águas Superficiais)	✓	✓	✓	✓	
<b>AÇÃO DENTRO DA ANGGOLD ASHANTI</b> Emergências Nível 2					
<b>INDIVÍDUO ATROPELADO</b>	✓	✓	✓		
<b>INDIVÍDUO ENVENENADO</b>			✓	✓	
<b>AÇÃO NO ENTORNO SOB INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES DA ANGGOLD ASHANTI</b> Emergências Nível 3					
<b>CAÇA DE INDIVÍDUOS</b>	✓	✓	✓		
<b>INDIVÍDUOS ATROPELADO</b>	✓	✓	✓		
<b>INDIVÍDUOS ENVENENADO</b>			✓	✓	
<b>MORTE DE INDIVÍDUOS COM PRESSÃO DA COMUNIDADE E MÍDIA DE COMUNICAÇÃO</b> (Panfletos, jornais, revistas, TV, Internet, cinema)	✓	✓	✓	✓	

*Figura 2.* Caracterização dos níveis de emergência



### Comunicação da Ocorrência

É a partir da comunicação da ocorrência de um determinado cenário acidental com a fauna que deverá ser desencadeado o sequenciamento cronológico de ações que compõem o plano de atendimento a emergência e salvamento, de acordo com as Figuras 3 e 4.

Qualquer pessoa, integrante, parceiro ou visitante que detectar uma situação anormal com a Fauna deve comunicar imediatamente a ocorrência, através do preenchimento do formulário de ocorrência apresentado na Figura 5. O mesmo deverá estar disponível no sistema das organizações e também deve ser disponibilizado para os visitantes na Portaria. Nos casos em que a ação foi elaborada por funcionários e parceiros a ocorrência deverá ser primeiramente comunicada através da implantação de um telefone SOS Fauna, com número fácil de memorizar e diferenciado, como por exemplo 333.

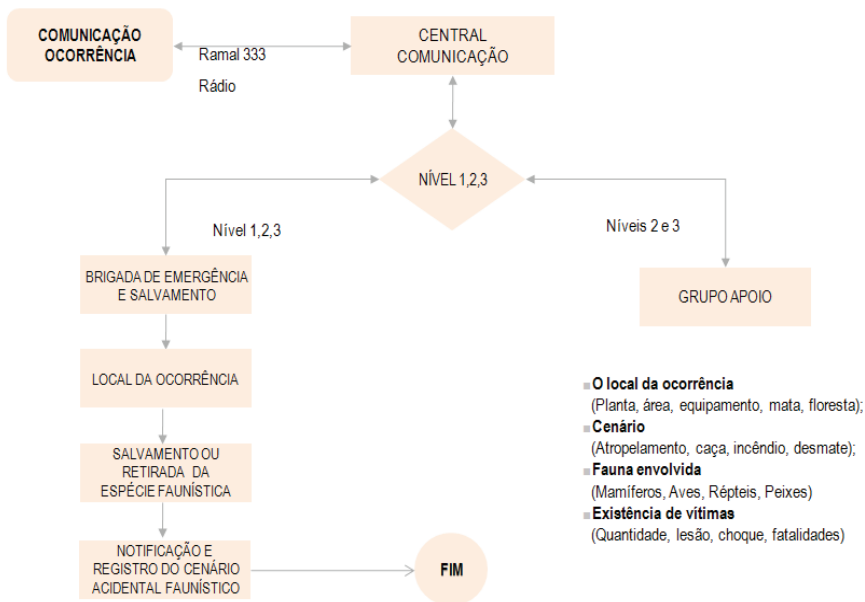
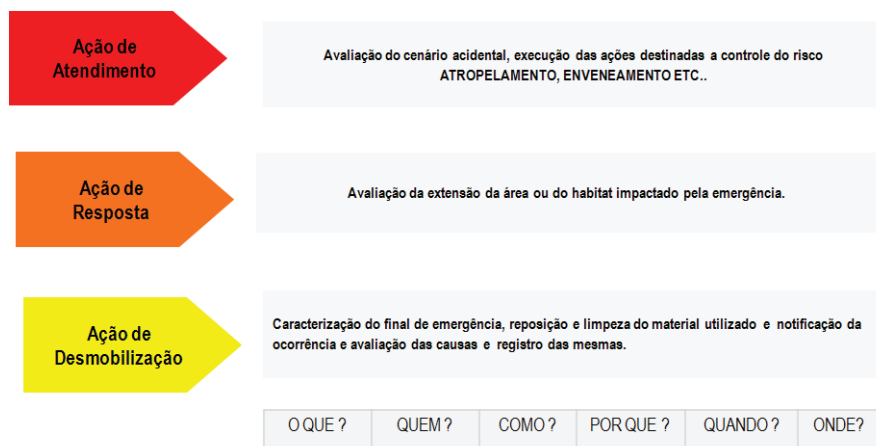


Figura 3. Comunicação da ocorrência



*Figura 4.* Estratégia

### Política Interna de Segurança e Meio Ambiente

Com o objetivo de evitar a perda de espécimes silvestres em decorrência de atividades de caça por empregados e moradores de áreas próximas ao empreendimento, as organizações devem estabelecer diretrizes internas para suas instalações, quanto proibição da caça e captura de espécimes silvestres na área do empreendimento e em seu entorno. No caso da contratação de empresas parceiras, que serão diretamente responsáveis pelas ações geradoras de impacto na Instalação, deverá constituir cláusula contratual o compromisso destas empresas prestadoras de serviços para com a preservação ambiental. Desmatamentos, lançamentos de resíduos em locais indevidos, responsabilidade sobre seus empregados quanto à caça ou incêndios, entre outras questões ambientais pertinentes, deverão ser requisitos contratuais a serem cumpridos pelas partes envolvidas no processo.

### Ações para o PAES

Durante a estação seca, é relativamente comum a ocorrência de incêndios na região do entorno de instalações, unidades industriais minas, etc . Deste modo é relevante a inclusão destes cenários no PAES, assim como a realização de treinamento e simulados de brigada de emergência, de forma que a mesma esteja apta para uma resposta e combate no caso de sua ocorrência. Recomenda-se que durante a estação seca, sejam mantidos aceiros e realizada uma fiscalização permanente nestas áreas e/ou em áreas com maior probabilidade de

ocorrência de focos de incêndio, com o objetivo de minimizá-los. Os treinamentos da brigada de emergência poderão ser realizados junto ao Corpo de Bombeiros e a Polícia Florestal.

FICHA DE NOTIFICAÇÃO E CONFIRMAÇÃO DE OCORRÊNCIA	
NOTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA (TERCEIROS) Nº <input type="text"/> /2012/ <input type="text"/>	
NOTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA (OPERADOR) Nº <input type="text"/> /2012/ <input type="text"/>	
<b>Campos com * são obrigatórios!</b>	
<b>A</b> Classificação da Ocorrência	EMERGÊNCIA <input type="text"/>
<b>B</b> Informações sobre a Área*	Estrutura: CAVA ROSALINO <input type="text"/> Equipamento/Veículo: Caminhões Basculantes <input type="text"/>
<b>C</b> Operador Mantenedor Terceiros	Operação: Lavra a céu aberto <input type="text"/>
<b>D</b> Data e Hora da ocorrência	Data: <input type="text"/> /dd/mm/aaaa Hora Local: <input type="text"/> :hh:mm
<b>E</b> Local da Ocorrência	Coordenadas: <input type="text"/> Localidade: <input type="text"/>
	Município: <input type="text"/> UF: <input type="text"/>
<b>F</b> Descrição da Ocorrência	Histórico: <input type="text"/>
	Fase de Operação: Operação de Lavra <input type="text"/>
	Danos à fauna: NÃO HOUVE <input type="text"/>
	Tipo de Ocorrência: Espécie atingida por objeto <input type="text"/>
<b>G</b> Providências relativas à investigação *	<input checked="" type="checkbox"/> Realizada Ação Inicial
	<input type="checkbox"/> Outras (especificar no campo M)
	Investigador: Nome: <input type="text"/> Tel: <input type="text"/>
	E-mail: <input type="text"/> Cel: <input type="text"/> Fax: <input type="text"/>
<b>H</b> Características do local e dificuldades (Operador)	<input type="text"/>
<b>Emitida por</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Terceiro	<input type="checkbox"/> Operação <input type="checkbox"/> Manutenção <input checked="" type="checkbox"/> Meio Ambiente <input type="checkbox"/> Segurança
Nome: <input type="text"/>	
Tel: <input type="text"/>	Fax: <input type="text"/>
E-mail: * <input type="text"/>	Data: <input type="text"/>

Figura 5. Formulário de ocorrência

## Resultados

Tratando-se de uma metodologia, a mesma deverá ser implementada e validada.

O acompanhamento deve ser realizado através das atividades de observação, identificação e registro da fauna da região afetada pelas operações nas

instalações, com boa visibilidade para todas as direções. Os resultados obtidos devem ser analisados estatisticamente, a fim de determinar as espécies predominantes, seus horários de atividade, principais trajetos de risco e etc. É necessário estabelecer, com os dados levantados, o risco associado, a fim de tomar decisões de controle.

### Conclusões

Em suma, estabelecendo tais procedimentos será possível ganhar eficiência nas ações de redução do risco imposto pela fauna. Além disto, poder-se-á perenizar os bons resultados alcançados, evitando o restabelecimento de condições ruins anteriormente superadas.

### Nomenclatura

*PAES* Plano de Atendimento a Emergência e Salvamento

### Referências

- WWW.CENIPA.AER.MIL.BR Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (*CENIPA*).
- AUSTRALIAN TRANSPORT SAFETY BUREAU. An analysis of Australian bird strike occurrences 2002 to 2006 (AR-2008-027 Final). Canberra: ATSB, 2008.
- AUSTRALIAN AVIATION WILDLIFE STRIKE STATISTICS: BIRD AND ANIMAL STRIKES 2002 TO 2009. (AR-2009-64). CANBERRA: ATSB, 2010.
- PLANO BÁSICO DE GERENCIAMENTO DO RISCO AVIÁRIO: PCA 3-2. Brasília, CENIPA, 2011.
- GOL LINHAS AÉREAS. Diretoria de Segurança Operacional. Gerência de Segurança. Relatório de Vistoria de Segurança Operacional e Análise de Risco – SWPI de 16/03/2011. São Paulo: GOL, 2011.
- INTERNATIONAL BIRD STRIKE COMMITTEE. Recommended Practices n.1: standards for aerodromes bird/wildlife control. 2006. Disponível em: <[http://www.int-birdstrike.org/Standards\\_for\\_Aerodrome\\_bird\\_wildlife%20control.pdf](http://www.int-birdstrike.org/Standards_for_Aerodrome_bird_wildlife%20control.pdf)>.

[32]

## De cómo la integración entre niveles y actores puede proteger el derecho a la educación en situación de emergencia: el caso del Departamento de Córdoba

Juliana Hoyos, Andrés Mejía y Diógenes Carvajal\*

EN LA ÚLTIMA década Colombia ha venido experimentando recurrentemente una situación de emergencia invernal<sup>1</sup>, la cual ha generado y agravado situaciones de desigualdad, pobreza y transgresión de los derechos humanos. Uno de los efectos de esta situación es la vulneración del derecho a la educación tanto en comunidades urbanas como rurales: los profesores, niñas, niños y jóvenes no pueden llegar a la escuela debido al mal estado de las carreteras y caminos, y de igual manera tampoco pueden abastecerse las escuelas con bienes y recursos indispensables como los refrigerios y materiales escolares. Adicionalmente, las familias damnificadas por las inundaciones utilizan las escuelas como albergues mientras pueden regresar a sus casas o reubicarse en sus nuevos hogares y, por tanto, se le da a la escuela una utilización distinta de la de garantizar el cumplimiento ininterrumpido del derecho a la educación.

Teniendo en cuenta esta situación y la urgencia de proteger activamente el derecho a la educación, UNICEF y la Corporación Opción Legal implementan desde 2007 el proyecto *Mejoramiento de la calidad de la educación en escuelas afectadas por la emergencia invernal* en varios municipios de Colombia, incluidos Lórica, San Bernardo del Viento y Ayapel en el Departamento de Córdoba. El proyecto, que aún continúa, incluye actividades en cuatro ejes principales:

\* Universidad de los Andes

1. Es necesario aclarar que en un país tropical como Colombia no existen las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño. La palabra “invierno” se utiliza localmente para referirse a las épocas de lluvias intensas. Ese es el sentido que le damos aquí siguiendo el título del proyecto a que hacemos referencia aquí, así como el uso popular de la palabra.

1. Apoyo flexibilizar las características de las instituciones educativas para atender las condiciones requeridas en la emergencia.
2. Formación de funcionarios de los entes territoriales y su acompañamiento en la formulación de políticas públicas educativas para las situaciones de emergencia.
3. Conformación y fortalecimiento de una red de atención educativa en emergencia inercial, con la participación de las instituciones educativas, agencias de cooperación internacional, organizaciones de base y la sociedad civil.
4. Consecución de albergues temporales en las épocas de inundación, que permiten que las escuelas no sean utilizadas como refugio.

Simultáneamente se instaló la Mesa Nacional de Educación en Emergencia (MNEE) en la que participan, además de las dos organizaciones mencionadas antes, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) y otros actores tanto gubernamentales como ONG y actores civiles. Con el trabajo y las recomendaciones de la MNEE, se dio el primer gran avance hacia un acuerdo colectivo sobre la importancia de salvaguardar la educación como derecho, el cual se concretó con las Directivas Ministeriales No. 12 de 2009 y No. 16 de 2011, en las que se establecieron lineamientos en esta materia dirigidos a los entes territoriales.

Esta ponencia reporta la sistematización de la experiencia en los tres municipios arriba mencionados, realizada a partir de revisión de literatura y documentos oficiales e informales, de entrevistas en profundidad a varios actores, y de dos visitas de campo. De la experiencia resaltamos los siguientes hallazgos:

### **1. La concepción de la educación como derecho, como eje unificador de las acciones de los diferentes actores.**

Se puede ver en la experiencia que ha habido acciones simultáneas, en diferentes niveles, que cobran sentido en la concepción de la educación como un derecho: desde esta perspectiva, no se trata de que el Gobierno cumple con su responsabilidad al prestar un servicio, sino que debe garantizar que los niños, niñas y jóvenes efectivamente ejercen su derecho a pesar las condiciones de la emergencia.

Son variadas acciones en este sentido. Con la expedición de la Directiva Ministerial No. 12, el MEN impartió “lineamientos a las secretarías de educación de las entidades territoriales certificadas con el fin de garantizar el derecho a la educación en situaciones de emergencia”, dando por lo tanto responsabilidad a los entes territoriales de la salvaguarda de dicho derecho. Se recomendó así la creación de comités para planear la prevención y la mitigación de los efectos de las emergencias que causaban la interrupción recurrente del ejercicio del

derecho a la educación. En la actualidad, los municipios y los departamentos cuentan con planes de emergencia como medida preventiva de la crisis. También, y a raíz de la ola invernal especialmente fuerte que se presentó durante 2010 y el primer semestre de 2011 –en la que más de 500 establecimientos educativos se vieron afectados por las lluvias–, el Gobierno Nacional expidió el Decreto 4827 de diciembre de 2010, con el cual se flexibilizó el calendario académico en todos los niveles de escolaridad, conservando unas horas mínimas semanales de atención presencial en los colegios. Por su parte, las acciones de UNICEF y Opción Legal de capacitación a maestros y directivos de instituciones escolares han permitido la adopción de metodologías pedagógicas y modos de trabajo más apropiados para las situaciones de emergencia. Es importante notar, sin embargo, que en el momento de realizar la sistematización (primer semestre de 2011), el discurso de la educación como derecho apenas estaba empezando a establecerse en rectores, profesores, y niños, siendo este más visible en funcionarios públicos.

Varios elementos convergieron en la creación de una conciencia colectiva que entiende la educación como un derecho que debe salvaguardarse como responsabilidad de todos: la creación de los comités regionales (departamentales) y locales (municipales) de prevención y atención de desastres (CREPAD y CLOPAD, respectivamente), la articulación coherente del MEN con los miembros de la MNEE, y el movimiento internacional que paralelamente se ha venido dando hacia la garantía del derecho a la educación en situaciones de emergencia.

## **2. La relación de doble vía entre las experiencias locales y la política pública nacional**

Un aspecto destacable de esta experiencia es la articulación de las acciones entre los diferentes niveles de gobierno y los diferentes actores que de manera directa intervienen en las situaciones locales. Posiblemente la participación de las agencias de cooperación y el MEN en la Mesa Nacional de Educación en Emergencia, sumada a que las acciones de estas agencias se llevan a cabo en lo local, dio como resultado una relación de influencia de doble vía entre por una parte la experiencia de las situaciones educativas vividas en medio de la emergencia, y por la otra la construcción de política pública nacional.

En la primera de estas influencias, el conocimiento y análisis de las experiencias locales por parte de la MNEE ha nutrido la política pública nacional con hechos y situaciones reales que tienen lugar en lo local y regional. Los lineamientos del Ministerio se apoyan no sólo en lecciones aprendidas a nivel mundial, en cuanto a elementos fundamentales para garantizar el cumplimiento del derecho a la educación, sino también de manera importante en las experiencias particulares que han tenido en terreno los miembros de la MNEE.

Esta es, en este sentido, una política pública construida a partir de la experiencia o evidencia.

Por otro lado, las políticas construidas por el MEN en el nivel han empoderado a los entes territoriales como gestores e implementadores de la política pública y responsables de la garantía del derecho a la educación. Esto ha generado el desarrollo de habilidades e iniciativas locales en términos de planeación, organización presupuestal, negociación con otros actores y, en general, acciones de los municipios y departamentos que muestran un nuevo y genuino interés por el cuidado de la educación como un bien común, y por el cual cada actor debe velar desde sus potestades y capacidades. Adicionalmente, el hecho de contar con el respaldo de la política pública nacional les ha servido también para tener más poder en el momento de interactuar con otros actores, y así conseguir lo que necesitan para garantizar el derecho a la educación. Por ejemplo, gracias a las directivas ministeriales los secretarios de educación han podido establecer una posición firme frente a otros funcionarios (como secretarios de salud o de gobierno) en cuanto a que las escuelas no pueden ser utilizadas como albergues, o frente al ejército acerca de no usarlas dentro del conflicto armado.

### 3. Las alianzas y las redes de cooperación

Otro aspecto que merece la pena ser resaltado en la experiencia es el trabajo que coordinadamente reúne las acciones de diferentes tipos de actores que no necesariamente se encuentran cotidianamente de esta manera. Este trabajo coordinado se materializa en el establecimiento efectivo de alianzas y redes que pueden verse, en esta experiencia, en al menos tres niveles:

- Entre el Estado y las agencias de cooperación
- Entre varios sectores del Estado
- Entre el Estado y la comunidad

Como se ha mencionado arriba, las agencias internacionales de cooperación jugaron un papel fundamental en la experiencia de los municipios y el departamento de Córdoba. No solo UNICEF como agencia impulsadora de este proyecto de *Mejoramiento de la calidad de la educación en escuelas afectadas por la emergencia invernal*, sino las diferentes agencias de cooperación que conforman la MNEE, han aportado al proyecto la experiencia y conocimiento que internacionalmente se ha acumulado sobre la educación en situaciones de emergencia. De esta manera, en los lugares donde han realizado sus acciones e intervenciones se han centrado en instalar y fortalecer la capacidad local de acción y el empoderamiento de las autoridades locales y regionales, y de la comunidad.



El Estado, por su parte, ha contribuido con las agencias de cooperación a través de la gestación de política pública que tenga en cuenta esta experiencia internacional de los organismos, así como la articulación necesaria en la ejecución de los proyectos locales.

La experiencia internacional contribuyó con la idea de escuela protectora con la cual se garantiza no solo el derecho a la educación ininterrumpidamente, sino la seguridad física, cognitiva y socioafectiva de los niños, niñas y jóvenes. En esta medida el cumplimiento del derecho a la educación se entiende interrelacionado con el de otros derechos, y por tanto se evidencia la necesidad de establecer alianzas del sector educativo con otros sectores como salud, nutrición, transporte y ambiente. La manera como en esta experiencia se hicieron estas alianzas fue a través del funcionamiento de las redes departamental y municipales de educación en emergencia. Ahora bien, además de que la educación ayuda a proteger otros derechos, la integración entre sectores es significativa también debido a que la protección de la educación necesita del funcionamiento adecuado de otros elementos como el transporte y la salud.

Como se mencionó anteriormente, la concepción de la educación como derecho de cuya garantía es responsable toda la sociedad, permitió evidenciar el involucramiento de la comunidad: las familias que habitan la región y los funcionarios públicos aprenden que las escuelas no se pueden usar con otros fines, en detrimento de la educación; los actores locales ayudan a hacer el mapa de afectación invernal; las ONG de la región que ayudan a difundir los mensajes y a “educar” a la población.

#### **4. La emergencia causada por el conflicto armado sigue siendo un tema pendiente que tiene Colombia**

Las situaciones de emergencia en las que se dificulta el acceso de los niños, niñas y jóvenes a la escuela no son sólo causadas por el invierno. El conflicto armado en Colombia ha contribuido con varias décadas en las que el desplazamiento forzado, los secuestros, y otras manifestaciones de violencia, han afectado a la población civil interrumpiendo la garantía de los derechos humanos y, entre ellos, la del derecho a la educación.

No obstante lo anterior, la experiencia que estudiamos en el departamento de Córdoba está centrada en la emergencia causada por desastres naturales y no en aquella causada por el conflicto armado. Si bien la capacidad en los diferentes niveles de gobierno de gestión del riesgo, y la conciencia colectiva de la importancia de proteger la escuela, pueden transferirse a situaciones de emergencia causadas por el conflicto armado, aún está pendiente resolver ese aspecto en términos de garantía del derecho a la educación.

[33]

## Experiencias en la Construcción de la Gestión del Riesgo en el Cañón del Río Páez

Adriana Agudelo\*, William Galvis\*\*, Diego Cuervo G.\*\*

### Resumen

LAS EXPERIENCIAS CON los volcanes Nevado del Ruíz y Galeras en Colombia, evidenciaron la necesidad de iniciar el monitoreo permanente en los volcanes en estado de reposo. Es así como se consolida en 1993 el INGEOMINAS-Observatorio Volcanológico y Sismológico de Popayán (OVSPo) (hoy Servicio Geológico Colombiano), con la misión de vigilar los volcanes Nevado del Huila, Puracé-Cadena de los Cocunucos y Sotará. El volcán Nevado del Huila registró, entre 2007 y 2008, dos erupciones freáticas, una freatomagmática y el emplazamiento de un domo lávico en superficie (con pulsos de extrusión en los años 2009 y 2010). Estas erupciones generaron flujos de lodo por los ríos Páez y Símbola (de 75 millones de m<sup>3</sup> en abril de 2007 y 360 millones de m<sup>3</sup> en noviembre de 2008), cambios superficiales en el edificio volcánico (aparición de un cráter, agrietamientos) y pérdida en el casquete glaciar (Ingeominas, 2008). Para la atención de la crisis volcánica, el OVSPo, además de ser la entidad responsable del monitoreo volcánico, participó en procesos continuos de socialización de la información técnica, en programas de capacitación realizados por las autoridades locales y el proyecto Dipecho, dirigidas a las comunidades que habitan la zona de influencia del volcán Nevado del Huila, en su mayoría pertenecientes a la etnia indígena Páez. Estas actividades contribuyeron al desarrollo de un importante trabajo interinstitucional articulado durante las diferentes etapas desde el inicio de la reactivación en 2007, para atender la situación de Desastre y los procesos de reconstrucción que se adelantaron, en los cuales la comunidad tomó conciencia de su responsabilidad, aportando sus conocimientos desde su percepción y experiencias con lo ocurrido con el sismo de

\* Servicio Geológico Colombiano-OVSPopayán.

\*\* Corporación Nasa Kiwe.

Páez (1994), todo esto hace parte de un proceso que contribuyó al fortalecimiento de la Gestión del Riesgo en la zona de influencia volcánica, de la cual debe destacarse la preocupación por comprender el fenómeno volcánico y hacerlo parte dentro su cotidianidad, es así como la comunidad define estrategias y toma iniciativas tempranas para “su Prevención”, el contar con un seguimiento permanente a través del sismógrafo en línea en la página web institucional, la emisión de un periódico local al que llamaron “El Enjambre” y la respuesta oportuna y eficiente de la comunidad, marcando la diferencia con lo ocurrido en 1994 (Sismo de Páez), cuando se perdieron 1.100 vidas; y en 2008, 10 vidas. En 1994, el gobierno nacional, declaró el “Estado de Emergencia” y asignó un presupuesto para la reconstrucción de 120.000 millones de pesos, a cargo de la Corporación Nasa Kiwe (Nasa Kiwe 10 años, 2003). Dadas las afectaciones ocasionadas por la erupciones volcánicas y la condición de escenarios de Riesgo existente, se aprobó el documento Conpes 3667 (julio 2010), “Lineamientos de Política para la Reducción del Riesgo ante la Amenaza de Flujos de Lodo (Avalancha) en el Volcán Nevado del Huila”, con un presupuesto de 154.066 millones de pesos, con el objeto de fortalecer la preparación ante futuros escenarios de emergencia y garantizar la incorporación del riesgo en el ordenamiento territorial. (Nasa Kiwe, 2009).

**Palabras clave:** Volcán, Nevado del Huila, Gestión del Riesgo

## 1. Introducción

EL VOLCÁN NEVADO de Huila (VNH), localizado al noreste del Departamento del Cauca y en los límites de los con los departamentos del Huila Y Tolima. Corresponde a la mayor elevación de la Cordillera Central (5364m.s.n.m), en su cima se encuentra el mayor casquete glaciar de los volcanes colombianos (10 km<sup>2</sup>). Considerado como un estrato volcán activo, con predominio de actividad efusiva y un comportamiento moderado (hasta febrero 2007) representado por su actividad sísmica, presencia de fumarolas y fuentes termales. En el mapa de Amenaza realizado por INGEOMINAS 1986 y actualizado en 1995, se tienen identificado los escenarios por flujos de lava, lahares, flujos piroclásticos, sismos y gases. Por fusión del casquete glaciar se pueden generar flujos de lodo volcánicos, aspecto que se señala como el factor de mayor amenaza (Cepeda y otros,1995). La red de drenaje principal esta conformada por los ríos Páez y Símbola, que luego de unirse llegan al río Magdalena, donde se encuentra la Represa de Betania. Las primeras erupciones históricas en el Volcán Nevado del Huila se registraron el 19 de febrero de 2007, 18 de abril y 20 de noviembre de 2008. Estas erupciones generaron flujos de lodo por los cauces de los ríos Páez y Símbola, con volúmenes entre 75 y 350 millones de m<sup>3</sup>, que afectaron en forma importante la infraestructura de 7 municipios de los departamentos del Cauca y el Huila. A lo largo de su historia, la región de Páez ha sido afectada

por diferentes eventos entre otros: Sismo de Páez (1994), eventos meteorológicos, erupciones volcánicas (2007, 2008, 2009) y sumado a las condiciones económicas, sociales de la población asentada, hacen de esta zona un territorio altamente susceptible a los desastres, que ha representado pérdidas de vidas, afectaciones importantes a la infraestructura. La erupción volcánica del Nevado del Huila en 2008, los daños alcanzan los \$55.000 millones de pesos. En esta región se generó un proceso altamente participativo, entre Estado –Comunidad - Instituciones, que evidencia la complejidad que involucra el desarrollo y la articulación de un modelo de Gestión del Riesgo.

## 2. Inicio de la Crisis Volcánica

Las primeras erupciones históricas en Volcán Nevado del Huila se registraron el 19 de febrero de 2007, 18 de abril 2007 y 20 de noviembre de 2008. Estas erupciones generan flujos de lodo que fluían a través de los ríos Páez y Símbola, con volúmenes entre 75 y 350 millones de m<sup>3</sup> que afectaron significativamente la infraestructura de los 7 municipios (Cauca, los departamentos de Huila), en el suroeste de Colombia. En el 2007, el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán, informó a través de comunicados a las autoridades y comunidad de la zona de influencia del VNH, de su reactivación y de inmediato se inició por parte de los Organismos de Socorro, un trabajo de evacuación de la cabecera municipal. Posteriormente, se continuó un intenso trabajo con los CLOPAD'S, CREPAD'S, las instituciones de la hoy UNGRD y las comunidades (zona urbana y rural), para elaborar los planes de contingencia, capacitaciones en el tema volcánico y preparar sistemas alertas tempranas. Durante la erupción del 20 de noviembre del 2008, se registraron 10 muertes. Fotografía1.

La Gestión del Riesgo en el Cañón del Río Páez, resultado de un proceso Estado-Comunidad-Instituciones, del cual se destacan los siguientes aspectos:

### 2.1. Institucional

El personal del OVSPo, informó del rápido incremento de la actividad del VNH y de la posibilidad de una erupción y de la necesidad de adelantar planes de contingencia. Para el trabajo del OVS, fue importante el conocimiento previo que se SGC(anterior INGEOMINAS) tenía del volcán, consignados en estudios geológicos, de amenaza volcánica, de retroceso glaciar, Avalancha de escombros del pleistoceno y el monitoreo sísmico, que inició con 1986 con muestreos de estaciones portátiles y en 1989 con vigilancia telemétrica, realizados por SGC (anteriormente IGM). La información científica fue socializada a través

de: Comunicados, página web institucional, talleres de capacitación (dirigidos a autoridades, organismos de socorro, medios de comunicación, ONG, etc.). Además de fortalecer la red de monitoreo y la realización de estudios de modelamientos por flujos de lodo. Desde el inicio de la reactivación del VNH, las instituciones que hacen parte del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, realizaron un intenso trabajo en la zona y un acompañamiento permanente a las autoridades y comunidad en general.

### *2.2 Comunidad*

Desde el momento que el OVSPo, informo sobre el aumento de la actividad del volcán, la comunidad tomo conciencia y participo activamente de los ejercicios de capacitación, seguimiento a la evolución del fenómeno volcánico, aportando su percepción desde la cosmovisión indígena y la experiencia con lo ocurrido y vivido durante el sismo de Páez (1994). La Comunidad fortaleció la comprensión del fenómeno volcánico y por tanto de su capacidad local de respuesta. Fotografía 2.

### *2.3 Medios de Comunicación*

En la zona existen emisoras comunitarias, que se preocuparon por entender el fenómeno volcánico y transmitir la información relacionada con responsabilidad y credibilidad, generando confianza dentro de la población en general. Su trabajo tuvo alta recepción y contribuyo a mantener permanentemente informada la comunidad y controlar las especulaciones sobre escenarios catastróficos y mejorar el conocimiento del volcán con términos sencillos y fáciles de entender. Fotografía 3.

### *2.4 Estado*

Ante la magnitud del Desastre, el gobierno Nacional declara la Emergencia Económica y mediante decreto Nacional (1179 del 9 de junio de 1994), crea la Corporación NASA KIWE (CNK), con el objeto de recomponer el sistema social, económico, social y de la infraestructura de la zona de desastre. Se le asigno un presupuesto de \$124.176 millones de pesos (valor a 1994). Se calcula una ejecución a precios de 2008 de 369.000 millones. Dada la vigencia de la situación de emergencia declarada en 1994 (según concepto de la Oficina Jurídica de MIJ, 15 agosto de 2007), se dispuso que la CNK atendiera esta situación

generada durante las erupciones volcánicas (2007 y 2008), para ello se aprobó un documento CONPES No3667 “Lineamientos de Política para la Reducción del Riesgo ante la Amenaza de Flujos de Lodo (avalancha) en el Volcán Nevado del Huila”, resultado de un acompañamiento del gobierno Nacional y con el trabajo del interinstitucional y de la alcaldías municipales. Con un presupuesto de \$177.946 millones de pesos. Se plantearon 4 objetivos estratégicos: Mejorar el conocimiento del riesgo por flujo de lodo en el cañón del río Páez, Fortalecer la capacidad de respuesta ante futuros flujos de lodo, Recuperar la zona tras el flujo de lodo del 20 de noviembre de 2008 e Intervenir la condición de riesgo por flujo de lodo en el cañón del río Páez.

### 3. Conclusiones

Se puede concluir que los aspectos relevantes que contribuyeron a la construcción de un proceso de Gestión del Riesgo en el Cañón del río Páez, se encuentran:

- La ubicación geográfica del municipio, donde confluyen condiciones geográficas, geológicas, ambientales, sociales y económicas, hacen de esta una zona altamente susceptible a eventos severos, como los ocurridos con el Sismo de Páez (6-6-1994) y las erupciones del volcán Nevado del Huila (2007,2008,2009).
- El OVSPo, disponía de información científica del fenómeno volcánico relacionada con aspectos geológicos, geomorfológicos, de retroceso glaciar, de avalanchas de escombros pleistócenicas y de la actividad sísmica desde 1986, conocimiento que fue importante en el momento de dar la alerta sobre los cambios en el comportamiento del volcán y la posible ocurrencia de una erupción volcánica.
- La división política- administrativa del municipio de Páez, dividido en una cabecera municipal y 15 resguardos indígenas, que de acuerdo a su organización reconocen a su gobernador como autoridad y líder en los procesos de valoración del riesgo, haciendo que estos ejercicios sean altamente participativos, donde aportan sus experiencias con el desastre de 1994 y sus percepciones acerca del fenómeno, desde su propia cultura. Otras comunidades, muestran interés por conocer esta experiencia para replicarlas en otras zonas de influencia volcánica.
- En 1994, el gobierno nacional, declaró el “Estado de Emergencia” y asignó un presupuesto para la reconstrucción de 120.000 millones de pesos, a cargo de la Corporación Nasa Kiwe. Dadas las afectaciones ocasionadas por la erupciones volcánicas y la condición de escenarios de Riesgo existente, se aprobó el documento Conpes 3667 (julio 2010),

“Lineamientos de Política para la Reducción del Riesgo ante la Amenaza de Flujos de Lodo (Avalancha) en el Volcán Nevado del Huila”, con un presupuesto de 154.066 millones de pesos, con el objeto de fortalecer la preparación ante futuros escenarios de emergencia y garantizar la incorporación del riesgo en el ordenamiento territorial. Dada la vigencia de la situación de emergencia declarada en 1994, se dispuso que la CNK, entidad responsable de ejecutar dicho documento. Estas decisiones han permitido mantener una institución del estado en zona que se caracteriza por su alta credibilidad y buen relacionamiento con la dinámica territorial.

- El interés que mostro la comunidad por participar en los talleres de capacitación, en la elaboración de sus planes de contingencia y en el seguimiento a la evolución del fenómeno volcánico, a partir de los comunicados y del sismógrafo en línea. Se logro fortalecer los relacionamientos entre los expertos y la comunidad en general.

### Referencias

- CEPEDA H, CORREA, A, 1995 Evaluación de Amenaza y Vigilancia Volcánica del Complejo Volcánico Nevado del Huila. Convenio INGEOMINAS – Corporación Nasa Kiwe. INGEOMINAS, Unidad Operativa Popayán, 30 p.
- INGEOMINAS (2008) Informe de actividad del volcán Nevado del Huila en Noviembre de 2008. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán Informe interno 24 p. ([www.ingeominas.gov.co](http://www.ingeominas.gov.co))
- NASA KIWE 10 AÑOS. 2003, Popayán, 61p ([www.nasakiwe.gov.co](http://www.nasakiwe.gov.co))
- NASA KIWE (2009) Informe de Gestión preparado para el Consejo Directivo, Popayán Informe Interno 74 p.

[34]

## Perspectiva económica en el mercado del seguro obligatorio de bienes comunes

Oscar Guevara

EL SEGURO OBLIGATORIO de Bienes Comunes en Propiedades Horizontales (en adelante SOC), respaldado en lo determinado por la ley 675 del 2001, ha sido tradicionalmente relacionado, y casi exclusivamente, con el gasto anual en una póliza de seguros para áreas comunes<sup>2</sup>, cuyo pertinencia y utilidad dentro de las inversiones de un grupo de copropietarios no es fácilmente verificable. Bajo este enfoque, el administrador tradicionalmente ha decidido entre diferentes productos de compañías aseguradoras, cada uno con coberturas, primas y otras alternativas de “aseguramiento” contra los riesgos de incendio y terremoto. Esto no es suficiente. Existen varias consideraciones, principalmente de información, para la evaluación, reducción, retención y transferencia del riesgo en el sector de vivienda, que merecen una agenda pública y privada alrededor del estado del mercado del SOC, basada en la necesaria modificación del estado actual de aseguramiento de bienes públicos, privados y comunes. Este artículo concluye que el mercado del SOC exige un esfuerzo extraordinario de diagnóstico y reformulación, que permita alcances mayores niveles de eficiencia. Presenta elementos de análisis aportados por la teoría micro económica, las bases para un nuevo escenario del SOC, con un énfasis final en el marco jurídico, la participación pública y privada y las opciones de comercialización



[35]

## Riesgo a inundación y comunidades afectadas en la rivera del Rio Hondo: frontera México – Belice – Guatemala

Oscar Frausto, Thomas Ihl, Michelle Gahona Fuller

LA RECURRENCIA DE inundaciones de alto impacto en la zona fronteriza entre México, Belice y Guatemala pone de manifiesto la ausencia de coordinación internacional para la toma de decisiones y planificación del territorio. La geografía, a través del mapeo de la susceptibilidad del terreno y la vulnerabilidad social brinda herramientas útiles para el apoyo en el manejo y mitigación del impacto de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Así, a través de un análisis morfométrico del relieve (altimetría, inclinación del terreno, modelos digitales del terreno), caracterización fisiográfica (depresiones, cimas, llanuras, terrazas, riveras) y caracterización hidrográfica (ríos, lagunas y cuerpos de agua), se identificaron aquellas áreas sujetas a inundación, diferenciadas en permanentes, ordinarias y extraordinarias. Asimismo, se caracterizaron aquellas comunidades ubicadas dentro de estas regiones susceptibles, determinando su grado de vulnerabilidad (Alta, media y baja) a las inundaciones. Los resultados principales son:

- Un sistema de información geográfica sobre áreas vulnerables a inundaciones en la rivera del Rio Hondo, con una resolución a escala 1:50000
- Cartografía temática sobre el análisis morfométrico que considera 25 mapas a escala 1:50000 de altimetría, inclinación del terreno y modelos digitales de elevación
- Caracterización fisiográfica, hidrográfica y de procesos de inundación para estos 25 mapas
- Identificación de la susceptibilidad del terreno a inundaciones, diferenciadas en permanentes, ordinarias y extraordinarias, representando el 8, 29 y 14 por ciento, respectivamente.

- Identificación de las comunidades vulnerables a inundaciones, 3 en alta, 12 en media y 47 en baja.

La identificación de zonas a inundación y las comunidades que son vulnerables sirve de base para la planificación ante contingencias y eventos hidrometeorológicos extremos. Este estudio es resultado del proyecto: agua y fenómenos peligrosos extremos: riesgo y desastres, financiado por el CONACYT – RETAC – UQROO.

[36]

## Disminución del riesgo ambiental por R.A.E.E: propuesta para un sistema integral estatal de gestión

Romina Ceballo, Juan Ignacio Leiva Kelly and Nicolas Ortiz

SE DENOMINA RAEE a los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos dañados, descartados u objetos que consumen electricidad incluyendo una amplia gama de aparatos como computadoras equipos de consumo, celulares, electrodomésticos Los principales contaminantes que se encuentran en los RAEE son metales preciosos como plata (Ag), Oro (Au), Materiales básicos Cobre (Cu), Aluminio (Al), materiales peligrosos Mercurio (Hg), Berilio (Be), Arsénico (As), Combustibles (Plásticos), otros materiales (madera), retardantes como PBDEs Ante estos residuos se aplica el concepto de las 3 R para una solución sustentable, en donde los principios básicos son: Reducir, Reciclar y Reutilizar Problemática Existente: El desafío surge de la relación con la evolución económica, la falta de políticas de intervención pública y la pobre relación inter-jurisdiccional Algunos de los problemas que se pueden resaltar son: La falta de orientación publica, la no continuidad de la política pública, la falta de una correcta configuración de las herramientas de gestión y la no complementariedad entre los distintos actores involucrados en la gestión Con el objetivo de disminuir los riesgos generados por este tipo de residuos se desarrolló una propuesta de gestión En la ciudad de Buenos Aires la Ley 1854 establece la gestión integral de residuos sólidos urbanos que tiene como objetivo el logro de un desarrollo sustentable con un alto nivel de protección ambiental, reduciendo la cantidad de residuos enviados a los rellenos sanitarios, fortaleciendo la necesidad de la implementación del concepto de la 3 R La Ley 473/2000 crea el Ente de Mantenimiento Urbano Integral que tiene como objetivo administrar los servicios públicos de mantenimiento de la Ciudad de Buenos Aires A nivel nacional, la ley 24051 encuadra aquellos residuos que están dentro de los RAEE y que poseen características peligrosas que pueden impactar directa o

indirectamente a seres vivos, suelo, agua, atmosfera o al ambiente en general. Dentro de este marco legislativo, se propone un sistema de gestión con responsabilidades de ejecución distribuida en tres actores principales; estas se relacionan con lograr eficiencia en el control, monitoreo, organización y gestión general de los RAEE. Es así que el sistema propone al Gobierno como regulador y actor de la recolección logística, del desensamble y de los recicladores de RAEE. Así también estas partes del sistema sean monitoreadas y controladas por una Entidad Supervisora, por último un tercer actor el Organizador Responsable de Productores. De esta manera se propone un sistema de Gestión que se presenta en este trabajo.

[37]

## Políticas de prevención y mitigación en la gestión de riesgos de desastres. El caso de la Ciudad de Santa Fe (Argentina)

Silvia Esther Fontana y Matías Ezequiel Barberis Rami

**INTRODUCCIÓN:** En una publicación de la Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de la Organización de Estados Americanos (OEA, 2004) se pone de manifiesto que, desde la década de 1960, los desastres naturales se han multiplicado y, a la vez, esto ha producido un crecimiento geométrico en las pérdidas económicas de los países que se ven afectados. A ello se suma la afirmación que sostiene que los desastres sobrevienen cuando no se conoce o no se actúa apropiadamente frente a los riesgos a los que estamos expuestos. **Hipótesis:** Así es que en los últimos años, los distintos niveles gubernamentales debieron emprender acciones frente a la ocurrencia de diversos fenómenos meteorológicos extremos, los que en numerosas ocasiones se convierten en desastres. **Objetivos:** Presentar un análisis de medidas implementadas por los gobiernos locales en lo referente a las políticas de prevención de riesgos, y de mitigación de los impactos de los desastres. Aquí analizaremos las medidas de prevención y de mitigación implementadas por el Gobierno de la Ciudad de Santa Fe (Argentina), buscando comprender la actuación del mismo frente a un hecho de importancia para la zona, como fue la inundación del 2003 y sus consecuencias. **Métodos:** Para el desarrollo de la investigación, se utilizaron estrategias cualitativas. Por un lado en la construcción de los datos se adoptaron técnicas como la entrevista en profundidad y el análisis documental, y en el proceso de interpretación de datos se recurrió al análisis de contenido cualitativo. **Resultados y Conclusiones:** La Ciudad de Santa Fe ante la complejidad del proceso socio-político que envuelve a la gestión de riesgo de desastres, estableció un Sistema Municipal de Gestión de Riesgos, con la idea de dar un encuadre integral a las acciones cuyo objetivo final sea la reducción de riesgos. En este sistema encontramos insertas aquellas medidas que llevan a la mitigación del riesgo dentro del contexto del cambio climático, y que serán las acciones que se abordarán específicamente.

## V

# INGENIERÍA Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

- [38] Desarrollo de la investigación de incendios mediante el uso de herramientas computacionales: revisión histórica
- [39] Optimización del diámetro de una red tuberías para la liberación de presión utilizando variable entera
- [40] Método de Lattice-Boltzmann: Nueva alternativa para la estimación de pérdidas
- [41] Caracterización de combustibles sólidos con ayuda de herramientas de simulación CFD
- [42] Aprovechamiento de los neumáticos usados por medio de su gasificación parcial con CO<sub>2</sub> para la obtención de carbones activados
- [43] Modelado y optimización del riesgo en redes de transporte de combustibles en zonas urbanas
- [44] Diseño de una unidad de almacenamiento de lpg basado en los principios de seguridad inherente mediante una aproximación NLP
- [45] Perceived risks and benefits of nanotechnology applied to the food and packaging sector in México

[38]

# Desarrollo de la investigación de incendios mediante el uso de herramientas computacionales: revisión histórica

Jaime Cadena, Dolly Lozano, Felipe Muñoz Giraldo\*

## Resumen

ESTE TRABAJO PRESENTA una rápida revisión histórica de la problemática de incendios a nivel mundial y regional, la cual impone retos importantes para la protección de infraestructuras sensibles a los países en vías de desarrollo y emergentes. Se realiza un levantamiento de modelos y herramientas de simulación disponible para el cálculo de intensidades en este tipo de evento. La construcción de escenarios mediante el uso de herramientas computacionales soporta el Diseño Basado en Desempeño (PBD), como complemento de las aproximaciones prescriptivas incluidas en las diferentes normativas latinoamericanas. Una gran mayoría de los países latinoamericanos no incorporan dentro de sus marcos normativos aproximaciones PDB, pero permiten la construcción de infraestructuras cada vez más complejas. Se plantea entonces un paradigma que permite evidenciar la necesidad de construir conocimiento regional que incluya condiciones particulares constructivas, culturales y de uso, con el ánimo de proteger la vida, infraestructura y ambiente.

**Palabras clave:** Incendios, Diseño Basado en Desempeño

## Introducción

LA PROBLEMÁTICA DE incendios en infraestructuras residenciales, comerciales o industriales, constituye un reto para los países emergentes. En los Estados Unidos este tipo de eventos registra pérdidas anuales de aproximadamente

\* Departamento de Ingeniería Química, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

US\$14 billones y cobra la vida de cerca de 3500 personas. Al otro lado del continente, la ocurrencia de este tipo de incendios ocasiona pérdidas directas equivalente al 20% de PIB en el territorio francés [1]. Latinoamérica no cuenta con cifras consolidadas que permitan describir su problemática actual, pero resulta evidente la imperiosa necesidad de construir conocimiento local que evite pérdidas importantes. En general, los países emergentes y en vías de desarrollo necesitan construir infraestructura estratégica que permita un crecimiento económico sostenible. Esta generalmente está constituida por edificios públicos con capacidades para miles de personas, túneles para el transporte de carga y pasajeros, instalaciones industriales colosales y rascacielos que permiten densificar las áreas urbanas. A la hora de diseñar una filosofía contra incendios en esta parte del continente, los ingenieros cuentan con algunas herramientas prescriptivas representadas por códigos o normas, sin embargo este tipo de instrumentos solo es útil cuando la construcción se ajusta a parámetros claros. Una nueva aproximación para infraestructura compleja la representan los estudios por desempeño, los cuales plantean escenarios con miras a analizar la relación de complejidad entre la estructura y las dinámicas propias de un incendio.

### Problemática Global

Los eventos de incendios en áreas rurales, urbanas e industriales representan una constante a lo largo de la historia. Sin embargo, sus afectaciones se han incrementado dramáticamente en los dos últimos siglos, como resultado de la densificación urbana, el desarrollo tecnológico y la intensificación industrial [2].

En lo corrido del siglo XXI, las fatalidades representan uno de los principales indicadores para el análisis de esta problemática. Datos consolidados por el Centro Mundial de Estadísticas de Incendios (WFSC, por sus siglas en inglés) evidencian un comportamiento estable de este indicador, lo que pone en duda la efectividad de las medidas de protección a personas (Fig. 1) [1].

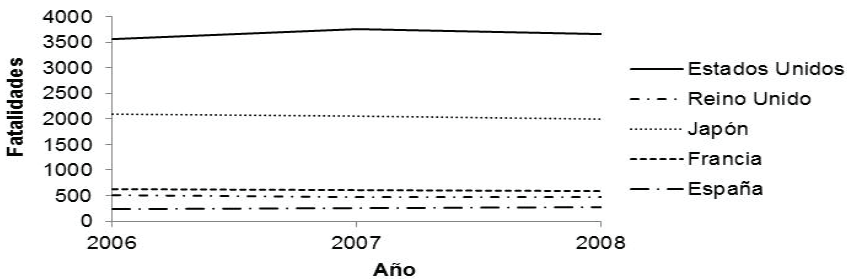


Fig. 1. Estadísticas de fatalidades por incendios (países seleccionados)[1]



Al mismo tiempo el análisis de la WFSC permite concluir que el nivel de desarrollo no necesariamente es sinónimo de protección. Países desarrollados como Japón y Estados Unidos aportan el mayor número de víctimas.

Por otro lado, las tasas de fatalidades por incendios (Fig. 2) permiten establecer cómo la efectividad normativa es afectada por el tamaño del territorio y factores medio-ambientales. El caso finlandés es particularmente interesante dada la ocurrencia de fenómenos naturales como tormentas de nieve, temperaturas extremas y vientos con muy altas velocidades promedio, los cuales dinamizan los fenómenos involucrados y representan obstáculos para la atención oportuna de las emergencias.

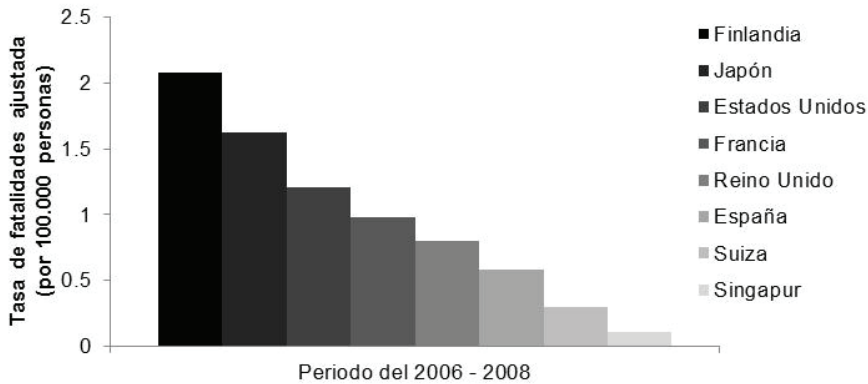


Fig. 2. Tasa de fatalidades por incendios (países seleccionados) [1]

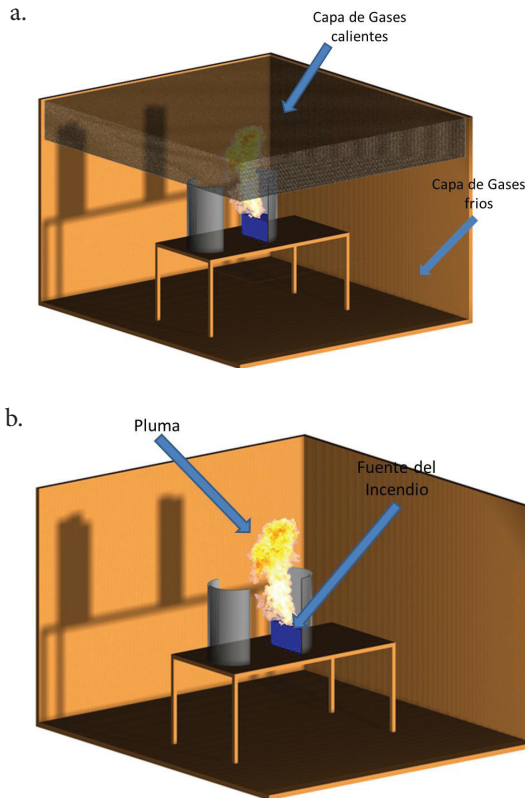
Para concluir, se puede aseverar que los civiles representan una gran parte de las víctimas, lo que impone un reto a los legisladores nacionales y los ingenieros contra incendios, a la hora de desarrollar modelos y herramientas que permitan prevenir la pérdida de vidas.

### Herramientas computacionales

Las herramientas computacionales constituyen un instrumento esencial para el estudio de dinámicas asociadas a fuego, con base en escenarios. Desde la década de los noventa un grupo de organizaciones, donde se destaca el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de Estados Unidos (NIST, por sus siglas en inglés), han propuesto herramientas que permiten el Diseño Basado en Desempeño (PBD). Esta aproximación propone determinar los requerimientos de estructura y sistemas contra incendios, a partir del cálculo de intensidades mediante modelos fenomenológicos, lo que permite inferir posibles afectaciones.

Es importante anotar, que este desarrollo es fruto de la investigación iniciada en 1960 [3] por la Comisión Nacional Reguladora de Energía Nuclear de Estados Unidos (NRG, por sus siglas en inglés), la que estableció la necesidad de desarrollar herramientas computacionales para soportar los PBD [4].

Como producto de estas iniciativas se consolidaron los modelos fenomenológicos de zona y campo, que hoy en día lideran la simulación de incendios. Los modelos de zona permiten hacer simplificaciones y aproximaciones del valor de las variables de interés (p.e. temperatura de capa de gases calientes, temperatura y altura de pluma, entre otros), obteniendo buenas predicciones para infraestructuras sencillas, conocidas como compartimientos tipo caja ((Fig. 3).



*Fig. 3.* a) Representación de la capa de gases calientes y fríos en un modelo de zonas  
b) Representación de la pluma de humo en la fuente del incendio

Por otra parte los modelos de campo se basan en la resolución de las ecuaciones de conservación de masa, momento y energía en un espacio físico dividido por una grilla computacional, la cual permite que los resultados de las

variables se computen en lo que se denomina un nodo (división unitaria de la grilla), haciendo posible el análisis de geometrías complejas.

Los modelos de zona y campo no son los únicos disponibles para el cálculo de intensidades, estos están acompañados de otro tipo de propuestas no fenomenológicas que permiten el estudio de estudio de escenarios simples y particulares (Tabla 1).

*Tabla 1.* Resumen de las herramientas utilizadas en ingeniería de protección contra incendios.

<b>Modelo/Tipo de Herramienta</b>	<b>Cantidad*</b>	<b>Descripción</b>	<b>Rango de Aplicación</b>
Modelos térmicos de incendio simplificados	5	Distribuciones uniformes de temperatura (para compartimientos) y cálculos basados en parámetros específicos	Muy limitado
Modelos de Zona	48	Dos volúmenes de control (en algunos casos solo uno). Se asumen propiedades homogéneas para cada volumen de control	Limitado a restricciones del modelo y al nivel de detalle deseado
Modelos de Campo	18	“Punta de lanza de la ingeniería de protección contra incendios”. Grilla computacional que incluye balances de momento, masa y energía para cada nodo y todo el volumen estudiado	Amplio. Pueden aplicar restricciones fenomenológicas
Modelos simplificados de resistencia estructural	13	Aislamiento de cada elemento estructural de una infraestructura y cálculo de su comportamiento	Limitado. Se utiliza para complementar los modelos de zona o campo
Modelos avanzados de resistencia estructural	26	Software de propósito general basado en códigos de elementos finitos que permiten calcular el tiempo de colapso de una estructura	Específico
Modelos de evacuación	19	Estos modelos permiten calcular el tiempo disponible y requerido para la evacuación de una infraestructura	Específico

<b>Modelo/Tipo de Herramienta</b>	<b>Cantidad*</b>	<b>Descripción</b>	<b>Rango de Aplicación</b>
Modelos de respuesta de detectores	10	Estos modelos calculan el tiempo de activación de dispositivos de seguridad contra incendios (barreras activas)	Específico

\* información basada en [5]

### Complejidad estructural en Latino América

Al 2011 Latino América cuenta con 182 edificios de más de 150 metros de altura y 42 en proceso de construcción. Por otra parte la infraestructura subterránea es cada día más común en la región, siendo muestra de ello proyectos en construcción en Colombia y Chile-Argentina (8.6 km y 13 km respectivamente). La protección contra incendios de este tipo de infraestructura compleja se aborda desde el principio de prescripción, Códigos Prescriptivos, los que consideran estructuras convencionales, las que claramente no incluyen la infraestructura anteriormente mencionada. Es por esto que los ingenieros latinoamericanos deben preguntarse ¿cómo abordar el diseño de un sistema contraincendios para estructuras de alta complejidad?. Es aquí donde una visión con base en desempeño resulta útil. El PBD mantiene los requerimientos mínimos de los códigos prescriptivos e incorpora un análisis detallado de escenarios como soporte para la toma final de decisiones. Resulta urgente incorporar en las legislaciones regionales instrumentos que permitan complementar las aproximaciones prescriptivas.

Es bueno anotar que el cálculo de intensidad se soporta en los modelos mencionados en la Tabla 1, pero la comprensión de los fenómenos involucrados aun no permite una formulación capaz de predecir con exactitud una dinámica bajo condiciones reales. Una simulación efectiva de escenarios dependerá del desarrollo de conocimiento local que incorpore condiciones particulares constructivas, culturales y ambientales.

### Conclusiones

La opción de tomar decisiones sobre los sistemas contraincendios, materiales de construcción y la actividad propia de una infraestructura compleja, debe incluir el análisis de escenarios mediante simulaciones “a la medida”. Esta inclusión de una aproximación PBD permite dimensionar correctamente las medidas de protección necesarias, reduciendo la incertidumbre propia de los Códigos Prescriptivos.

Esta revisión plantea la coyuntura entre el desarrollo latinoamericano y la posible aplicación de estos nuevos elementos, dentro de los cuales existen interrogantes y niveles de incertidumbre que deben ser afrontados por los ingenieros.

Este trabajo plantea la necesidad imperante de construir conocimiento local que permita el desarrollo de modelos y herramientas computacionales apropiadas para el contexto regional.

### Referencias

- WORLD FIRE STATISTICS, International Association for the Study of Insurance Economics: Geneva. p. 20.
- BOARD, U.S.C.S. Investigations. 2011; Available from: <http://www.csb.gov/investigations/default.aspx>.
- NELSON, H.E., History of Fire Technology, in Conference on Fire Safety Design in the 21st Century 1991, National Institute of Standards and Thechnology, Building and Fire Research Laboratory: Worcester Polytechnic Institute, MA. p. 16.
- MAIN REPORT (NUREG-1824, Volume 1), in Verification and Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plant Applications 2007, U.S. Nuclear Regulatory Commission: Rockville, MD 20852-2738.
- F. MORENTE, J.D.L.Q., F. WALD, Part 4: Software for fire design.

[39]

# Optimización del diámetro de una red tuberías para la liberación de presión utilizando variable entera

G. Gómez, J. Gómez, F. Muñoz\*

## Resumen

EL DISEÑO DE sistemas de alivio es un problema de gran importancia en las industrias, principalmente en las refinerías, en donde se manejan sustancias volátiles y de gran inflamabilidad. Algunos de estos sistemas cuentan con tuberías que tienen como objetivo dirigir el material liberado por una válvula de seguridad a una tea en donde es incinerada de manera segura. Estos sistemas tienen una gran importancia debido a que si no son dimensionados adecuadamente pueden convertirse en un riesgo para la operación en el caso que se presente una desviación de la operación normal de la planta, por lo que se debe garantizar las presiones de diseño (p.e back pressure). Autores como Dolan [1], Cheng[2] , Murtagh[3], han trabajado en el dimensionamiento de tuberías por metodologías como el Recocido Simulado o Redes Genéticas, pero ninguno de ellos se han ocupado en desarrollar este sistema de manera no lineal haciendo uso de la variable entera (MINLP<sup>1</sup>). El trabajo presenta la selección de un conjunto de diámetros para cada una de las secciones de tubería que están interconectadas entre la zona de la liberación y la tea. El conjunto debe conciliar tanto el beneficio económico como el técnico, la caída de presión permisible entre los nodos (punto de liberación) y la tea. Es necesario adicionar que la consideración más importante que se tiene en cuenta en el desarrollo de trabajo es un flujo unidireccional del material liberado por cada una de las válvulas. Para la resolución del problema de optimización se recurrió a la herramienta General Algebraic Modeling System (GAMS). Se encontró una correlación entre los diámetros obtenidos por Dolan et al y este trabajo. Sin embargo esta propuesta permite fijar las caídas de presión permisibles para cada una de las líneas de flujo, lo que garantiza el cumplimiento de las presiones utilizadas para cada una de las especificaciones de las válvulas de seguridad.

**Palabras clave:** Red, Tubería, optimización.

\* Departamento de Ingeniería Química, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2012  
1. MINLP: Optimización no lineal utilizando variable entera

## Introducción

El riesgo asociado a una liberación de material a la atmosfera está relacionado con el peligro intrínseco que representa la sustancia y las condiciones en las que se encuentra. La mejor forma de prevenir el desarrollo de un incidente es manejar este material peligroso a través de una serie de tuberías que permitan disponer adecuadamente (desde el punto de vista de la seguridad en proceso) la sustancia mediante su incineración en una tea. Cabe aclarar que esto no se puede aplicar para todo tipo de sustancias, debido a que al momento de hacer combustión algunos compuestos pueden generar gases nocivos para la salud que pueden dispersarse en el aire y afectar tanto a los empleados y contratistas, como a las personas que se encuentran “off-site”.

En este sistema la caída de presión es un valor fundamental en el diseño de la red, debe asegurarse que todo el material liberado sea incinerado en la tea. Adicionalmente, se debe hacer un mantenimiento preventivo con el fin de detectar fugas que puedan representar un problema de seguridad en el momento que se active alguna de las PSV.

El problema de diseño se relaciona con la selección de un conjunto de diámetros para cada uno de las secciones de tubería que interconectan las PSV con la tea, tal como se presenta en la Figura 1.

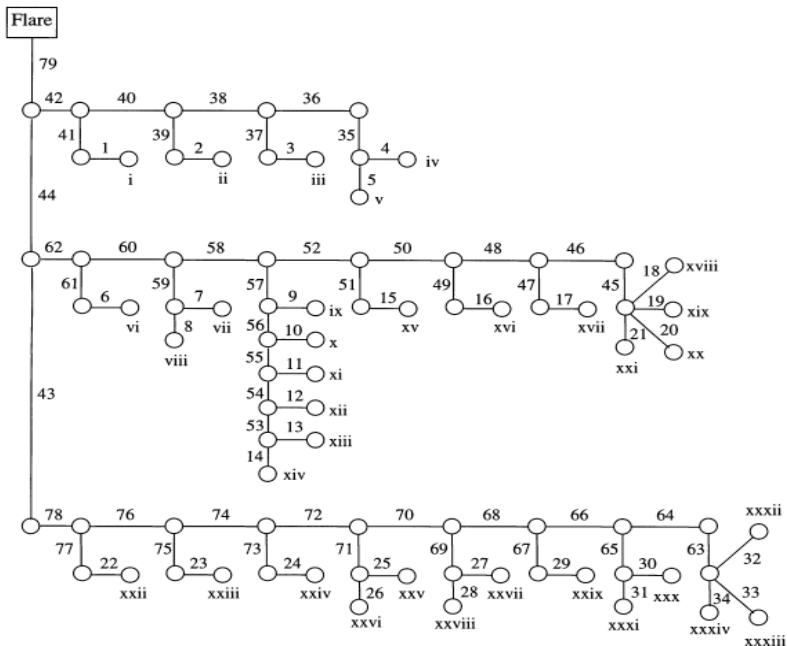


Figura 1. Configuración de la red[1-4]

La red interconecta las unidades de proceso y equipos a las zonas de descarga de presión (tea). Muestra una configuración típica en donde la raíz del diagrama es la tea y cada una de las ramas representa una operación específica de la planta. Esta configuración es dictada por medio de los planos de equipos de proceso. Se presenta un conjunto de 79 secciones de tubería asociado cada uno con un diámetro y 34 válvulas de alivio con unas condiciones establecidas.

Para el diseño de la red se tienen consideraciones de operación y de flujo, como las planteadas por autores como Alperovits[5]:

- **Flujo unidireccional:** Cuando se activa una válvula de alivio, el material que la atraviesa tiene una única ruta de liberación, establecida por cada una de las secciones de tubería que se tienen hasta llegar a la tea.
- **Propiedades y condiciones constantes:** Durante el tiempo de la liberación (variable según la situación considerada), las condiciones de la sustancia (p.e. presión, temperatura, viscosidad) no se ven afectadas, por lo que se considera estado estacionario.

### Método o desarrollo experimental

El problema es formulado como la minimización del capital invertido, representado como la suma de los costos de cada segmento de tubería. El costo de la tubería se asume proporcional al costo de una unidad de longitud relacionada en una función lineal con el diámetro.

La función objetivo de la red de tuberías, dividida en S segmentos entre nodos es:

$$C(d_1, d_2 \dots d_s) = \sum_{k=1}^s L_k (\alpha + \beta d_k) \quad (1)$$

Donde,

$\alpha$ , es el factor de costo asociado a la longitud (7.1243 \$/m)

$\beta$ , es el factor de costo asociado a diámetro (341.05 \$/m<sup>2</sup>)

El flujo de gas en la tubería entre los puntos A y B, pueden ser modelados por la siguiente ecuación:

$$P_A^2 - P_B^2 = \frac{0.3697 f(L+L_e)W^2RT}{\pi^2 M d^5} \quad (2)$$

Dónde:

W, es el flujo volumétrico [kg/s]

M, es la masa molecular del gas.



R, es la constante universal de los gases.

T, es la temperatura del gas [K]

$P_A$  y  $P_B$ , son las presiones en los extremos de la tubería (PSV y tea).

L, es la longitud del segmento de tubería [m].

$L_e$ , es la longitud equivalente [m]

d, es el diámetro del segmento de la tubería [m]

f, es el factor de fricción calculado como:

$$f = 0.0475 \left[ \frac{1.1744 \times 10^{-12} W}{\mu d} \right]^{-0.186} \quad (3)$$

Donde  $\mu$  es la viscosidad del gas, con un valor de  $2 \times 10^{-5}$  Ns/m<sup>2</sup>.

Al introducir la ecuación 3 en 2, se obtiene la siguiente ecuación:

$$P_A^2 - P_B^2 = \frac{K(L+L_e)}{d^{4.814}} \quad (4)$$

Donde,

$$K = \frac{2.9078 \mu^{0.186} W^{1.814} R T}{\pi^2 M} \quad (5)$$

### Restricciones del modelo de optimización

Al aplicar una restricción para la caída de presión entre cada nodo terminal t (válvulas de alivio), y la tea, se puede denotar de la siguiente manera:

$$\sum_{k \in Q_t} (P_A^2 - P_B^2)_k = \sum_{k \in Q_t} \frac{K_k(L_k+L_{e_k})}{d_k^{4.814}} \leq b_t \text{ para } t = 1, \dots, N \quad (6)$$

Donde  $Q_t$  es el conjunto de secciones de tubería entre el nodo terminal y la tea preestablecidas por la configuración presentada en la Figura 1. El parámetro  $b_t$  está relacionado con la caída de presión permitida para cada una de los caminos PSV-tea, los cuales se pueden encontrar en el trabajo realizado por Cheng[2].

Utilizando esta última ecuación, el problema de optimización se formula:

$$\text{Min } C(d_1, d_2, \dots, d_n) = \sum_{k=1}^n L_k (\alpha + \beta d_k) \quad (7)$$

Sujeto a:

$$\sum_{k \in Q_t} \frac{K_k(L_k+L_{e_k})}{d_k^{4.814}} \leq b_t \text{ para } t = 1, \dots, N \quad (8)$$

### Resultados:

Al resolver el problema de optimización MINLP por medio de la herramienta GAMS, antes descrita, se evidenciaron ciertos problemas con el valor de la caída de presión utilizada. Esto se debe a los valores que están dados en el trabajo de Dolan et al[1], son de gran magnitud ( $3,32 \times 10^{12}$  Pa<sup>2</sup>), lo cual causó que la optimización determinara diámetros muy pequeños respecto a la longitud de la sección de tubería (1 pulgada para una tubería de 1006m). Por este motivo, se realizó un pequeño cambio en la configuración de tal manera que el valor de la caída de presión (b) fuera un parámetro mas no una constante en la optimización de tal manera que fue necesario utilizar los resultados dados por el Dolan et al para obtener la restricción de caída de presión en cada una de las PSV, de tal manera que se obtiene una caída de presión de referencia y finalmente un conjunto de diámetros asociado a esas condiciones de operación.

A modo de ejemplo, el cambio en la caída de presión para la válvula 1, inicialmente era de  $3,32 \times 10^{12}$  Pa<sup>2</sup>, y al realizar el cambio su valor fue de  $6,96 \times 10^7$  Pa<sup>2</sup> lo que representa una reducción del 99.998%, obteniendo un comportamiento en los diámetros donde se conserva la misma magnitud.

Finalmente, se presenta en la Figura 2 una comparación entre los diámetros obtenidos por Dolan y los calculados en este estudio.

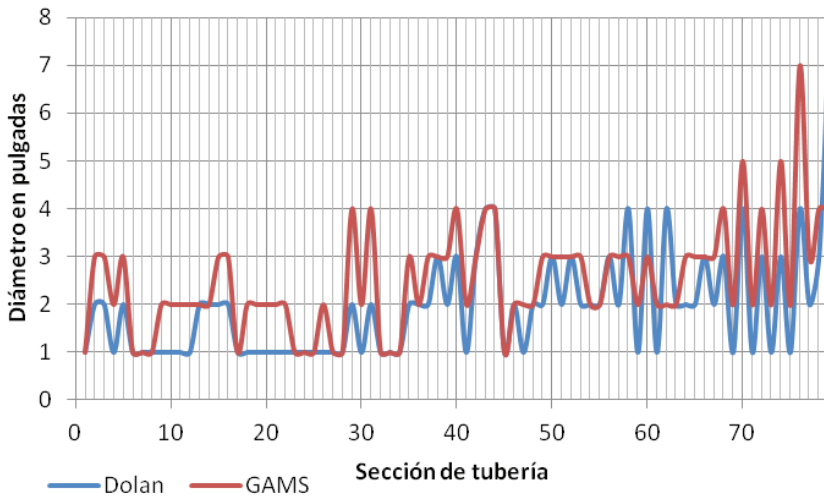


Figura 2. Comparación entre los valores obtenidos por el proyecto y los presentados en el trabajo de Dolan[1]

Un criterio de comparación adicional es el valor de la función objetivo en el que la variación es del 25%, que representa un valor considerable si se tiene

en cuenta el cambio de parámetro que fue necesario realizar se puede considerar una buena aproximación. En este punto, es necesario considerar otros aspectos que están involucrados en el desarrollo del proyecto como el valor de las longitudes, en donde se desconoce los valores utilizados por el autor descrito anteriormente.

### Conclusión

Se encontró una correlación entre los diámetros obtenidos por Dolan et al y este trabajo. Sin embargo esta propuesta permite fijar las caídas de presión permisibles para cada una de las líneas de flujo, lo que garantiza el cumplimiento de las presiones utilizadas para cada una de las especificaciones de las válvulas de seguridad.

### Bibliografía

- [1] W. B. DOLAN, ET AL., "Process Optimization via Simulated Annealing: Application to Network Design," *AIChE Journal*, vol. 35, p. 12, May 1989 1989.
- [2] W.-B. CHENG AND R. S. H. MAH, "Optimal Design of Pressure Relieving Piping Networks by Discrete Merging" *AIChE Journal*, vol. 22, p. 6, 1976.
- [3] B. A. MURTAGH, "An approach to the optimal design of networks," *Chemical Engineering Science*, vol. 27, p. 11, 1971.
- [4] A. L. H. COSTA, ET AL., "Optimization of pressure relief header networks: a linear programming formulation," *Computers & Chemical Engineering*, vol. 24, pp. 153-156, 2000.
- [5] E. ALPEROVITS, & SHAMIR, U., "Design of optimal water distribution systems.," *Water Resource Research*, vol. 13, 1977.

[40]

# Método de Lattice-Boltzmann: Nueva alternativa para la estimación de pérdidas

J. Díaz Cruz<sup>\*</sup>, S. Ordóñez<sup>\*\*</sup>, F. Muñoz<sup>\*</sup>

## Resumen

PARA LA ESTIMACIÓN de pérdidas de contención de fluidos en la industria, tradicionalmente se utilizan dos métodos: los Modelos Fuente y los modelos de Computational Fluid Dynamics. Sin embargo, estos métodos presentan desventajas que hacen ineficiente el análisis de las pérdidas. Por lo anterior, este trabajo propone la utilización del método de Lattice Boltzmann, para realizar simulaciones con superficie libre, de escenarios con derrame de líquidos newtonianos y formación de piscina. Este modelo fue programado en C++ y validado por medio de la comparación con resultados experimentales. Con el uso de este método se pudo establecer que en las simulaciones se reduce el tiempo y memoria computacional, además de generar resultados con menor incertidumbre que los métodos convencionales.

**Palabras clave:** Modelos Fuente, pérdida de contención de líquidos, risk assessment, método de Lattice Boltzmann.

## Introducción

EN TODAS LAS instalaciones de la industria química existen elementos que pueden asociarse a liberaciones o emisiones de materiales tóxicos o peligrosos, tales como tanques de almacenamiento, tuberías y reactores químicos. Estos materiales pueden encontrarse en diferentes fases y generar diversos tipos de incidentes después de ser liberados a la atmósfera. Un ejemplo de este tipo de incidentes ocurrió el 23 de Diciembre de 2011 en Risaralda, Colombia. En este accidente se derramó una mezcla de hidrocarburos tras la ruptura en una

<sup>\*</sup> Departamento de Ingeniería Química, Universidad de los Andes, Colombia.

<sup>\*\*</sup> Singapore-ETH Centre, Future Cities Laboratory.

sección del poliducto Salgar-Cartago, debido a un movimiento de tierra ocasionado por el fuerte invierno. El crudo derramado entró en contacto con una fuente de ignición, ocasionando numerosas explosiones y un incendio. En este accidente, 11 personas perdieron la vida y 99 resultaron heridas, además, 101 viviendas fueron afectadas, 22 de las cuales quedaron completamente destruidas.

Para la elaboración de estudios sobre cuantificación de riesgo y consecuencia, en diferentes accidentes, tanto a priori como a posteriori, es importante describir y analizar la etapa de la liberación del material. En esta etapa es importante poder calcular valores como la cantidad total de material liberado, el tiempo de liberación, la tasa de liberación y la fase en la cual se libera el material; para esto se utilizan tradicionalmente dos métodos. En primer lugar, se encuentran los Modelos Fuente (MF), los cuales están basados en ecuaciones empíricas (Crowl, 2002). Estos modelos son muy limitados, ya que no están en la capacidad de describir todos los posibles incidentes que se puedan presentar. Esta alternativa, depende de parámetros propios del incidente, los cuales se desconocen si el incidente no ha sido estudiado previamente. Lo anterior implica que los resultados obtenidos a partir de la implementación de estos modelos, pueden llegar a ser incorrectos. Sin embargo, estos modelos han sido utilizados por más de 50 años debido a su rapidez para obtener aproximaciones del fenómeno y a su capacidad de predecir “el peor de los escenarios”, con el fin de tomar decisiones sobre este supuesto. Después de considerar la descripción de los MF, se puede establecer que estos presentan un grado de incertidumbre significativo.

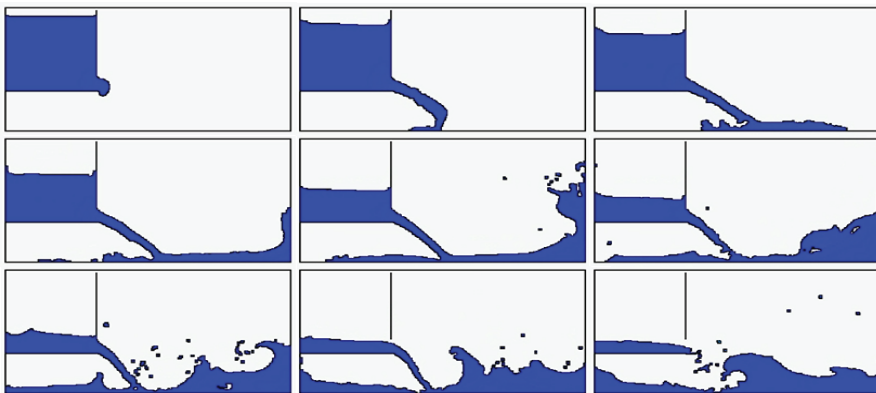
De igual manera, es posible utilizar modelos de Computational Fluid Dynamics (CFD), los cuales se encargan de simular flujos reales, a partir de la solución numérica de las ecuaciones de conservación de Navier-Stokes (NS). Dependiendo del sistema a analizar, estos modelos utilizan métodos de discretización del espacio y el tiempo como diferencias finitas, elementos finitos, volúmenes finitos, entre otros (Ferziger, 2002). Estos modelos de discretización, a diferencia de MF, permiten incluir elementos específicos en las simulaciones tales como los obstáculos y condiciones atmosféricas del escenario. Por esta razón, estos análisis brindan resultados más precisos y realistas. Sin embargo, los modelos CFD presentan la desventaja de requerir un tiempo computacional elevado. Así mismo, se hace necesario contar con grandes recursos computacionales si se desea incluir geometrías detalladas.

### Metodología

Para evitar los inconvenientes mencionados anteriormente, este trabajo propone la simulación del fenómeno de derrame de líquidos newtonianos, utilizando el método de Lattice Boltzmann (LBM), con el fin de describir de manera

detallada la pérdida contención del material y el proceso de formación de piscina. LBM es un modelo utilizado para la simulación de flujo de fluidos, el cual está basado en la solución de la ecuación de Boltzmann, la cual, puede ser ajustada para modelar las ecuaciones de conservación de NS (Succi, 2001). A diferencia de los métodos de MF y CFD, el método planteado en este trabajo permite incluir obstáculos en las simulaciones con geometrías complejas y detalladas sin afectar su rendimiento computacional. Este hecho permite obtener resultados más representativos sobre el proceso que se está considerando. Adicionalmente, LBM también presenta otros tipos de ventajas sobre los modelos CFD, entre las cuales se destacan la eficiencia y rapidez del método básico y la posibilidad de paralelizar el código de forma sencilla, con el fin disminuir aún más el tiempo de cómputo.

El método propuesto por Sukop (2006) fue utilizado en este trabajo, el cual fue complementado con el modelo de superficie libre explicado por Körner (2005) y Thürey (2007). Los métodos anteriormente mencionados, fueron desarrollados completamente en el lenguaje de programación C++. El código fue realizado por medio de un modelado orientado a objetos. Este hecho permite, acelerar la ejecución del código, por medio de una programación sencilla y clara que puede ser modificada fácilmente con el fin de ajustarse a las condiciones de la simulación. Conjuntamente, toda la información fue administrada en memoria dinámica (apuntadores), con el fin de optimizar el uso de los recursos computacionales disponibles. Además de la programación del método, se utilizaron las librerías OpenGL y GLUT, para realizar la visualización de las simulaciones y poder realizar comparaciones con videos de pruebas experimentales. La Figura 1 muestra la secuencia de una de las simulaciones desarrolladas y visualizadas.



*Figura 1.* Simulación 2D del derrame de un líquido newtoniano con viscosidad cinemática de utilizando LBM. El número de Reynolds para este flujo es de 294.3 y fue determinado a la salida del contenedor

## Resultados y Conclusiones

El primer paso realizado en este trabajo, fue la validación de LBM en tres dimensiones. Esta validación nos indica si LBM es apropiado para simular derrames de líquidos newtonianos. Para llevar a cabo la validación, se realizó la comparación de los resultados obtenidos por medio de la simulación 3D, con resultados experimentales. Así mismo, fue necesario asegurarse de analizar flujos que presentaran bajos números de Reynolds. Lo anterior se debe a que LBM presenta inestabilidad numérica cuando se quieren simular flujos turbulentos o flujos cercanos a la velocidad del sonido (Succi, 2001). Después de la validación de LBM, en la cual es de vital importancia hacer correctamente el cambio de unidades (cambio de unidades físicas reales a unidades numéricas), se procedió a realizar simulaciones 3D con diferentes configuraciones de obstáculos, y se tomaron datos de tiempo y tasa de liberación y de área de afectación (formación de piscina). Los mismos datos se tomaron en los experimentos de laboratorio realizados, para ser comparados con las simulaciones. Es importante aclarar, que tanto en la simulación como en la experimentación, la liberación de material siempre se lleva a cabo en fase líquida.

Los resultados obtenidos permiten establecer que los tiempos de cómputo disminuyen considerablemente, en comparación con otros modelos utilizados y se reduce la incertidumbre de sus resultados. De esta manera, es posible determinar comportamientos descriptivos más precisos, lo cual nos indica que LBM es indicado para simular este tipo de fenómenos. Finalmente, este trabajo deja abierta la posibilidad de realizar simulaciones no sólo de liberación de material, sino también del fenómeno de dispersión del mismo. De igual forma, queda abierta la posibilidad de realizar simulaciones de flujos con altos números de Reynolds, para lo cual se hace necesario acoplar un modelo de turbulencia, con el fin que el modelo posea mayor estabilidad numérica cuando se analicen escenarios que presenten este tipo de flujos.

## Referencias

- CROWL D. A. & LOUVAR J.F, (2002) "Chemical process safety. Fundamentals with applications," Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical engineering sciences. Second edition.
- FERZIGER J. & PERIC M., (2002). Finite Volume Methods, in Computational Methods for Fluid Dynamics. Berlin: Springer, 2002, pp. 71-89.
- KÖRNER C., THIES M., HOFMANN T., THÜREY N., AND RÜDE U. (2005). Lattice Boltzmann Model for Free Surface Flow for Modeling Foaming. Journal of Statistical Physics, 121 [1-2]:179-196.

- SUCCI, S. (2001). *The Lattice Boltzmann Equation for Fluid Dynamics and Beyond*. New York, Estados Unidos: Oxford University Press Inc.
- SUKOP, M. C. & THORNE, D. T. JR. (2006). *Lattice Boltzmann Modeling, an Introduction to Geoscientists and Engineers*. Berlin, Alemania: Springer.
- THÜREY, N. (2007). *Physically based Animation of Free Surface Flows with the Lattice Boltzmann Method*. Nürnberg, Alemania: Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg.



[41]

# Caracterización de combustibles sólidos con ayuda de herramientas de simulación CFD

C. Murillo, A. Vignes\*, O. López, L. Perrin, O. Dufaud, F. Muñoz

## 1. INTRODUCCIÓN

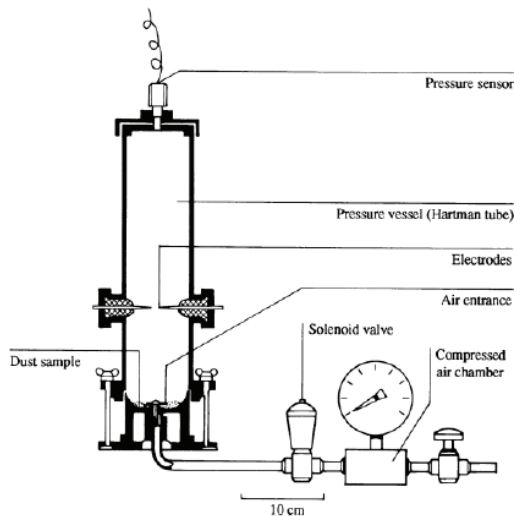
DESDE LAS ÚLTIMAS décadas del siglo XX, se ha intensificado la regulación de parámetros y protocolos de seguridad en las instalaciones asociadas al manejo de sustancias y materiales sólidos inflamables. Sin embargo, los diversos esfuerzos desarrollados por diferentes compañías en la identificación y registro de incidentes relacionados con dispersiones de este tipo de sustancias en un agente oxidante han sido insuficientes para garantizar las medidas necesarias en la prevención de futuros incidentes [ [HYPERLINK \l "Liu10" 1](#) ]. Sin embargo, se han desarrollado estándares de manejo a partir de la caracterización de materiales inflamables con el fin de identificar las variables críticas en el diseño y operación de instalaciones.

El objetivo de este trabajo consiste en describir detalladamente los parámetros de explosividad de diversos tipos de materiales sólidos, haciendo un énfasis en el estudio de variables características determinadas por métodos experimentales, los cuales, han sido complementados recientemente con herramientas de simulación. Por esta razón, se ha planteado la descripción de los fenómenos de dispersión y variación de tamaño de partículas sólidas en un equipo experimental de caracterización de materiales inflamables para identificar factores de incertidumbre en un ensayo típico de determinación de parámetros de explosividad. Con los resultados de estos análisis, es posible establecer las condiciones en las cuales se deben manejar las sustancias sólidas para garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad respectivas.

De igual manera, se presenta una perspectiva de los parámetros de seguridad determinados en una caracterización típica de materiales sólidos inflamables,

indicando su relevancia en la iniciación y desarrollo del proceso de combustión. Posteriormente, se presenta una breve descripción de los montajes experimentales estandarizados para la determinación de la explosividad de las sustancias analizadas. Estos montajes son diseñados para generar la dispersión del material y su posterior ignición con el fin de determinar la concentración mínima y la energía requerida para generar la ignición del material así como la severidad de la explosión a partir del grado de sobrepresión causado por la onda y la máxima tasa de incremento de presión.

El enfoque de este estudio se encuentra en uno de los montajes estandarizados de caracterización de materiales sólidos para nubes con partículas en tamaños inferiores a  $420\ \mu\text{m}$ , el cual se conoce como tubo Hartmann o Mike III. Este montaje consta de un tubo vertical de Pyrex de 1,2 litros y un recipiente de 50 ml que contiene el aire utilizado para generar la dispersión de los aglomerados. Este gas alcanza una presión manométrica de 7 bares y es inyectado al tubo para generar la dispersión del material analizado durante un período de 120 ms. Posteriormente, se inicia la combustión de la especie por medio de una fuente de ignición, la cual, puede ser una chispa continua o un alambre de corriente. Después de generar la dispersión de la fase sólida, es posible realizar análisis tanto cualitativos como cuantitativos en los materiales inflamables a partir de consideraciones sencillas tales como la suposición de homogeneidad del sistema. La Figura 2 presenta un esquema básico del montaje del tubo Hartmann que contempla los elementos mencionados anteriormente y la localización inicial de la muestra que se desea caracterizar.



*Figura 2.* Esquema del montaje del tubo Hartmann utilizado para determinación de concentraciones (MEC) y energías mínimas (MIE) requeridas

Adicionalmente, el equipo cuenta con una boquilla de inyección que distribuye el gas en el fondo del tubo. Los perfiles de concentración y presión determinados con ayuda de la herramienta de simulación han mostrado que este elemento constituye un factor determinante en el desarrollo del flujo interno y en la segregación de la fase dispersa.

Las condiciones internas del flujo bifásico dentro del tubo Hartmann requieren una descripción detallada que identifique las zonas con altas concentraciones de partículas sólidas debido a que la geometría del equipo genera una segregación del flujo en las etapas iniciales de la dispersión. Por esta razón, se ha desarrollado una simulación dentro de un estudio de dinámica de fluidos computacional (CFD) que plantea el desarrollo del flujo bifásico a partir de un esquema Euler-Lagrange, el cual, identifica la trayectoria seguida por la fase sólida por medio de un esquema de rastreo de partículas.

El análisis computacional ha sido incluido con el fin de establecer la influencia de las condiciones del sistema y las propiedades del material, principalmente la distribución de tamaños de aglomerados, en los resultados de caracterización a obtener. La variación en los diámetros de partícula ha sido considerada ya que los estudios desarrollados previamente por Bouillard et al [2] han mostrado que los mecanismos de combustión de aglomerados dispersos varía significativamente cuando estos poseen tamaños inferiores a la escala micrométrica dado que poseen una mayor área superficial y el proceso de difusión del comburente a la superficie de la partícula se ve incrementado. De igual manera, se consideraba que los riesgos asociados a la ignición del material disminuían a medida que se reducía el tamaño de las partículas, sin embargo, los estudios recientes desarrollados por Trunov [3] han mostrado que la aglomeración de la fase dispersa puede representar un aspecto de interés al facilitar la ignición del material por calentamiento local de las partículas dispersas. Este hecho implica la presencia de tamaños críticos asociados principalmente a propiedades de material tales como su conductividad térmica y su grado de cohesión.

Con ayuda del software ANSYS Fluent™, se ha constituido una simulación CFD en estado transitorio que ha permitido realizar una clasificación de las regiones internas del equipo según el número de colisiones entre las partículas dispersas, las cuales, favorecen la variación en la distribución en tamaños de la fase dispersa gracias a la cohesión del material y a las velocidades instantáneas de los aglomerados. Posteriormente, ha permitido identificar las zonas que poseen las concentraciones requeridas para llevar a cabo la ignición de la nube.

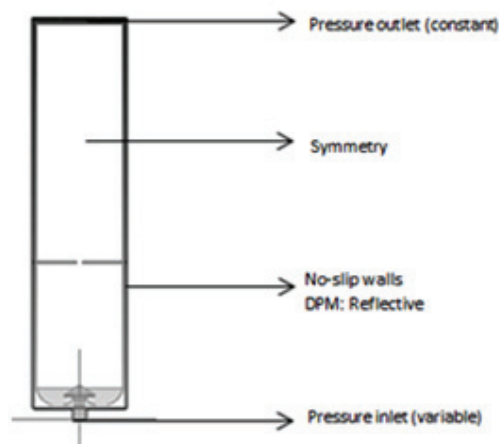
La aproximación Euler-Lagrange definida en este estudio define a la fase gaseosa como un fluido continuo y desarrolla la solución numérica de las ecuaciones de Navier-Stokes en 391275 volúmenes de control asociados a 83702 nodos que definen el dominio interno del tubo según el procedimiento

propuesto por Perron [4]. Este planteamiento determina las condiciones específicas del flujo de gas y establece la trayectoria seguida por el mismo fijando las condiciones de frontera según las especificaciones del equipo mencionadas anteriormente. Este modelo se complementa con la inclusión de un modelo de turbulencia que determina las zonas con alta vorticidad, la cual puede favorecer la concentración de partículas. Adicionalmente, la trayectoria de las partículas ha sido definida por medio de un balance de fuerzas (segunda ley de Newton) y un esquema de integración numérica de Runge-Kutta.

## 2. Ensayo de caracterización a partir de distribución uniforme

A continuación, se presenta el desarrollo del flujo de una mezcla bifásica durante un proceso de dispersión transitorio realizado sobre una muestra de aluminio dispuesta en el fondo del tubo y representada por medio de una inyección de material de tamaño uniforme ( $1,0 \times 10^{-7}$  m).

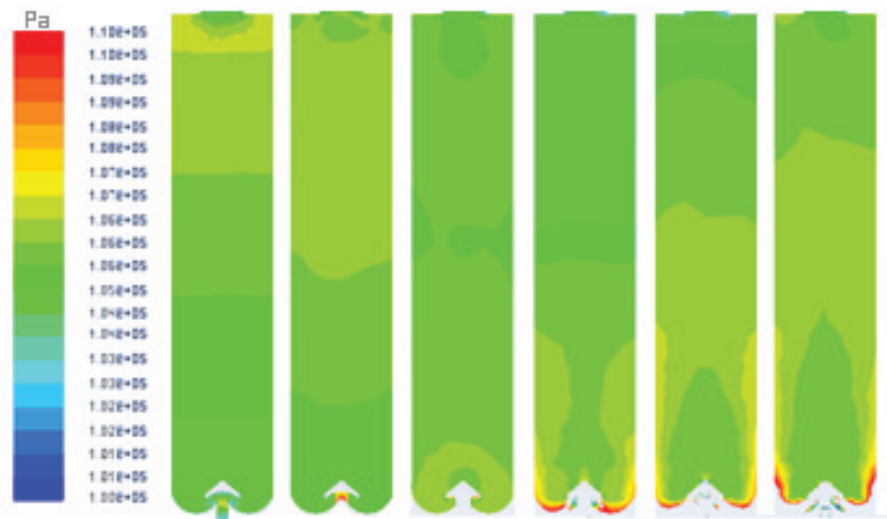
La solución numérica de las ecuaciones de continuidad de Navier-Stokes es planteada por medio de un método de discretización del dominio del flujo interno definido con las condiciones de frontera presentadas en la Figura 3. De esta manera, la entrada de aire se especificó con una presión variable establecida por medio de una distribución gaussiana ajustada a la sobrepresión y duración de la inyección del gas. Las condiciones iniciales de la simulación plantean un escenario a condiciones normales de temperatura y presión sin la presencia de campos de velocidad de alta velocidad.



*Figura 3.* Condiciones de frontera definidas para las fases continua y dispersa en la simulación CFD

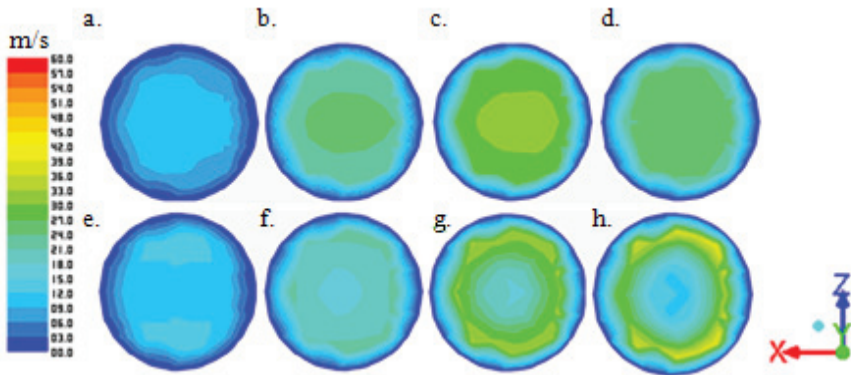
Se implementó el modelo  $k - k_l - \omega$  para estimar los niveles de turbulencia y las variables de flujo a partir de valores promedio en el tiempo para las ecuaciones de movimiento. Este planteamiento posee un bajo costo computacional al incluir sólo tres parámetros para la evolución de la turbulencia. Sin embargo, posee como uno de sus grandes inconvenientes la predicción isotrópica de las fluctuaciones en la turbulencia del flujo de gas. No obstante, Gorré et al han recomendado modelos de baja complejidad [5] para el modelamiento de partículas pequeñas ( $1 \mu\text{m}$ ) en simulaciones CFD.

Posteriormente, se evaluaron las trayectorias seguidas por los flujos identificando otras variaciones en el fluido tales como la variación de su densidad al alcanzar velocidades transónicas en el fondo del tubo. La Figura 4 muestra el desarrollo del flujo interno en un modo no uniforme cuyo comportamiento ha sido denominado por Bahramian et al como flujo anular o “efecto de golfo” [6], el cual, indica que las velocidades máximas no se alcanzan en el eje axial del tubo sino en puntos intermedios.



*Figura 4.* Perfiles de presión (Pa) en el tubo Hartmann durante el proceso de dispersión.  
a) 2 ms b) 25 ms c) 85 ms d) 105 ms e) 130 ms f) 140 ms

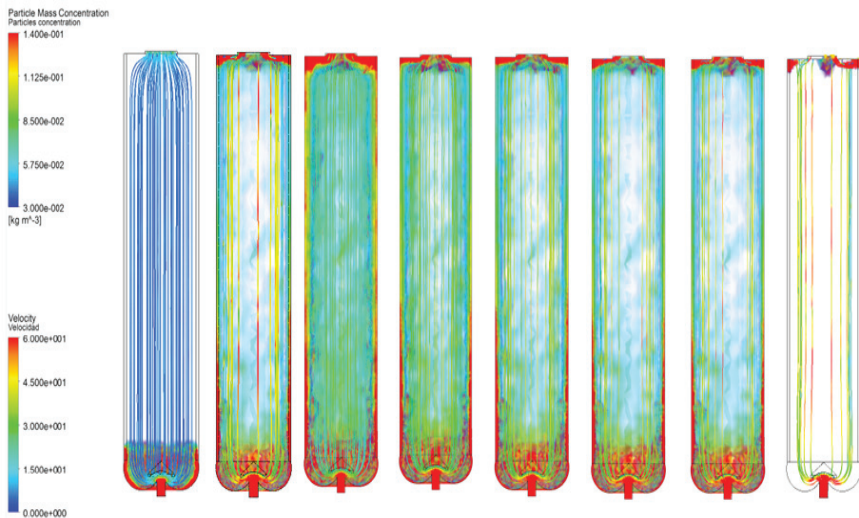
La Figura 5 corrobora estos resultados al presentar los perfiles de rapidez en un plano de corte transversal a la altura de las fuentes de ignición. Los resultados plantean la distribución no uniforme de los sólidos en el tubo.



*Figura 5.* Perfiles de rapidez (m/s) a una altura de 10 cm.

a) 5 ms b) 20 ms c) 40 ms d) 60 ms e) 80ms f) 100 ms g) 120 ms h) 140 ms

Es importante analizar las consideraciones planteadas a partir de los resultados de la simulación CFD. La Figura 6 presenta el desarrollo de las dos fases involucradas indicando en qué puntos se alcanzan las máximas velocidades del flujo de gas y la concentración de los aglomerados. El análisis transitorio indica que sólo se alcanzan concentraciones altas de la fase sólida en las zonas con velocidades elevadas y que la mezcla posee un grado de homogeneidad muy bajo en las primeras etapas de la dispersión.



*Figura 6.* Líneas de corriente y concentración de fase dispersa durante el desarrollo de un flujo bifásico.

a) 5 ms b) 20 ms c) 40 ms d) 60 ms e) 80ms f) 100 ms g) 120 ms h) 140 ms

Al relacionar los niveles de turbulencia con la distribución de las partículas aglomeradas en el interior del tubo y a la probabilidad de choque, la cual, se encuentra directamente relacionada con la aglomeración de material. Estos hechos plantean la inquietud acerca de la localización de las fuentes de ignición ya que algunos resultados, como los presentados en la Figura 6, indican la presencia de choques en zonas específicas del tubo que generan distribuciones no uniformes del tubo.

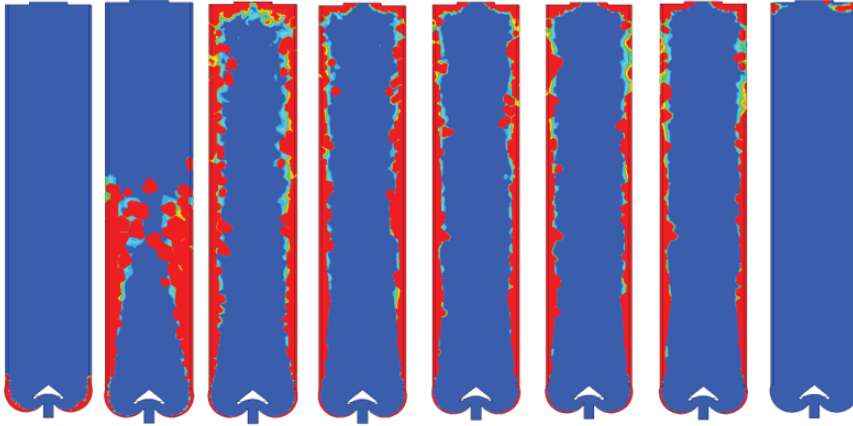


Figura 6. Zonas de colisión de partículas sólidas.

a) 5 ms b) 20 ms c) 40 ms d) 60 ms e) 80ms f) 100 ms g) 120 ms h) 140 ms

Por las razones mencionadas anteriormente, es posible establecer la necesidad de realizar mediciones experimentales que indiquen el desarrollo del flujo interno, ya que el desarrollo de la dispersión indica variaciones significativas en la distribución de tamaños de partícula, y por ende, en la caracterización del material. Este hecho puede asociarse a niveles de incertidumbre en la determinación de los parámetros de inflamabilidad, los cuales, son reducidos actualmente por medio de ensayos múltiples.

Los resultados en la variación de la distribución de tamaños de partícula se resumen en la Tabla 2, la cual, presenta una descripción de las partículas remanentes al final de la simulación de la dispersión:

Tabla 2. Diámetros de partícula de la fase sólida en la dispersión a 140 ms

Variable	Valor
Masa de partículas analizada (mg)	35,55
Mínimo diámetro de partícula (m)	$1,24 \times 10^{-8}$
Máximo diámetro de partícula (m)	$1,04 \times 10^{-3}$
Diámetro medio de la partícula (m)	$9,87 \times 10^{-8}$

**Bibliografía**

- QINGMING LIU, CHUNHUA BAI, XIAODONG LI, LI JIANG, AND WENXI DAI, "Coal dust/air explosions in a large-scale tube," *Fuel*, vol. 89, pp. 329-335, 2010.
- J. BOUILLARD, A. VIGNES, O. DUFAUD, L. PERRIN, AND D. THOMAS, "Ignition and explosion risks of nanopowders," *Journal of Hazardous Materials*, no. 181, pp. 873-880, 2010.
- SALIL MOHANA, MIKHAYLO TRUNOV, AND EDWARD DREIZ, "On possibility of vapor-phase combustion for fine aluminum particles," *Combustion and Flame*, vol. 156, no. 11, pp. 2213-2216, November 2009.
- SÉBASTIEN PERRON, SYLVAIN BOIVIN, AND JEAN-MARC HÉRARD, "A finite volume method to solve the 3D Navier-Stokes equations on unstructured collocated meshes," *Computers & Fluids*, vol. 33, pp. 1305-1333, 2004.
- C. GORLÉ, "CFD modeling of small particle dispersion: The influence of the turbulence kinetic energy in the atmospheric boundary layer," *Atmospheric Environment*, vol. 43, pp. 673-681, 2009.
- BAHRAMIAN, ALI REZA, AND KALBASI MANSOUR, "CFD Modeling of TiO<sub>2</sub> Nano-Agglomerates Hydrodynamics in a Conical Fluidized Bed Unit with Experimental Validation," *Iran. J. Chem. Chem. Eng.*, vol. 29, no. 2, pp. 105-120, 2010.



[42]

# Aprovechamiento de los neumáticos usados por medio de su gasificación parcial con CO<sub>2</sub> para la obtención de carbones activados

Mariluz Betancur Vélez\*, Ramón Murillo Villuendas\*\*

## Resumen

CON EL OBJETIVO de valorizar un residuo de difícil manejo y aportar a minimizar el riesgo cuando se disponen y tratan inadecuadamente, los neumáticos usados se activaron por medio de un tratamiento termoquímico a diferentes temperaturas (850, 900 y 950°C) con CO<sub>2</sub> como agente activante. Se determinó su porosidad a partir de la medición de las isotermas de adsorción de N<sub>2</sub> a 77K. Los resultados mostraron un carbón activado con buenas características de área superficial (648 m<sup>2</sup>/g), en un tiempo de reacción de 10 horas a una temperatura de 900°C. También, se evidenció un efecto considerable de la temperatura del proceso y el tiempo de reacción en el desarrollo de la porosidad. El presente trabajo muestra las condiciones y viabilidad del proceso y la importancia del adecuado aprovechamiento de los neumáticos usados.

**Palabras clave:** neumático usado, gasificación, aprovechamiento.

## Introducción

SEGÚN LA RMA (Rubber Manufactures Association) en Estados Unidos se generaron 299 millones de neumáticos (Chitsan et al., 2008) en el año 2005. En Bogotá, se estimó una generación de 2.059.555 unidades en el año 1999 (Bogotá, 2006) y para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) en el año 2007 una generación de unidades de neumáticos usados (NU) alrededor de 1'290.000/año.

\* Grupo de Investigaciones Ambientales, Escuela de Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana.

\*\* Instituto de Carboquímica, CSIC.

Los neumáticos son diseñados para ser extremadamente resistentes a la degradación física, química y biológica, dificultándose las técnicas para su reciclado y/o posterior procesamiento (San Miguel et al.,1998). A pesar, que este residuo también ha sido aprovechado como barreras de autopistas, muros de contención, elaboración de piezas, protección de muelles, como materas, parques infantiles, uso en asfaltos modificados, canchas deportivas, etc. no se alcanza a cubrir su generación. En algunas zonas, este residuo presenta diferentes problemas al momento de ser dispuesto, especialmente cuando se hace de manera inadecuada. Su almacenamiento representa alto riesgo de incendio que ocasionaría serias dificultades para su extinción, con la generación de volátiles parte de los cuales se queman pero otra parte queda como alquitrán en los suelos, generando por infiltración contaminación de fuentes de agua. En ocasiones son dispuestos en sitios ilegales, así como quemados a cielo abierto para la extracción de acero, generando un serio problema de contaminación ambiental y de salud. En una combustión no controlada se liberan productos tóxicos, directamente a la atmósfera como monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, entre otros. Algunos investigadores han estudiado la obtención de carbones activados a partir de neumáticos usados (Cunliffe y Williams, 1999; San Miguel et al.,2003; Li et al.,2005; González et al.,2006, Lehmann et al.,1998; Ogasawara et al.,1987 y Teng et al.,1995, Betancur et al.,2009, entre otros). El proceso de activación física a partir de neumáticos usados para producir carbón activado considera una primera etapa de carbonización del neumático, donde principalmente se liberan los volátiles presentes. La segunda etapa, facilita el desarrollo de porosidad, por medio de una activación o gasificación controlada del carbonizado obtenido en la etapa de pirólisis. Los valores de temperatura para la activación física, varían entre 800°C y 1100°C, con tiempos de residencia de horas. Diferentes autores han encontrado que mayores temperaturas, en combinación con altos tiempos de activación, favorecen mayores grados de conversión del neumático (Murillo et al.,2005; González, et al.,2006; Li et al.,2005). En esta investigación se estudió la activación del carbonizado de NU en atmósfera de CO<sub>2</sub>, a fin de obtener carbones activados con buenas características texturales como aporte a resolver la problemática actual de disposición de este residuo en Colombia para su valorización.

### 1. Métodos ó Desarrollo experimental

La materia prima usada fue carbonizado obtenido a partir de la pirólisis de NU molido en una planta piloto de pirólisis en continuo. El análisis elemental para los NU (base seca), fue desarrollado en un analizador elemental Carlo Erba EA1108.

El análisis próximo de los NU (base seca), estuvo de acuerdo a las normas ASTM (D-3175-77, D2866-83).

Se utilizó un reactor de lecho fijo de acero inoxidable con control de temperatura y con línea de alimentación de gas inerte ( $N_2$ ) y de gas oxidante ( $CO_2$ ), se utilizaron 17g de carbonizado. Los ensayos se desarrollaron fijando un diámetro de partícula de  $0.6 \leq dp \leq 0.8$  mm. El flujo de los gases (5 LN/min) a una concentración del 20% para flujo de  $CO_2$ , velocidad de calentamiento  $30^\circ C/min$ . Finalmente, se calentaba el reactor con el flujo del gas inerte hasta alcanzar la temperatura establecida (850, 900,  $950^\circ C$ ), luego se colocaba el flujo de  $CO_2$  hasta el tiempo de reacción fijado para cada experimento.

## 2. Resultados

El análisis elemental del carbonizado a partir de NU fueron porcentajes de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre de 82,52; 0,83; 0,43 y 3,33, respectivamente. El alto contenido de carbono es atribuido a la presencia de negro de humo utilizado en la manufactura del neumático y que no se desvolatiliza en las condiciones de pirólisis utilizadas en este estudio (Murillo et al., 2005). Con respecto al análisis próximo se presentó 4,16% volátiles, 14,89% cenizas y 1,09% humedad.

En la Figura 1 se pueden observar los resultados de la experimentación a diferentes temperaturas y tiempos de reacción, donde es posible apreciar que aumentos en la temperatura del proceso para un mismo tiempo de reacción, aumenta la conversión final e igualmente para una misma temperatura en combinación con altos tiempos de activación un mayor grado de conversión, lo cual concuerda con autores como Ogasawara et al., 1987; Williams et al., 1990; Teng et al., 1995; Galvano et al., 2002, Murillo et al., 2005; Li et al., 2005; González, et al., 2006, entre otros.

En la tabla 1, se presentan los resultados obtenidos de área superficial BET y volumen total de poros de los carbones activados. En primera instancia, las variables de entrada (temperatura y tiempo de reacción), muestran efectos importantes en el desarrollo de porosidad del residuo sólido obtenido. Incrementos en el área superficial, fueron evidenciados a partir de aumentos en la temperatura y el tiempo de activación. Basado en lo anterior, se confirma lo mencionado por Zabaniotou et al 2004 con respecto a la importancia de controlar y optimizar la temperatura en la activación, puesto que altas temperaturas se hacen necesarias para el desarrollo de porosidad. Al observar el Área Bet con respecto a la conversión (Figura 1 y Tabla 1) para las condiciones experimentales probadas se puede decir que las propiedades texturales son función de la conversión alcanzada, en general a medida que aumenta la conversión aumenta el área superficial.

**Tabla 1.** Resultados carbonos activados, área BET y volumen total de poros (VT)

Tiempo Reacción (h)	Temp (°C)	CA - MP	
		Área (m <sup>2</sup> /g)	V <sub>T</sub> (cm <sup>3</sup> /g)
8	850	284,3	0,57
10		306,3	0,58
14		365,4	0,73
6	900	375,2	0,69
8		438,7	0,54
10		648,2	0,58
14		549,8	0,86
6	950	668,1	1,11
8		371,0	0,66

Valores típicos de área superficial para carbonos activados convencionales muestran valores entre 400 y 1500 m<sup>2</sup>/g, que presentan potencialidad en procesos de adsorción. Para el caso de la presente investigación, carbonos activados con 75% de conversión, muestran un área superficial de 648 m<sup>2</sup>/g. El grado de desarrollo y las características de porosidad de los carbonos activados tienen que ver con la influencia de los parámetros como: características texturales de la materia prima, tipo de agente oxidante, condiciones de la temperatura del proceso, tiempo de reacción, tamaño de partícula del carbonizado (Patrick, 1995). La Figura 2 muestra algunas de las isothermas de adsorción de N<sub>2</sub> (77K) correspondientes a los carbonos activados obtenidos (CAMP) con CO<sub>2</sub> a 850°C, 900°C y 950°C para dos tiempos de activación (6 y 10h). De modo general, éstas isothermas, confirman que la temperatura y el tiempo de activación favorecen el desarrollo de la porosidad. Con respecto a la clasificación propuesta por Brunauer, Deming, Deming y Teller (BDDT), las formas de las isothermas que se observan presentan un comportamiento intermedio entre las tipo I, II y IV. En éstas isothermas en general, aunque en menor proporción, se evidencian bajas presiones relativas que indican la presencia de microporos (Martín, 1990). San Miguel et al., 1998; mencionaron que adsorciones a muy bajas presiones relativas ( $p/p_0 < 0,1$ ) se atribuyen a la presencia de materiales microporosos. También hay presencia de macroporos (clasificación tipo II) debido a que presentan cierta pendiente ascendente. Finalmente, se presenta un buen desarrollo de estructuras mesoporosas (tipo IV) puesto que en todas las isothermas se visualiza el bucle de histéresis en la rama de desorción.

En la Figura 3, se presenta la imagen SEM para el carbón activado que presentó mejores características texturales. La microscopía permite observar

además de una distribución heterogénea de grano, tamaño de poros, atribuida a un desarrollo microporoso y mesoporoso considerando los resultados obtenidos en las isothermas de adsorción de  $N_2$  (Figura 2). En futuras publicaciones se presentará la aplicación de los carbones activados obtenidos en remoción de metales pesados en aguas contaminadas.

### 3. Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian que el NU puede ser una alternativa para la producción de carbón activado de buena calidad.

Es posible obtener un carbón activado con un área superficial de  $648 \text{ m}^2/\text{g}$  a partir de neumáticos usados por medio de la gasificación con  $\text{CO}_2$ .

Se evidenció un efecto considerable del tiempo y la temperatura del proceso en el desarrollo de porosidad.

El aprovechamiento de los NU para la producción de carbón activado es una alternativa importante para resolver el problema de disposición y utilizarlo para remoción de contaminantes en el agua como se presentará en futuras publicaciones.

### Referencias

- BETANCUR MARILUZ, MARTÍNEZ JUAN DANIEL, MURILLO RAMÓN. "Production of activated carbon by waste tire thermochemical degradation with  $\text{CO}_2$ ". Colombia. Journal of Hazardous Materials, vol168, pp. 882–887, 2009.
- CAPACITACIÓN, VALORACIÓN ECONÓMICA Y DISEÑO GUÍAS SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL SECTOR COMERCIAL DEL AMVA, 2007.
- CHITSAN LIN, CHUN-LAN HUANG, CHIEN-CHUAN SHERN. "Recycling waste tire powder for he recovery of oil spills". Taiwan. Resources, Conservation and Recycling, vol.52, pp. 1162–1166, 2008.
- CUNLIFFE ADRIAN M. AND WILLIAMS PAUL T. "Influence of Process Conditions on the Rate of Activation of Chars Derived from Pyrolysis of Used Tires". Energy & Fuels, vol13, pp. 166-175, 1999.
- ENVIROTIRE RECYCLYNG LTDA. [En línea]. Ontario. [http://www.envirotire.com/tire\\_disposal.htm](http://www.envirotire.com/tire_disposal.htm) [10Jun2009].
- GALVAGNO S., CASU S., CASABIANCA T., CALABRESE A., CORNACCHIA G.. "Pyrolysis process for the treatment of scrap tyres: preliminary experimental results". Waste Management (Italia), vol22, pp. 917–923, 2002.
- GONZÁLEZ J.F., ENCINAR M., GONZÁLEZ-GARCÍA. Preparation of activated carbons from used tyres by gasification with steam and carbon dioxide. España. Appl. Surface Science, vol252, pp. 5999-6004, 2006.

- GUÍA PARA EL MANEJO DE LLANTAS USADAS. Cámara de Comercio de Bogotá. [En línea]. Septiembre 2006. Bogotá. <[http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/residuos/guia\\_llantas.pdf](http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/residuos/guia_llantas.pdf)>[30abril2008].
- LEHMANN CHRISTOPHER M. B., ROSTAM-ABADI MASSOUD, ROOD MARK J. Y SUN JIAN. Reprocessing and Reuse of Waste Tire Rubber to Solve Air-Quality Related Problems. *Energy & Fuels*, vol12, pp. 1095-1099, 1998.
- LI S. Q. AND YAO, WEN S.E, Y. CHI AND YAN. Properties of pyrolytic chars and activated carbons derived from pilot-scale pyrolysis of used tires. *J. Air*, vol55, pp. 1315-1326, 2005.
- MARTÍN MARTINEZ JOSÉ MIGUEL. “Adsorción física de gases y vapores por carbones”. Editorial Secretariado publicaciones Universidad Alicante.1990.
- MURILLO R., NAVARRO M. V., GARCÍA T., LÓPEZ J., CALLÉN M., AYLÓN, Y MASTRAL A. “Production and Application of Activated Carbons Made from Waste Tire”. *Zaragoza. Ind. Eng. Chem. Res*, vol44, pp. 7228-7233, 2005.
- OGASAWARA S., KURODA M., WAKAO. Preparation of activated carbon by thermal decomposition of used automotive tires. *Ind. Eng. Chem. Res.* 26, pp.2552-2556, 1987.
- PATRICK, JHON W. “Porosity in Carbons: Characterization and Applications”. New York, Toronto:Jhon Wiley. 1995. p18.
- SAN MIGUEL G., FOWLER G.D. Y SOLLARS. “Pyrolysis of Tire Rubber: Porosity and adsorption Characteristics of the Pyrolytic Chars”. *Ind. Eng. Chem. Res.* 37, pp. 2430-2435, 1998.
- TENG H., SERIO M.A., WÓJTOWICZ M.A., BASSILAKIS R., SOLOMON. Reprocessing of used tires into activated carbon and other. *Ind. Eng. Chem. Res.* 34, pp. 3102-3111, 1995.
- WILLIAMS PAUL, BESLER S., TAYLOR, “The pyrolysis of scrap automotive tyres: The influence of temperature and heating rate on product composition”. *Fuel* 69, Issue 12, pp. 1474-1482, 1990.
- ZABANIOTOU A., MADAU P., OUDENNE P.D., JUNG, DELPLANCKE, FONTANA. “Active carbon production from used tire in two-stage procedure: industrial pyrolysis and bench scale activation with H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> mixture”. *Grecia. J. Anal. Appl. Pyrolysis* 72. pp. 289-297, 2004.

[43]

## Modelado y optimización del riesgo en redes de transporte de combustibles en zonas urbanas

Indira Barrios, Felipe Muñoz Giraldo\*

### Resumen

EL TRANSPORTE DE materiales peligrosos por vías urbanas constituye una fuente de peligro para la población, medio ambiente e infraestructura, asociadas a los corredores viales. Prueba de ello es el accidente registrado en Caracas-Venezuela durante los últimos días de diciembre del año pasado, donde el choque de un camión cisterna con capacidad de 36000 litros de combustible, ocasionó afectaciones ambientales importantes, incineró 8 vehículos, hirió a cerca de 16 personas y causó la muerte a 13 más. La ocurrencia de este tipo de eventos nos indica la importancia de definir unas rutas de distribución que evalúen la posibilidad de este tipo de eventos y así poder calcular la magnitud de sus consecuencias para la apoyar la toma de decisiones. Hasta el momento este tipo de evaluaciones tienen como foco el cálculo de personas expuestas en el corredor vial (Bianco et al., 2008) (Kara & Verter 2008). Sin embargo el diseño de estas rutas para obtener un menor riesgo sería más preciso si se contemplarán otros receptores, si se hiciera evaluación sobre escenarios, todo esto con base en un cálculo previo de probabilidades de eventos. Este trabajo propone un modelo que describe el transporte vía terrestre de materiales combustibles y la minimización de su riesgo accidental, calculando los parámetros y las expresiones que definen los componentes de la función de riesgo: consecuencias y probabilidades, para los receptores: población e infraestructura, elementos esenciales en un entorno urbano. Estas expresiones junto un grupo de restricciones y el costo asociado a la ruta, plantean un modelo para el diseño de rutas de distribución. Para su optimización se minimiza el riesgo total teniendo en cuenta un criterio de equidad (Bianco et al., 2010, Lindner et al., 1991) entre los distintos arcos que se designen para las rutas que conformen la red

\* Departamento de Ingeniería Química, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

de transporte final. En la minimización de las funciones de costo de las rutas y de los distintos riesgos integrados en una misma función objetivo llamada F.O., se obtienen valores aceptables al compararlos con los valores de optimización de las funciones individuales, haciendo que se obtenga un balance entre los intereses de mínimo riesgo y de mínimo costo de transporte. El resultado es un procedimiento sostenible, con el cual se pueden establecer redes de distribución con afectaciones aceptables para los agentes expuestos y costos razonables para los responsables del transporte. El modelo fue ejecutado en el software GAMS (General Algebraic Modeling System). Se realizó solo para los escenarios incendios y explosiones, y sus efectos sobre los intereses fundamentales de: población e infraestructura.

**Palabras clave:** Riesgo, rutas, combustibles, optimización, equidad .

### Introducción

EL DESARROLLO DE las sociedades y principalmente de la Industria, requiere que se empleen sustancias consideradas materiales peligrosos (HazMat<sup>1</sup>, por sus siglas en inglés), para la ejecución de sus actividades productivas. Esto conlleva a que cada día se transporte grandes cantidades de HazMat desde y hacia diferentes locaciones. El riesgo asociado a esta actividad es representado por una función que relaciona la probabilidad de ocurrencia de un evento accidental (Alp, 1995) y su posible afectación sobre un bien de interés, sea éste poblacional, ambiental o económico. Al hablar de riesgo accidental por el transporte de HazMat se deben evaluar afectos por: sobrepresión, térmicas o tóxicas sobre los bienes de interés; generalmente con afectaciones muy importantes en contextos de alta vulnerabilidad.

Los eventos finales a de interés definidos para el análisis de riesgo que se requiere previo a la definición de l modelo son los incendios (o fuegos) y las explosiones.

Un fuego es la combustión de un material en fase gaseosa o vapor, los cuales pueden tipificarse dadas algunas condiciones particulares del evento [CCPS, 2008]:

- Fuego tipo chorro: ignición inmediata de la sustancia inflamable o combustible presurizada que describe una antorcha.
- Fuego tipo flash: fuego generado por una mezcla inflamable que al entrar en ignición desarrolla una llama que se propaga a una velocidad menor que la del sonido y no genera sobrepresiones significativas
- Piscina de fuego: combustión generada a partir de la evaporación de una capa de líquido combustible.



Por su parte una explosión se define como una liberación de energía que genera una discontinuidad en la presión en un sistema, o una onda de presión [CCPS, 1999]. Al igual que los fuegos, éstas pueden tipificarse según las condiciones particulares del evento:

- Explosión de nube de vapor (VCE): cuando hay explosión de un vapor inflamable que se dispersa formando una nube, generado por una fuga o por la evaporación de un derrame tipo piscina.
- Explosión tipo BLEVE<sub>1</sub>: explosión de sistemas que poseen una fase de líquido sobrecalentados y otra de vapor en expansión. esta explosión sucede por la falla del contenedor del material inflamable.
- Deflagraciones: son explosiones de material inflamable donde el frente de la onda explosiva se propaga con una velocidad menor a la del sonido

## Métodos ó Desarrollo experimental

### *Determinación de probabilidades*

Para determinar las probabilidades frecuenciales de ocurrencia de incendio y explosión, se analiza información extraída de la base de datos Barpi Aria (Barpi Aria, 2010), en ésta se tiene un historial de accidentes reportados, donde se realizó una búsqueda sobre evento iniciador “accidentes en transporte terrestre de combustible”, como resultado de esta búsqueda se listaron 739 registros. A partir del análisis de la información de cada uno de ellos, se realiza un árbol de eventos (CCPS, 2008). Donde se determina la probabilidad de cada una de las tipologías de eventos de explosión e incendio y se determina que los eventos de mayor probabilidad son BLEVE dentro de las explosiones y las “piscinas de fuego” en el caso de los incendios, por tanto las funciones de consecuencias prohibidas para estos dos eventos se utilizan para definir expresiones permitan determinar las consecuencias en el planteamiento que se realiza para el modelo de transporte. Adicionalmente se emplean para la estructuración de estas expresiones de consecuencias se emplean funciones de sobrepresión, equivalencia TNT y de radiación de piscinas de fuego.

De las expresiones definidas para las consecuencias y de los datos de probabilidad se estructuran para el modelo las siguientes “funciones de riesgo”:

Riesgo de afectación (fatalidades por sobrepresión) a la población por el evento explosión:

1. Boiling liquid expansion vapor explosion

$$f2 = \sum_{m \in \mathcal{M}} \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{(i,j) \in \mathcal{A}} (\mathbf{pe} * \mathbf{T} * \mathbf{l}_{ij}) * \left( \rho_{ij} * \pi * \text{rep}_{ij}^{km^2} \right)$$

Riesgo de afectación (daño irreparable) a infraestructura por el evento explosión:

$$f3 = \sum_{m \in \mathcal{M}} \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{(i,j) \in \mathcal{A}} (\mathbf{pe} * \mathbf{T} * \mathbf{l}_{ij}) * \left( \beta_{ij} * \pi * \text{rei}_{ij}^{km^2} \right)$$

Riesgo de afectación (fatalidades por radiación) a la población por el evento incendio:

$$f4 = \sum_{m \in \mathcal{M}} \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{(i,j) \in \mathcal{A}} (\mathbf{pi} * \mathbf{T} * \mathbf{l}_{ij}) * \left( \rho_{ij} * \pi * \text{ri}_{ij}^{km} \right)$$

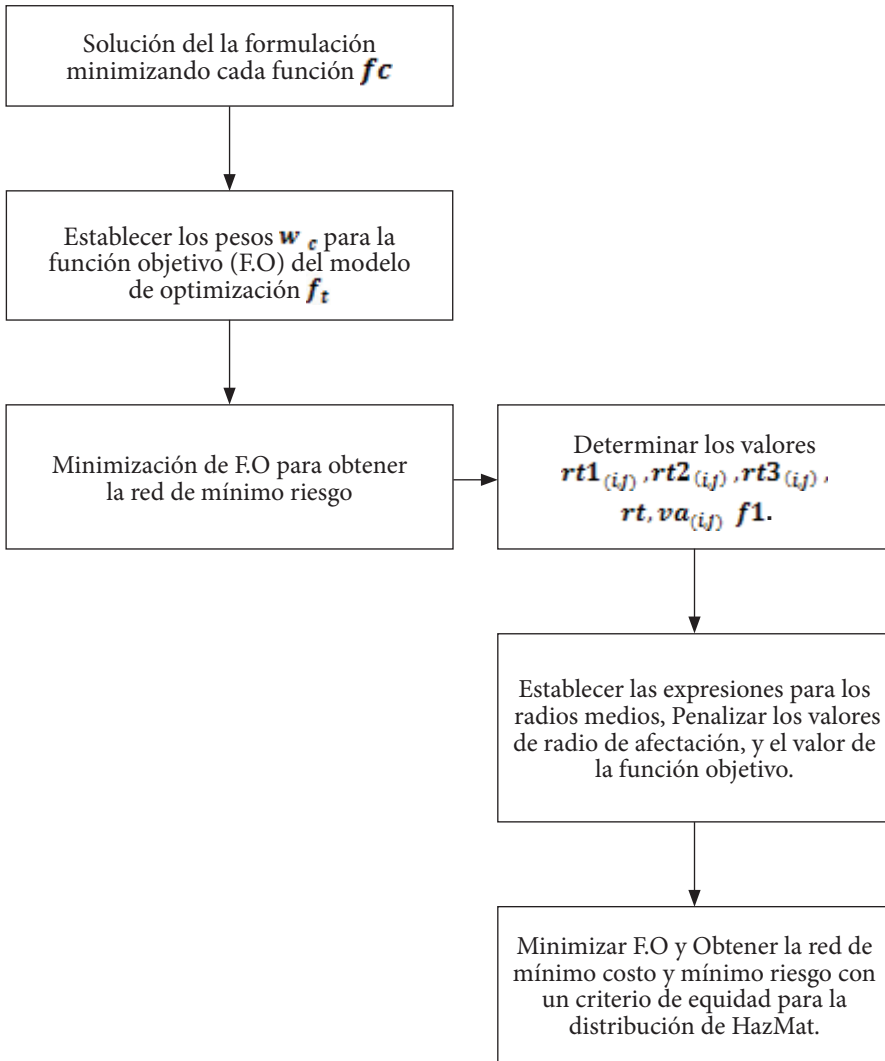
Riesgo de afectación (daño irreparable por radiación) a infraestructura por el evento incendio:

$$f5 = \sum_{m \in \mathcal{M}} \sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{(i,j) \in \mathcal{A}} (\mathbf{pi} * \mathbf{T} * \mathbf{l}_{ij}) * \left( \beta_{ij} * \pi * \text{ri}_{ij}^{km^2} \right)$$

Esta y otras expresiones son definidas como restricciones del modelo MINLP que luego se linealiza para resolverse y optimizarse en el software GAMS (General algebraic modeling system) versión 23.7.3 ejecutando el solucionador BONMIN y su algoritmo B-BB y Cbc para la solución del Sistema que ejecuta un Branch & Bound y Cgl respectivamente para realizar la solución de los problemas MILP (Problemas iniciales linealizado para cada función de costo y de riesgo y del problema con criterio de restricción de equidad) . El problema MINLP que se tiene para obtener los valores de penalización de la restricción de equidad se resuelve con B-BB para la parte entera del problema y Ipopt para su componente NLP.

### Metodología

Los principales elementos metodológicos para la solución y optimización del modelo se resumen en el siguiente diagrama:



### Conclusiones

El análisis de riesgo en sistemas de transporte se convierte en una problemática compleja, dada la multiplicidad de eventos posibles y los mecanismos de afectación sobre los receptores. Este modelo involucra las afectaciones a personas e infraestructura por los eventos de fuego y explosión, lo que permite realizar una evaluación detallada de consecuencia teniendo en cuenta los órdenes de magnitud asociados a afectación. Uno de los principales aportes de

este trabajo es la inclusión de afectaciones en infraestructura, dimensión no incluida en trabajos previos.

El trabajo plantea un modelo determinístico, el cual ofrece una mayor rigurosidad en las expresiones para el cálculo de riesgo. Sin embargo, al hacer uso de expresiones que deben ser discretizadas por tener variables con potencias fraccionales, se incrementa significativamente la demanda computacional para la obtención de soluciones óptimas. Lo anterior constituye una oportunidad de trabajo futuro, encaminada a la inclusión de nuevas expresiones que permitan el cálculo de riesgo de manera continua.

El modelo planteado mantiene un balance entre los intereses de mínimo riesgo y mínimo costo, a través de optimización de las variables individuales para el establecimiento de pesos, los cuales se involucran en la función objetivo general FO, para finalmente realizar una optimización penalizada sobre los funciones de radios de afectación.

Este trabajo plantea un grafo simple (14 arcos-5 nodos), para el cual se obtienen soluciones óptimas. Aun así se debe tener en cuenta que la consistencia del modelo y su aplicabilidad a grafos de mayor complejidad, debe ser evaluada en trabajos futuros. Al mismo tiempo se plantea un grafo de mayor complejidad (53 arcos-21 nodos), el cual cuenta con solución de riesgos individuales y del riesgo total de manera general, sin haber terminado aun la simulación del sistema penalizado por restricciones de equidad. Por no contar con solución este último grafo no hace parte de esta comunicación y evidencia las demandas computaciones generadas.

La estrategia de solución utilizando el algoritmo BB para la solución de los modelos MILP y MINLP es pertinente por la estructura del modelo estudiado.

## Nomenclatura

### *Conjuntos:*

- $G(N, A)$ : Grafo conformado por el conjunto de nodos  $N$  y el conjunto de arcos  $A$
- $N$ : conjunto de nodos  $N = \{1, 2, \dots, n - 1, n\}$
- $A$ : conjunto de arcos, donde un arco es una pareja  $(i, j)$  tal que  $i, j$  pertenecen a  $N$ . Cada arco es indexado por el subíndice  $a$ .
- $M$ : conjunto de bienes,  $M = \{1, 2, \dots, m\}$
- $K$ : conjunto de vehiculos  $\{1, 2, 3, \dots, k\}$

### Parámetros

- $l(i, j)$ : distancia  $l$  correspondiente a cada arco  $(i, j)$  [metros]  
 $T$ : tasa de accidentalidad vial por metros de vías en Bogotá  $\left[ \frac{\text{accidentes}}{\text{metros}} \right]$   
 $pe$ : probabilidad de ocurrencia de evento explosión [-]  
 $pi$ : probabilidad de ocurrencia de evento incendio [-]  
 $\rho_{ij}$ : densidad de población en el arco  $(i, j)$  [personas / m<sup>2</sup>]  
 $\beta_{ij}$ : densidad de infraestructura (fracción de área) con construcción en cada arco  $(i, j)$  [-]

### Variables

- $rep_{ij}^{km}$  = radio de afectación explosión – personas por la cantidad transportada del material  $m$ , por el arco  $(i, j)$  en el camión  $k$ [m]  
 $rei_{ij}^{km}$  = radio de afectación explosión – infraestructura por la cantidad transportada del material  $m$ , por el arco  $(i, j)$  en el camión  $k$ [m]  
 $ri_{ij}^{km}$   
 $f2$ : función de riesgo explosión – población  $\left[ \frac{\text{posibles fatalidades}}{\text{ocurrencias de explosión}} \right]$   
 $f3$ : función de riesgo explosión – infraestructura  $\left[ \frac{\text{m}^2 \text{ de infraestructura dañada}}{\text{ocurrencias de explosión}} \right]$   
 $f4$ : función de riesgo incendio – población  $\left[ \frac{\text{posibles fatalidades}}{\text{ocurrencias de incendio}} \right]$   
 $f5$ : función de riesgo explosión – infraestructura  $\left[ \frac{\text{m}^2 \text{ de infraestructura dañada}}{\text{ocurrencias de incendio}} \right]$

### Referencias

- ALP. E, “Risk-based transportation planning practice: Overall methodology and a case example,” INFOR, vol. 33, pp. 4-19, 1995  
 BARPI-ARIA, [http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/recherche\\_accident.jsp](http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/recherche_accident.jsp), 2010  
 BERTSEKAS D. P., “Linear network optimization: algorithms and codes Cambridge, Mass.; London : MIT Press, c1991.  
 BIANCO L., ET AL., “A bilevel flow model for hazmat transportation network design,” Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 17, pp. 175-196, 2009  
 CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY ,CCPS, “Guidelines for consequence analysis of chemical releases,” American Institute of Chemical Engineers AIChE, pp 131-138,225-227,235-260 1999.  
 CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, CCPS, “Guidelines for chemical Transportation safety, security, and risk management”. American Institute of Chemical Engineers AIChE, Jonh wiley & Sons, pp.25-34,2008  
 CROWL D. A. & LOUVAR J. F. “Chemical process safety.Fundamentals with applications,” Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical engineering sciences. Second edition. pp 49-53,268-282.

- ERKUT E. & ALP O., "Designing a road network for hazardous materials shipments," Computers & Operations Research, vol. 34, pp. 1389-1405, 2007.
- ERKUT E. & GZARA F., "Solving the hazmat transport network design problem," Computers & Operations Research, vol. 35, pp. 2234-2247, 2008
- KARA B. Y. AND VERTER V., "Designing a road network for hazardous materials transportation," Transportation Science, vol. 38, pp. 188-196, 2004.
- LINDNER-DUTTON L., BATA R., AND KARWAN, M.H., "Equitable sequencing of a given set of hazardous materials shipments," Transportation Science, vol. 25, pp. 124-137, 1991.

[44]

# Diseño de una unidad de almacenamiento de lpg basado en los principios de seguridad inherente mediante una aproximación NLP

Germán Gómez, Sergio Rodriguez, Jaime Cadena,  
Felipe Muñoz Giraldo\*

## Resumen

LA YA CONOCIDA teoría que rodea al Diseño Inherentemente Seguro (ISD – por sus siglas en inglés), desarrollada por Trevor Kletz, se ha propagado a nivel mundial gracias a revistas científicas y a la casi ilimitada comunicación entre los miembros de la seguridad de procesos alrededor del mundo. Esto significa que para países en desarrollo como Colombia, se cuenta con la posibilidad de aplicarla a su situación específica. El planteamiento de ISD consiste en seguir la jerarquía de seguridad, atacando los problemas desde la etapa de diseño, lo cual aunque no es instintivo, es una solución efectiva ya que elimina las posibles estrategias de reducción de riesgo, removiendo este desde las etapas conceptuales del diseño de un equipo, unidad, instalación u operación. La aplicación al caso específico de Colombia requirió como punto de partida un Análisis de Riesgo Cuantitativo (QRA) previo de una instalación existente de almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo (LPG) en tanques presurizados. A partir del QRA se reformuló el diseño del tanque mediante una optimización no lineal utilizando la variable entera (MINLP), siguiendo siempre los criterios de ISD para mantener la funcionalidad del proceso. Los resultados permitieron obtener el diseño óptimo del equipo, el cual está conformado por una configuración de control, espesor de pared, presión de operación y dimensiones del tanque, de los cuales se señala en particular una reducción de aproximadamente 20% en la presión de operación.

\* Departamento de Ingeniería Química, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

**Palabras clave:** Seguridad Inherente, Diseño Inherentemente Seguro, Gas Licuado de Petróleo, Seguridad de Procesos en países en desarrollo

## Introducción

EL DISEÑO DE procesos ha evolucionado drásticamente desde la década de 1950, tanto en técnicas como en cuanto a su filosofía, en donde esta segunda es la palabra clave. Tal como el Profesor Kletz presenta en un documento de finales de 1990 [1], los incidentes de proceso tienen una conexión directa con el diseño y las condiciones de operación establecidas (y a veces forzadas) en un proceso, las cuales permiten obtener las cantidades y la calidad de un producto deseado, haciéndolo rentable. Pero esta conexión aunque es directa, no necesariamente es una buena conexión. Tomemos como ejemplo un automóvil con una capacidad normal para cinco pasajeros, el cual es ocupado por el doble de personas y cuyo baúl es cargado con equipaje. El motor de este automóvil sobrecargado tendrá que trabajar más para movilizar el vehículo y algunos elementos de este estarán expuestos a un riesgo de avería más alto: las llantas, el sistema de suspensión y los propios componentes del motor. Al comenzar el movimiento del carro, el conductor sabrá que hay algo mal, ya que los pasajeros no estarán cómodos y un cambio brusco en la suspensión será notorio, a lo cual se le puede adicionar que un miembro de la policía de tránsito podría multarlo. Pero no hay otra opción, ya que las diez personas deben ser trasladadas, ¿podría existir otra opción? En [1] se presenta el desarrollo actual e incipiente de las herramientas que se pueden considerar al combinarse, como pilares de la seguridad de procesos. El desarrollo de estas y su aplicación (e.g. QRA [2-5]) se ha propagado y ha permitido la mejora de la seguridad de procesos en algunos aspectos (y es precisamente esta la otra opción). Lo que se plantea no es una mejora de la única opción del transporte de los diez pasajeros, sino una nueva opción que desde su concepción sea más segura que la presentada. Para el caso del automóvil, es posible considerar otra opción, como por ejemplo el alquiler de una van de pasajeros, con lo cual no solo se remueve el riesgo impuesto a los pasajeros y al automóvil, sino que de hecho podría ser más económica y de mayor agrado para los involucrados.

Tanto en el día a día como en una instalación de proceso, se puede ignorar un esquema mental o una filosofía que permita resolver el problema de una mejor forma, lo cual hubiera podido prevenir algunos de los peores incidentes industriales de la historia, que no salen de la mente de un ingeniero de seguridad de procesos, como por ejemplo: la emisión de MIC en Bhopal en 1984. Es precisamente este esquema presentado, la base del ISD, y en el presente documento se muestra la oportunidad de los países en desarrollo



para aprender y aplicar correctamente la seguridad de procesos con la ISD como principio.

### ISD y Latino América

Al revisar las publicaciones de seguridad de procesos, es evidente que el desarrollo clave en el área, proviene de países desarrollados como por ejemplo el Reino Unido, Estados Unidos y China [6-11], pero la aplicación de esta área del conocimiento no está limitada a los países desarrollados; de hecho, la seguridad de procesos es una preocupación global, ya que el riesgo está presente en todo el mundo. El manejo del riesgo para los países en desarrollo es necesario para mantener el despliegue industrial producto de bonanzas petroleras o energéticas como las que ocurren actualmente en Latino América.

Puede que no sea percibido instintivamente por un lector de un país desarrollado, pero para una región en desarrollo “todavía presenta un reto aún más grande... donde los problemas de democracia, seguridad física, sostenibilidad y equidad –fundamentales para un gobierno-, son incipientes y están lejos de estar resueltos” [12]. Esto cobra vital importancia al tener en cuenta el gran desarrollo industrial de la región, reflejada por indicadores clave, como por ejemplo el de consumo de energía, con respecto al que Latino América cuenta con un 1% por encima del resto del mundo. Esto se refuerza con el hecho que muy probablemente este consumo seguirá en aumento debido a que es necesario como fuerza motriz del desarrollo comentado [13].

Este desarrollo constituye un sin número de oportunidades de desarrollo para la región, pero a su vez presenta nuevos riesgos para su población, medio ambiente y comunidad industrial, ya que el despliegue de instalaciones de producción (e.g. Campos de extracción de petróleo y minerales, refinerías, plantas de producción de químicos) necesarias para articular este desarrollo modifican el riesgo de aquellos sitios en que se localizan y presentan riesgos no voluntarios para los empleados que permitirán su funcionamiento. Esto representa una oportunidad única para la aplicación de conceptos como ISD, con lo que se podría remover los riesgos aún antes que estos estén presentes en una instalación, campo, pueblo o ciudad.

### Aplicación del ISD (Caso de Estudio)

El caso de estudio a presentar consiste de una instalación de almacenamiento en cinco (5) tanques presurizados de LPG en Colombia. Se escoge este caso ya que el despliegue industrial mencionado en la anterior sección se refleja claramente

con el caso de Colombia, cuya producción de petróleo pasó de 671.000 BPD en 2009 a 825.000 BPD en diciembre de 2010 [14] y cuya perspectiva de producción off-shore es prometedora [15].

La instalación mencionada constituye una imagen del tipo de elementos industriales desplegados que articulan la bonanza industrial, ya que no solo se trata de grandes instalaciones de producción, sino que otras como la presentada, presentan riesgos para los trabajadores y la comunidad que las rodea.

La aplicación de ISD a la instalación comienza con una revisión del diseño existente, identificando sus debilidades, como por ejemplo la forma en que el LPG es cargado a los tanques de almacenamiento, operación que consiste en el uso de mangueras flexibles para descargar de vehículos el gas, evidenciando que no existen controles automatizados. Es por este tipo de debilidades que el caso del almacenamiento de LPG (dado sus peligros intrínsecos) constituyen un buen caso de estudio.

El siguiente paso consiste en el uso de la optimización como una herramienta en la cual se ingresan los conceptos matemáticos, físicos y químicos de diseño del tanque desde una perspectiva inherentemente segura. Este hecho permite una variación en las condiciones de operación, las dimensiones del tanque y las diferentes configuraciones de sistemas de control. El objetivo es minimizar el costo anual del tanque, el cual se ve afectado por el costo de construcción/instalación y el costo relacionado con la ocurrencia de tres eventos críticos (Fuga y derrame, Jet Fire y BLEVE). Este último costo consta de dos componentes la probabilidad de ocurrencia de un evento y su severidad.

### Optimización

Para lograr estructurar la optimización, se deben tener claro los parámetros involucrados, las variables de optimización, las restricciones de igualdad/desigualdad y la función objetivo. Estos elementos se describirán brevemente a continuación.

En la Tabla 3 se presentan los parámetros involucrados que permitirán que el equipo funcione bajo las mismas condiciones atmosféricas y de proceso.

*Tabla 3.* Parámetros principales del tanque presurizado

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Capacidad de almacenamiento del tanque (kg)	91417.8
Fracción másica de n-butano	0.475
Fracción másica de propano	0.525

Parámetro	Valor
Temperatura de Operación (°C)	21
Presión Atmosférica (atm)	1
Material de Construcción	Acero al Carbón SA-285 grado C
Tipo de Tanque	Tanque cilíndrico horizontal con tapas semiesféricas

Las variables de optimización son la presión de operación (la cual afecta la cantidad de vapor en el sistema y por ende el volumen ocupado en el tanque, la cantidad de material liberado en caso de fuga y el grosor de las paredes del tanque), la relación longitud (tangente a tangente) sobre diámetro ( $L/D$ ) y la configuración de las capas de protección (LOP). Este último elemento es modelado como una variable discreta, lo cual permite escoger entre seis diferentes configuraciones de control del proceso, de las cuales se presenta una en la Fig. 4. Cada configuración se relaciona directamente con una frecuencia de falla de sus elementos constitutivos, la cual se estimó utilizando el Handbook de OREDA (Offshore Reliability Data Handbook) [16].

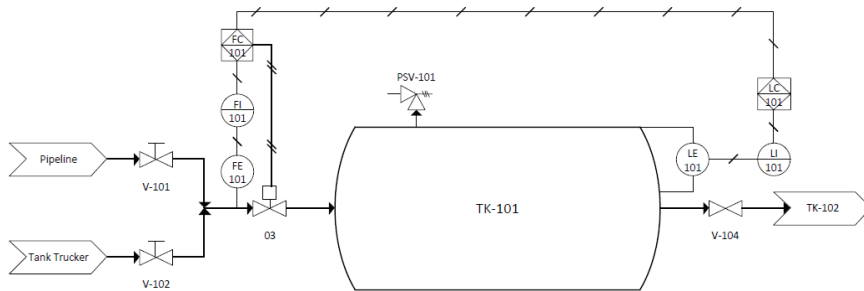


Fig. 4. Configuración ejemplo del controlador del tanque

El siguiente elemento son las restricciones del sistema, tanto de igualdad como de desigualdad. Las primeras reúnen un modelo de equilibrio y de ecuación de estado que permiten la descripción termodinámica del sistema (modelo Peng-Robinson), así como las ecuaciones que permiten relacionar las variables de optimización con un costo de construcción y operación, como por ejemplo el costo de un evento crítico dependiendo del grosor de pared escogido. Para las restricciones de desigualdad se reúnen algunas condiciones físicas que le dan consistencia a las variables, como por ejemplo la no-negatividad de las dimensiones.

Por último, todos los elementos anteriormente presentados, se relacionan con una función objetivo que es la que permite obtener el mínimo costo total

del equipo con una selección específica de valores de las variables. Esta función se plantea como:

$$\min g(L/D_i, P, \text{Conf}) = \sum \text{Conf}_i (C_{\text{capital}}/U_i + f_{\text{conf}_i} (C_{\text{fuga}} * f_{\text{fuga}} + C_{\text{jet fire}} * f_{\text{jet fire}} + C_{\text{BLEVE}} * f_{\text{BLEVE}}))$$

Aquí  $g$  es el costo total del equipo dada una configuración,  $L/D_i$  representa las dimensiones,  $\text{Conf}$  la configuración del sistema de control,  $C_{\text{capital}} - C_{\text{fuga}} - C_{\text{jet fire}} - C_{\text{BLEVE}}$  representan los costos de construcción/instalación, de ocurrencia de fuga, jet fire y explosión BLEVE, respectivamente. Por último  $f_{\text{conf}_i} - f_{\text{fuga}} - f_{\text{jet fire}} - f_{\text{BLEVE}}$ , representan las probabilidades de falla de cada elemento. Esta ecuación plantea la minimización de una función de costo, la cual depende directamente de la configuración del sistema de control, la presión de operación y las dimensiones del tanque.

### Resultados

Los resultados de la optimización de un modelo de diseño para un tanque presurizado de LPG siguiendo los principios de ISD se presentan en la Tabla 4.

*Tabla 4. Resultados de la optimización MINLP*

Variable	Valor	Unidades
P	583,72	KPa abs
Fracción de Vapor ( $\psi$ )	0,0	
L/D	3,63	m/m
Di	3,70	m
L	13,43	m
Área Física	49,61	m <sup>2</sup>
Grosor de Pared	0,82	in
	20,72	mm

Cabe resaltar algunos resultados:

- Reducción de área física ocupada de 22,4 m<sup>2</sup>
- Reducción en la presión de operación de 70,61%, pasando de 827 kPa a 243 kPa.
- Reducción en la velocidad de fuga del líquido en caso de presentarse una falla en las paredes del tanque

- El cambio de la función objetivo con respecto a la configuración del sistema de control no permite determinar directamente la mejor configuración, por lo que se recurre a la probabilidad de falla para seleccionarla (configuraciones 5 y 6).

### Conclusiones

La filosofía de ISD motivó el desarrollo de este proyecto, presentando una opción diferente, a las ya conocidas prácticas industriales para el diseño de equipos y procesos, que aunque son consistentes desde el punto de vista de producción, no contemplan los principios de la Seguridad Inherente, que permitirían hacer que un diseño no presente peligros que se traduzcan en riesgos durante la operación.

Por último, es importante destacar como la unión de diferentes herramientas de ingeniería, permiten condensar el concepto de ISD y aplicarlo a un escenario claramente especificado, logrando reducciones significativas en costos y en riesgo. Esto indica que la sinergia entre la mentalidad de seguridad de procesos y las diferentes herramientas computacionales (e.g. CFD, optimización, Análisis de Riesgos), permite obtener diseños funcionales y a la vez inherentemente seguros, brindando una opción de alto valor agregado para una región con un importante crecimiento industrial como Latino América.

### Referencias

1. T.A, K., The Origins and History of Loss Prevention. *Process Safety and Environmental Protection*, 1999. 77(3): p. 109-116.
2. BUBBICO, R. AND M. MARCHINI, Assessment of an explosive LPG release accident: A case study. *Journal of Hazardous Materials*, 2008. 155(3): p. 558-565.
3. DEMICHELA, M., N. PICCININI, AND A. POGGIO, Analysis of an LPG Accidental Release. *Process Safety and Environmental Protection*, 2004. 82(2): p. 128-131.
4. DITALI, S., ET AL., Consequence analysis in LPG installation using an integrated computer package. *Journal of Hazardous Materials*, 2000. 71(1-3): p. 159-177.
5. KOO, J., ET AL., Safety Assessment of LNG Terminal Focused on the Consequence Analysis of LNG Spills, in *Proceedings of the 1st Annual Gas Processing Symposium*, E.A. Hassan, et al., Editors. 2009, Elsevier: Amsterdam. p. 325-331.
6. T.A, K., Inherently Safer Design—Its Scope and Future. *Process Safety and Environmental Protection*, 2003. 81(6): p. 401-405.
7. GUO, T.-N. AND Z.-M. FU, The fire situation and progress in fire safety science and technology in China. *Fire Safety Journal*, 2007. 42(3): p. 171-182.
8. F. MORENTE, J.D.L.Q., F. WALD, Part 4: Software for fire design.

9. DANIEL A. CROWL, J.F.L., *Chemical Process Safety*. 3 ed2011: Prentice Hall.
10. MANNAN, S., F.P. LEES, AND KNOVEL (FIRM), *Lee's loss prevention in the process industries hazard identification, assessment, and control*, 2005, Elsevier Butterworth-Heinemann: Amsterdam ; Boston.
11. CENTER FOR CHEMICAL PROCESS, S., *Qualitative and Quantitative Prediction of Human Error in Risk Assessment*, in *Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety*2004, John Wiley & Sons, Inc. p. 201-245.
12. DE FREITAS, C.M., ET AL., *Chemical safety and governance in Brazil*. *Journal of Hazardous Materials*, 2001. 86(1-3): p. 135-151.
13. MANOEL, B., *Inflation and economic growth in Latin America: Some panel time-series evidence*. *Economic Modelling*, (o).
14. REUTERS, *Colombian petroleum production grew by 16.9% in 2010*, in *Portafolio*2011, El Tiempo: Colombia.
15. ECOPETROL. *ECOPETROL strenghtens its presence in the coast of the U.S. Gulf*. 2011 [cited 2011 01/11/2011]; Available from: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=148&conID=46143&pagID=133894>.
16. OREDA: *offshore reliability data handbook*1984, Høvik, Norway; [S.l.]: OREDA Participants ; Distributed by VERITEC-Marine Technology Consultants in cooperation with PennWell Pub. Co.

[45]

## Perceived risks and benefits of nanotechnology applied to the food and packaging sector in México

Esperanza Lopez-Vázquez\*, Thomas A. Brunner\*\*, Michael Siegrist\*\*

### Abstract

NANOTECHNOLOGY HAS GREAT potential in the food industry and many products have been developed in the last few years. The **goal** of this study was to identify food applications that are more likely and food applications that are less likely to be accepted by the public. The study was conducted in México and was a replica of a study conducted in Switzerland. Therefore, another goal was to compare the acceptance ratings of citizens from a highly developed European country to the ratings of citizens from a less developed country. **Methodology** – Face-to-face interviews were conducted in three different places in México, which yielded  $N = 378$  datasets.

**Findings** – Affect and perceived control are important factors influencing risk and benefit perceptions. Applications that can be consumed are perceived as more controllable than applications related to the packaging or external use. The results are similar but not identical to the findings from Switzerland. Some limitations of our study were that a convenience sample was used that was clearly higher educated than the average population. One should be cautious when generalizing the findings. It is important to pay attention to public views regarding new technologies in the food business during the product development stage.

The originality of our study lies in the fact that this is the first study to analyze perceptions of nanotechnology applications in a less developed country. Emerging countries often do not have regulations that are as strong as those of developed countries; therefore, analyzing the perception of these communities is also important.

**Keywords:** Nanotechnology, Perceived risk, Perceived benefit, Food, Packaging, México

\* Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Psicología.

\*\* ETH Zurich, Institute for Environmental Decisions (IED), Consumer Behavior, Switzerland.

# VI

## PERCEPCIÓN

### Y COMUNICACIÓN DEL RIESGO

- [46] Estrategias de prevención del riesgo en comunidades rurales expuestas a plaguicidas
- [47] El papel del monitoreo volcánico en la prevención de desastres y en la evaluación del riesgo por actividad volcánica. Caso: Colombia.
- [48] El rol del bienestar personal en la Cultura de Percepción de Riesgo ante peligros, desastres y reubicación
- [49] Promoting Gender Sensitivity in Disaster Risk Reduction in the Caribbean
- [50] El Rol de la Compensación sobre las Relaciones Causales Confianza-Riesgo-Aceptabilidad frente a Peligros Ambientales
- [51] Pánico de élites e información para no-japoneses en Sendai durante el triple desastre de marzo 11/11
- [52] Desafíos y oportunidades en una comunicación del riesgo de desastres efectiva
- [53] Percepção de risco em situações de emergências nas áreas portuárias do litoral de São Paulo, Brasil.
- [54] Gestión del riesgo volcánico asociado al complejo volcánico Cerro Bravo – Cerro Machín: Articulación del componente técnico y social
- [55] HAZCOM de sustancias químicas para Universidades de Centroamérica protegiendo al ser humano y el ambiente
- [56] Conocimientos, actitudes y prácticas sobre prevención de peligros de origen natural en una comunidad vulnerable de Cuba.
- [57] Herramientas para la comunicación y preparación para la prevención de emergencias químicas



[46]

## Estrategias de prevención del riesgo en comunidades rurales expuestas a plaguicidas

María Gabriela Rovedatti, Berta Vera, María Martha Quintana, Natalia Guiñazú, Graciela Chiapella, Valeria Rivero, Gladis Magnarelli\*

### Resumen

LA COMUNICACIÓN DE riesgo previene consecuencias adversas para la salud relacionadas con la exposición a tóxicos y provee una base sólida para la toma de decisiones de manejo de riesgo. Desde hace una década estudiamos el impacto del uso de plaguicidas en la tríada madre-placenta-feto en la población infantil del Alto Valle del Río Negro, nor-Patagonia argentina, zona de intensa actividad frutihortícola. Reportamos exposición ambiental a organofosforados y alteraciones en biomarcadores de respuesta en sangre de embarazadas, placenta, sangre de cordón umbilical y saliva de niños. Ejecutamos proyectos de Extensión Universitaria con el objetivo de incorporar a la población vulnerable al ejercicio de sus capacidades para minimizar el riesgo a través de acciones educativas articuladas con los sectores públicos de Salud y Educación. Se convocó a agentes sanitarios y a estudiantes de Medicina, Psicología y Saneamiento Ambiental. Incorporamos la información recabada sobre conductas de riesgo en la implementación de actividades participativas con las madres y sus niños, mensajes de difusión gráfica y audiovisual y en talleres sobre toxicología de plaguicidas. Los mismos, dirigidos a agentes de salud, docentes y alumnos de escuelas medias rurales, incluyeron como acreditación el diseño de un plan de trabajo para la transferencia hacia las comunidades de riesgo. Contaron con un 90% de asistencia, los participantes lograron tomar conciencia del riesgo y las propuestas de trabajo presentadas fueron pertinentes y abarcativas. Sin embargo, las mismas tuvieron dificultades para su implementación, evidenciándose la necesidad de políticas institucionales articuladas entre Salud Pública, Política Sanitaria y Educación para garantizar acciones sostenidas con relación a la compleja problemática del uso de agroquímicos.

**Palabras clave:** plaguicidas; comunicación de riesgo; comunidades rurales

\* IDEPA (CONICET- Universidad Nacional del Comahue), Neuquén, Argentina.

## Introducción

EL ROL DE la comunicación de riesgo es prevenir o mitigar consecuencias adversas para la salud humana relacionadas con la exposición a sustancias peligrosas y **proveer una base sólida para la toma de decisiones de manejo de riesgo. Nuestro laboratorio estudia desde hace** una década el impacto del uso de plaguicidas en la tríada madre-placenta-feto y en la población infantil del **Alto Valle del Río Negro** situado en el norte de la Patagonia Argentina, zona frutícola, con 60.000 Ha de producción. Se utilizan fundamentalmente organofosforados (OF) y las pulverizaciones se realizan durante cuatro a seis meses al año en primavera y verano (septiembre a febrero). La exposición crónica no-laboral en estas comunidades rurales se debe a la dispersión aérea de los plaguicidas aplicados, ya que el período de pulverizaciones coincide con la época de fuertes vientos. Es así que se detectaron residuos de OF en el agua destinada al consumo humano, suelo y agua (Santagni, 2006; Loewy et al., 2011). Esta dinámica ambiental, sumada a posibles conductas de riesgo y a la transferencia de OF a través de la placenta (Dorđević et al., 2010) surge un deterioro de la salud infantil desde el ambiente intrauterino. **De hecho, reportamos asociación entre** exposición ambiental a OF y alteraciones en biomarcadores en sangre de embarazadas, placenta, sangre de cordón umbilical y saliva de niños (Souza y col. 2005; Quintana y col., 2010; Cecchi, 2010; Bulgaroni y col. 2011).

Adicionalmente, la **comunicación de riesgo pretende contribuir al desarrollo de programas de educación efectivos y entrega de información.** Inspirados en el concepto de **equidad ambiental, y considerando** que la universidad debe aplicar y transferir los conocimientos generados en investigación para la solución de problemáticas regionales, ejecutamos dos Proyectos de Extensión Universitaria. **Nuestro objetivo fue incorporar a** la población más vulnerable al ejercicio de sus capacidades para **minimizar el riesgo a través de la implementación de acciones educativas articuladas con los sectores públicos de Salud y Educación.**

## Métodos

### *Estrategias seguidas para la comunicación de riesgo*

Siguiendo los lineamientos referidos a interacción con la comunidad de Chess et al. (1989) identificamos grupos de riesgo y, apoyados en nuestros estudios científicos, seleccionamos a las mujeres en edad fértil y niños como los más vulnerables. Se enfocaron los esfuerzos en la población rural o residente en pequeños asentamientos urbanos, la cual posee una limitada capacidad de

movilización con medios de transporte públicos escasos. En consecuencia, se incluyeron agentes multiplicadores que constituyeron una población destinataria directa de nuestras acciones. Se diseñaron y ejecutaron cuatro tipos de estrategias (Tabla 1): dos dirigidas a los grupos de riesgo, otra dirigida a los agentes multiplicadores y la difusión para la población general.

*Tabla 1.* Estrategias de prevención de riesgo aplicadas

<b>Estrategias</b>	<b>Destinatarios</b>	<b>Modalidad</b>
Entrevistas Domiciliarias(ED)	Madres de zona rural	Individual
Actividades Participativas(AP)	Madres y niños de zona rural	Pequeños grupos
Talleres (TF) Formativos	Agentes multiplicadores	Grupos numerosos
Difusión en medios audiovisuales	Población general	Diseño y difusión de afiches. Participación en programas radiales y televisivos

Se diseñaron y ejecutaron las ED para obtener información del nivel de concientización, hábitos y conductas de riesgo. **Se realizaron entrevistas a dos grupos. Para el primero se seleccionaron al azar 30 domicilios dentro un asentamiento rural representativo** de 143 viviendas rodeado de chacras. Otro grupo de ED fueron realizadas a mujeres que habían sido incluidas en nuestro proyecto de investigación. **Las ED fueron ejecutadas por estudiantes de Medicina y de Saneamiento Ambiental.** La información recabada fue utilizada como base para adecuar los contenidos de las AP y los TF, así como para el diseño de actividades de difusión.

En las AP, de dos horas de duración, participaron **estudiantes de Medicina, Psicología y Saneamiento Ambiental** con la modalidad de trabajo en pequeños grupos de madres y sus niños. Se incluyeron exposiciones interactivas, cuentos infantiles, actividades prácticas con la participación de los niños y merienda infantil. Se mencionaron resultados de los trabajos científicos desarrollados en la zona.

Los TF sobre toxicología de plaguicidas tuvieron dos áreas destinatarias: salud y educación. En cada una se adaptó la modalidad y los contenidos, con 6 encuentros de 2 horas cada uno. En salud, los TF se dictaron para personal de hospitales públicos. En educación los TF fueron dirigidos a los docentes y alumnos de escuelas medias. Con el objetivo de obtener información sobre los conocimientos previos se realizó una encuesta diagnóstica acerca de la toxicología de plaguicidas y de la percepción del rol de los asistentes en la prevención de la exposición a estos tóxicos. En los contenidos se priorizaron los temas

según lo detectado en las encuestas diagnósticas. Se ejecutaron las siguientes actividades: discusión de artículos periodísticos de diarios regionales, observación y discusión de videos, dramatizaciones y presentaciones orales de los docentes en las que se incluyeron resultados de nuestros trabajos científicos. Las acreditaciones incluyeron el diseño y presentación de un plan de trabajo para la transferencia hacia las comunidades de riesgo.

Con la información recabada en las ED sobre conductas de riesgo detectadas se confeccionó material gráfico. Se diseñaron ilustraciones alusivas teniendo en cuenta la importancia de la prevención en la población infantil. Se incorporó información sobre recursos de emergencias para intoxicaciones agudas.

También se utilizó la información de las ED para elaborar mensajes de difusión radiales y televisivos.

### Resultados

ED: se realizaron dos grupos. En uno se entrevistaron 30 y en otro 59 madres residentes en comunidades rurales o aledañas. Los resultados de las primeras ED se describen en Rovedatti y col. (2006) y los de las segundas fueron publicados en Bulgaroni y col. (2011).

AP: se ejecutaron tres con participaron de 30 madres con sus hijos de 4-5 años. Los agentes de salud resultaron un nexo importante en la convocatoria al grupo de riesgo, si bien el escaso número de ellos dificultó la difusión domiciliaria de la actividad. Sin embargo dentro de las madres convocadas se registró un grado alto de asistencia y cumplimiento de las consignas.

TF: se realizaron cinco y tuvieron un 90-95% de asistencia con un total de 83 personas entre los que se contaron médicos, bioquímicos, agentes sanitarios, obstétricas, asistentes sociales, nutricionistas, docentes de enseñanza media y alumnos de sexto año. Los planes de transferencia presentados por los participantes fueron pertinentes y abarcativos (Tabla 2). A posteriori se convocó a reuniones con los alumnos que cursaron cada TF donde ellos informaron las dificultades en la implementación de las tareas planificadas (Tabla 2). En el caso del personal de salud incidió la cantidad de tareas que desarrollan regularmente en los nosocomios. En cuanto a los docentes, presentaron propuestas para incluir en el curriculum de sus asignaturas del siguiente año lectivo. En esta instancia, se asesoró y se brindó información actualizada y material gráfico.

Difusión: entregamos afiches abarcando una importante proporción de los centros de salud e instituciones educativas. Participamos con un stand en la VII edición de la Fiesta Nacional de la Fruticultura, exposición agroindustrial, comercial, artesanal y gastronómica, donde exhibimos afiches e impartimos consejos generales.

*Tabla 2:* Propuestas de transferencia hacia los grupos de riesgo presentadas por los agentes multiplicadores participantes de los TF

<b>Destinatarios</b>	<b>Actividades</b>
Familias bajo el Programa "Huertas Comunitarias".	Charlas informativas. Entrega de afiches.
Alumnos de 2º grado, escuela N° 291.	Aula Taller. Entrega de folletos.
Niños en edad escolar de la Residencia Escolar Sargento Vidal.	Confeción y colocación de afiches
Agentes Sanitarios.	Charlas durante las actividades de capacitación de los agentes sanitarios. Confeción de dípticos
Población de San Isidro. Centro de Jubilados, Junta Vecinal, Sindicatos.	Charlas Informativas. Distribución de folletos. Gestión ante autoridades municipales impulsar de ordenanzas para prevención.
Embarazadas que asisten al Control de Embarazo y al Curso Parto en el hospital.	Entrevistas y Charlas. Entrega de folletos.
Alumnos de 3º a 7º grado de la escuela "Rayito de Sol".	Aula Taller. Entrega de folletos.
Madres, educadores y alumnos de la escuela rural "La Parra"	Charlas. Información sobre fechas de pulverizaciones por radio y colocación de láminas. Entrega de folletos.
Miembros de la comunidad.	Folletos explicativos. Cortos informativos en medios audiovisuales
Pacientes internados.	Comunicación verbal, folletos.
Promotores de salud del Ministerio y familiares.	Jornadas de capacitación con la participación de los docentes de la Universidad que dictaron los TF. Medios audiovisuales.
Alumnos de preescolar y de escuelas primarias.	Charlas con la participación de alumnos de medicina y pasantes del hospital.

**Tabla 3.** Resultados y evaluación de las Actividades Participativas y los Talleres Formativos dirigidas a los agentes multiplicadores y destinatarios finales

<b>Acción</b>	<b>Centros de Salud</b>	<b>Escuela Media</b>	<b>Fortalezas/ debilidades</b>
Actividades Participativas (AP)	Asistencia del 50% de los convocados.	----	Alto cumplimiento de las consignas.
Talleres Formativos (TF)	Asistencia del 90% de los inscriptos.	Asistencia del 95% de los inscriptos.	Alto grado de motivación y participación. Evaluación del TF (encuesta final) muy positiva.
Evaluación de la implementación de los trabajos de transferencia de los agentes multiplicadores	Se ejecutó el 50%	Se ejecutó el 10%	Propuestas de transferencias pertinentes y abarcativas. Dificultad para ejecutar actividades de transferencia y sostenerlas en el tiempo.

### Conclusiones

Dado que para evaluar la efectividad de las estrategias utilizadas para mitigar el riesgo en salud debe tenerse en cuenta el público destinatario, el mensajero, el mensaje y el medio (Rother, 2011), nosotros identificamos a la población vulnerable a partir de nuestros estudios de investigación y seleccionamos profesionales de la región y estudiantes de carreras afines para transmitir el mensaje. El mismo fue construido a partir de información recabada en la zona con las ED, información toxicológica básica y la producida por nuestros estudios de investigación. Los medios utilizados para transmitirla fueron variados y adaptados a los diferentes públicos. Según Chess y Purcell (1999) la evaluación de las acciones de educación ambiental puede tomarse bajo dos criterios, por el éxito del proceso de participación o por el éxito de los resultados de dichas acciones. En nuestro caso utilizamos ambos criterios.

Las dificultades halladas en la implementación de las tareas de transferencia de los agentes multiplicadores evidenció la necesidad de políticas institucionales articuladas entre el ámbito de Salud Pública, Política Sanitaria y Educación a fin de garantizar acciones de prevención sostenidas con relación a la compleja problemática del uso de agroquímicos.

## Agradecimientos

Universidad Nacional del Comahue, Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación Argentino.

## Referencias

- BULGARONI, V. ET AL. "Organophosphate pesticide environmental exposure: analysis of salivary cholinesterase and carboxylesterase activities in preschool children and their mothers", *Environmental Monitoring and Assessment*, Digital Object Identifier (DOI) 10.1007/s10661-011-2190-8, 2011.
- CHESS, C. ET AL., "Planning dialogue with communities: a risk communication workbook"; Nueva Jersey: Rutgers University, Cook College, Environmental Communication Research Program, 1989.
- CHESS C. & PURCELL K. "Public participation and the environment: do we know what works?" *Environmental Science and Technology*, vol. 33, No 16, pp. 2685-2692, 1999.
- DORĐEVIĆ M. ET AL., "Neonatal outcome following exposure to organophosphorous pesticides", *Archives of Biological Science Belgrade*, vol. 62, n° 1, pp. 1-8, 2010.
- LOEWY R.M. ET AL., "Pesticide distribution in an agricultural environment in Argentina", *Journal of Environmental Science and Health*, vol. 46, n° 8, pp. 662-670, 2011.
- QUINTANA M., ET AL. "Environmental exposure to pesticides: a biomarker's preliminary study in umbilical cord blood", *Biocell*, Vol. 35 No 1, pp. A83, 2011.
- ROTHER H.A. "Challenges in pesticide risk communication", *Encyclopedia of Environmental Health*, pp. 566-575, 2011.
- ROVEDATTI M.G., ET AL., "Prevención en salud ambiental para poblaciones expuestas a plaguicidas: entrevistas en comunidades rurales y taller educativo para agentes multiplicadores", *Acta Toxicológica Argentina*, vol. 14, n° 1, pp. 1-6, 2006.
- SANTAGNI A., "Contaminación con plaguicidas del agua subterránea para consumo humano en Campo Grande y Cinco Saltos (Río Negro)". Tesis de grado. Escuela de Salud y Ambiente, Universidad Nacional del Comahue, 67 pp., 2006.
- SOUZA, M.S., ET AL. "Prenatal exposure to pesticides: analysis of human placental acetylcholinesterase, glutathione-s-transferase and catalase as biomarkers of effect", *Biomarkers*, Vol.10 No.5, pp. 376-389, 2005.

[47]

## El papel del monitoreo volcánico en la prevención de desastres y en la evaluación del riesgo por actividad volcánica. Caso: Colombia.

John Makario Londoño B, Marta Lucía Calvache V.\*

### Resumen

LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA es uno de los fenómenos naturales que puede llegar a afectar tanto a los seres humanos, como al medio ambiente en general, incluido el clima y por defecto producir cambios climáticos adversos.

En Colombia, el monitoreo continuo de la actividad volcánica es realizado por el SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC). Actualmente se monitorean 14 volcanes mediante tres observatorios vulcanológicos y sismológicos con sedes en la ciudades de Manizales, Popayán y Pasto. Diferentes disciplinas se usan en el monitoreo volcánico, entre las que se destacan la sismología, geodesia, geoquímica, y geofísica, cada una con sus metodologías, técnicas y equipos especializados. Mas de 300 estaciones de diferentes tipos se utilizan para llevar a cabo el monitoreo volcánico.

Con la información obtenida del monitoreo continuo, se elaboran boletines de actividad volcánica así como informes técnicos, entre otros. Ésta información permite a los tomadores de decisiones tener mejores criterios para evaluar las posibles acciones a seguir ante una emergencia por actividad volcánica. Varios casos exitosos en Colombia se pueden referenciar, donde se evidencia el papel preponderante del monitoreo continuo de la actividad volcánica, como insumo fundamental para las acciones que realizan los tomadores de decisiones. Entre los casos exitosos, se pueden citar:

\* Servicio Geológico Colombiano, SGC.



- El Volcán Nevado del Ruiz, (erupción de 1989), donde se pudo evacuar con anterioridad a la población que vivía cerca al volcán.
- El Volcán Galeras, donde en mas de once ocasiones, se ha alertado previamente al menos, con horas de anticipación, sobre una posible erupción (con un 93% de efectividad), y muchas personas han respondido a las acciones tomadas por los tomadores de decisiones.
- El Volcán Nevado del Huila, donde en tres ocasiones se ha alertado con al menos horas de anterioridad sobre la ocurrencia de una erupción volcánica, pudiéndose evacuar miles de personas en corto tiempo (100% de efectividad).
- El Volcán Cerro Machín, donde las personas que viven en las partes cercanas al volcán realizaron una evacuación voluntaria, ante incrementos importantes de la actividad sísmica de dicho volcán.
- Por otra parte, el monitoreo continuo de la actividad volcánica contribuye a la evaluación del riesgo, en el sentido que se pueden elaborar modelos de comportamiento que permiten establecer posibles escenarios de actividad volcánica actuales y futuros, dependiendo del tipo de actividad que manifieste el volcán en un momento determinado.

**Palabras clave:** monitoreo volcánico, prevención desastres, erupción volcánica

### Introducción



UNA DE LAS maneras de reducir el riesgo o la exposición al riesgo por fenómenos naturales, es mediante el monitoreo instrumental de éstos fenómenos, que permitan obtener información confiable y establecer modelos de comportamiento de dichos fenómenos naturales. Con estos modelos se pueden hacer proyecciones, inferencias, y en algunos casos, pronóstico de lo que podría suceder en un futuro cercano. En lo que respecta a los volcanes activos, en la última década se ha avanzado considerablemente en modelos físicos del fenómeno del vulcanismo. A partir del monitoreo continuo de los volcanes, se obtiene información con la que es posible establecer su nivel de actividad. Luego, esta información puede ser transmitida tanto a los tomadores de decisiones como a la comunidad en general, para que realicen las acciones pertinentes. En el caso colombiano, el Servicio Geológico Colombiano (SGC), es el instituto encargado de monitorear continuamente la actividad de los volcanes colombianos, teniendo para ello una red de observatorios vulcanológicos (Manizales, Popayán y Pasto), con alrededor de 300 estaciones de monitoreo, cubriendo diferentes metodologías, técnicas y disciplinas (sismología, geodesia, geoquímica, geofísica, geología, video, sobrevuelos, electrónica, entre otras).

## Métodos ó Desarrollo experimental

*Determinación del nivel de actividad volcánica*

Para el caso colombiano, El SGC ha establecido el nivel de actividad volcánica mediante una tabla que relaciona los diferentes patrones o parámetros (escenario) que debe mostrar un volcán y el nivel al que corresponderían éstos. Los cambios en las diferentes variables que se monitorean permanentemente, permiten asignar un nivel de actividad al volcán. La Tabla 1 muestra los diferentes niveles que se tienen definidos en Colombia y los parámetros asociados a cada uno.

*Tabla 1.* Niveles de actividad volcánica en Colombia usados por el SGC

Nivel	Número	Estado de Actividad	Escenario Posible
	IV	Volcán activo y comportamiento estable.	El volcán puede estar en un estado base que caracteriza el período de reposo o quietud, o registrar actividad sísmica, fumarólica u otras manifestaciones de actividad en superficie que afectan fundamentalmente la zona más inmediata o próxima al centro de emisión, por lo que no representa riesgo para las poblaciones y actividades económicas de su zona de influencia.
	III	Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica.	Variaciones en los niveles de los parámetros derivados de la vigilancia que indican que el volcán está por encima del umbral base y que el proceso es inestable pudiendo evolucionar aumentando o disminuyendo esos niveles. Pueden registrarse fenómenos como enjambres de sismos, algunos de ellos sentidos; emisiones de ceniza; lahares; cambios morfológicos; ruidos; olores de gases volcánicos entre otros, que pueden alterar la calidad de vida de las poblaciones en la zona de influencia volcánica.
	II	Erupción probable en término de días o semanas.	Variaciones significativas en el desarrollo del proceso volcánico derivadas del análisis de los indicadores de los parámetros de vigilancia, las cuales pueden evolucionar en evento(s) eruptivo(s) de carácter explosivo o efusivo.
	I	Erupción inminente o en curso.	Proceso eruptivo en progreso cuyo clímax se puede alcanzar en horas o evento eruptivo en curso. La fase eruptiva sea explosiva o efusiva puede estar compuesta de varios episodios. El tiempo de preparación y respuesta es muy corto.

Con el nivel de actividad definido, se hace un diagnóstico del estado en el que se encuentra el volcán y los posibles escenarios que se pueden esperar, lo cual queda plasmado en boletines informativos o informes técnicos que se emiten por diferentes medios de comunicación (página web, email, fax, conferencias, reuniones, entre otros) a toda la comunidad, tanto a nivel de tomadores de decisiones como al público en general y a la comunidad científica y académica nacional e internacional.

## Resultados

Varios casos exitosos se pueden citar en el caso colombiano, referentes a alertas tempranas por actividad volcánica, que han permitido salvar muchas vidas. Los casos exitosos son:

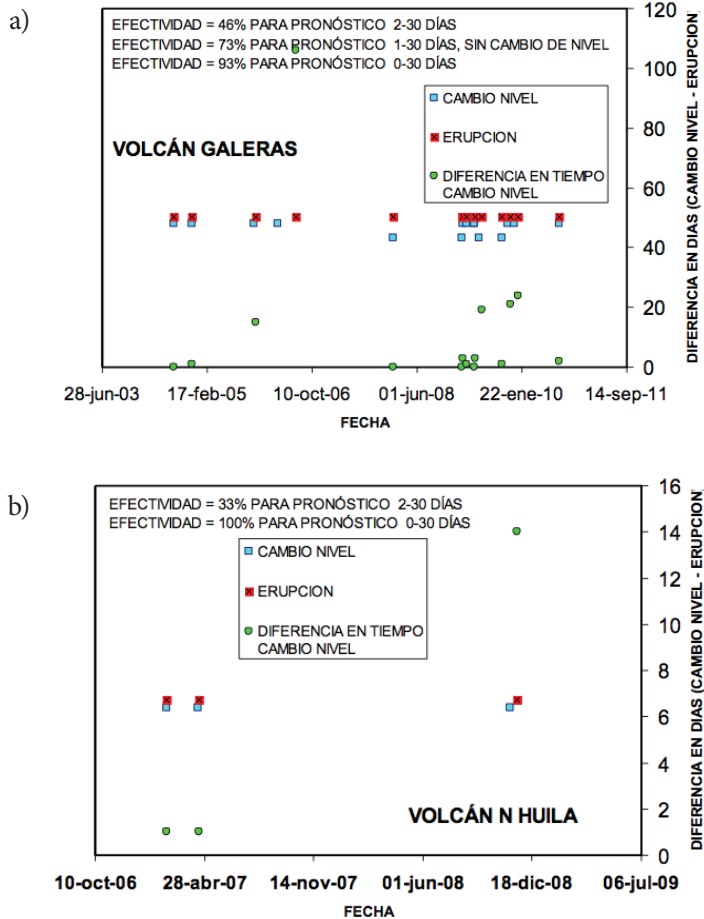
- al Volcán Nevado del Ruiz (VNR) en 1989, donde después de tres años y medio de monitoreo continuo en tiempo real (el cual se inició en noviembre de 1985, después de la erupción del 13 de noviembre de 1985), se pudo alertar con anterioridad sobre la ocurrencia de la erupción del 1 de Septiembre de 1989, la última hasta la fecha, lográndose evacuar todas las personas que corrían riesgo;
- el caso del Volcán Galeras (VG) donde en más de 12 oportunidades se ha alertado, por lo menos, horas antes de la ocurrencia de una erupción (Figura 1a). Esto ha permitido tiempo para que las personas evacúen los sitios con mayor riesgo.
- el caso del Volcán Nevado del Huila (VNH), donde en tres oportunidades se ha podido alertar, por lo menos con horas o días de anticipación, sobre la ocurrencia de una erupción (Figura 1b) y se han podido salvar miles de vidas. Vale la pena mencionar, que en el caso de la primera erupción (18 de Febrero de 2007), solo se contaba con una estación sísmica de monitoreo en la cima del volcán, dado su bajo nivel de actividad hasta ese momento, y aún en estas condiciones se pudo dar la alerta por erupción con horas de antelación.
- Para el caso del Volcán Cerro Machín (VCM), aunque no ha hecho erupción en más de 800 años, su actividad actualmente (2012) esta cambiando, y ha tenido varios episodios de crisis sísmicas, una de las cuales (noviembre 2009) produjo varios sismos de magnitud considerable (>4) que hizo evacuar voluntariamente a los pobladores que viven cerca al volcán (más de 900 personas). Esta evacuación voluntaria, se produjo, entre otras razones, por el conocimiento que los pobladores tienen sobre la actividad actual del volcán, producto de una interacción

constante entre el Observatorio vulcanológico de Manizales del SGC, que monitorea dicho volcán y la comunidad que reside en los alrededores del volcán.

Para el caso del VG y el VNH, se ha tenido una efectividad importante en materia de alertar antes de las erupciones con un 93% y 100%, respectivamente. A medida que se amplía el tiempo entre la alerta de erupción y la ocurrencia de la misma, el nivel de efectividad, lógicamente disminuye, dada la incertidumbre que se maneja en el pronóstico de erupciones volcánicas (Figura 1). A pesar de ello, vale la pena recalcar el número importante de aciertos que se ha tenido, en particular, en el caso del VG (12 de 13 erupciones), el cual siendo el volcán más activo de Colombia actualmente (2012), se ha podido responder efectivamente a la comunidad en general en la gran mayoría de las veces, con información oportuna y confiable.

Se considera por lo tanto, que el avance logrado en los últimos años en materia de monitoreo volcánico y el conocimiento del comportamiento de los volcanes activos en Colombia, ha permitido salvar muchas vidas, que de otra forma hubiera sido muy difícil o imposible de lograr.

De esta forma, el monitoreo volcánico continuo juega un papel importante en la evaluación y gestión del riesgo por actividad volcánica, dado que con los modelos de comportamiento volcánico que se generan para cada volcán, se pueden formular escenarios posibles actuales y futuros, lo cual permite a los tomadores de decisiones y a la comunidad en general, emprender las acciones que cada uno considera sean las más apropiadas. No obstante, es importante enfatizar, que a pesar de los avances en éstos últimos años en Colombia donde se han tenido casos exitosos de alerta temprana ante erupción volcánica, y muchas de las acciones que llevan a cabo los tomadores de decisiones están basadas en la información oportuna que brinda el SGC sobre la actividad volcánica, ésta última no es previsible ciento por ciento, y por lo tanto, el grado de incertidumbre que se maneja es alto, razón por la cual, se debe estar muy atento a cualquier cambio en el comportamiento de los volcanes, y los tomadores de decisiones deben ser prudentes al analizar y evaluar la información que se suministra permanentemente por parte del SGC.



*Figura 1.* Relación entre las fechas de ocurrencia de erupciones y el tiempo en días del cambio de nivel de actividad (de amarillo-III a naranja-II o rojo-I) dado por el SGC, antes de la erupción, para el Volcán Galeras (a) y para el Volcán Nevado del Huila (b) con el objeto de medir el nivel de efectividad. Se ha logrado un 93% de efectividad para alertar entre 0 y 30 días antes de la erupción para el caso del V. Galeras (en 12 de 13 erupciones) y un 100% de efectividad para el caso del VN Huila (en 3 de 3 erupciones).

## Conclusiones

El monitoreo volcánico en Colombia es realizado por el SGC, que cuenta con tres observatorios vulcanológicos y más de 300 estaciones de monitoreo, para monitorear más de 14 volcanes activos en la actualidad (2012).

El monitoreo continuo de volcanes activos en Colombia ha tenido varios casos exitosos de alerta temprana por actividad volcánica antes de erupciones o incrementos de la actividad, como son el caso del VNR (1989), VG (2004-2011), VNH (2007-2009) y VCM (2009).

La información que se emite permanentemente sobre el estado de actividad de los volcanes activos colombianos (boletines e informes técnicos, entre otros), permite a los tomadores de decisiones y a la comunidad en general, contar con una herramienta adicional para realizar las acciones pertinentes y tener mejores juicios de valor.

Los modelos de comportamiento volcánico para cada volcán monitoreado, permiten proponer escenarios posibles actuales y futuros, lo cual ayuda en la evaluación y gestión del riesgo por actividad volcánica.

### Referencias

- ALP. E, "Risk-based transportation planning practice: Overall methodology and a case example," *INFOR*, vol. 33, pp. 4-19, 1995
- INGEOMINAS, "Niveles de Actividad Volcánica" <Disponible en: < <http://www.ingeminas.gov.co/Observatorios-Vulcanologicos/Niveles-de-Actividad.aspx>>  
Fecha de consulta: Febrero 15 de 2012

[48]

## El rol del bienestar personal en la Cultura de Percepción de Riesgo ante peligros, desastres y reubicación

Arthur Murphy\*, Fabiola Juárez Guevara\*, Eric Jones\*,  
Graham Tobin\*\*, Linda Whiteford\*\*\*

### Resumen

ESTE ESTUDIO ABORDA la asociación del bienestar personal con la percepción de riesgo en peligros crónicos, desastres agudos y desastres que indujeron una reubicación en México y Ecuador. Los datos del estudio corresponden a más de 200 habitantes en el estado de Puebla, México, incluyendo un sitio de reubicación por inundación/deslaves y un sitio constantemente amenazado por la actividad del Volcán Popocatepetl; y de más de 250 habitantes en las Provincias de Chimborazo y Tungurahua, Ecuador, incluyendo dos sitios de reubicación y otros dos sitios afectados por las erupciones del Volcán Tungurahua. Se analizó la correlación de las experiencias de evacuación, salud física, salud mental, condiciones del hogar, recursos materiales y cambios de vida recientes con diversas medidas de percepción de riesgo. Con limitadas excepciones, algunos sitios no se superponen en las variables que predicen la percepción de riesgo. Los niveles de algunas medidas de percepción de riesgo no fueron significativamente diferentes, así que es posible que los peligros crónicos vs desastres agudos afecten la percepción de riesgo de la gente de forma diferente; de tal manera que las culturas de percepción de riesgo son distintas y observables en los diferentes sitios. También se encontró que el bienestar es mejor pronosticador en cuestiones crónicas que en cuestio-

\* Departamento de Antropología, Universidad de Norte Carolina en Greensboro, Greensboro, Estados Unidos de América.

\*\* Departamento de Geografía, Universidad de Sur Florida, Tampa, Estados Unidos de América.

\*\*\* Departamento de Antropología, Universidad de Sur Florida, Tampa, Estados Unidos de América.

nes agudas. Tales hallazgos podrían ser útiles para que la comunicación, la educación y el apoyo sean más adecuados a la población en específico y su situación.

### **Introducción**

LA RELACIÓN ENTRE cultura y los riesgos que afectan a los seres humanos presenta una doble vía. El riesgo ayuda a estructurar la sociedad y también influye en el comportamiento individual. A la vez, las tradiciones socioculturales llegan a exponer a ciertos grupos de personas a determinados tipos de riesgo y a experimentar diferencias en vulnerabilidad y en los recursos para recuperarse. Las diferencias de percepción de riesgos entre los sitios de estudio pueden deberse a los riesgos mismos, a la economía política, a diferencias entre las sociedades, diferencias entre los entornos sociales locales, o diferencias demográficas así como género, edad, educación, densidad poblacional y religión. En este estudio presentamos resultados sobre las diferencias entre sitios en cuanto al efecto de tales variables, con más interés en las diferencias debidas a cultura (Ecuador comparada con México) y reubicación (experimentar o no experimentar reubicación tras un desastre).

### **Métodos o Desarrollo experimental**

Hicimos entrevistas con 200 individuos entre un sitio evacuado por el Volcán Popocatepetl en el estado de Puebla, México y un sitio reubicado por deslaves en la Sierra Norte del estado de Puebla, México. También entrevistamos a 263 individuos entre dos sitios reubicados por el Volcán Tungurahua en la provincia de Chimborazo, Ecuador, un sitio de control (no afectado), y dos sitios que siguen siendo afectados por erupciones del Volcán Tungurahua en la provincia de Tungurahua, Ecuador. Hicimos preguntas sobre variables independientes como datos socio-demográficos, atributos de relaciones sociales y estructura de redes sociales; y sobre variables dependientes tales como la percepción de riesgo sobre el pasado, presente y futuro.

### **Resultados**

La percepción sobre el riesgo en el futuro tuvo pocos factores predictivos. Solamente en el sitio menos afectado (sitio volcánico en México) había factores asociados con percepción de riesgo en el futuro. En cambio, la percepción sobre el pasado y presente experimentó muchos factores de predicción sociodemográficos, de bienestar, y de redes sociales, pero estos factores variaron mucho



entre sitios y entre países. Los niveles de percepción de riesgo fueron relativamente altos en todos los sitios, excepto por la baja preocupación ante la posibilidad de experimentar el riesgo de nuevo en el sitio de control en Ecuador y en el sitio menos afectado en México, este último también experimentó bajo índice de peligro y efecto cuando ocurrió la última vez.

### Conclusiones

El análisis de percepción de riesgo entre culturas se convierte en una problemática compleja, dada las muchas variaciones entre sociedades, contextos, sitios, y factores individuales. De cualquier manera, cabe resaltar que incluir variables de redes sociales o el entorno social logra predecir aún más la variación en la variable dependiente de percepción de riesgo.

### Referencias

- DOUGLAS, M. AND A. WILDAVSKY. 1982 *Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*. Berkeley: University of California Press.
- HO, M. C., SHAW, D., LIN, S. Y., AND Y. C. CHIU. 2008 How do Disaster Characteristics Influence Risk Perception? *Risk Analysis*, 28(3):635-643.
- JOHNSON, B. B. AND V. T. COVELLO (EDS.). 1987 *The Social and Cultural Construction of Risk: Essays on Risk Perception and Selection*. Dordrecht, Holland: D. Reidel.
- JONES, E.C., AND A.D. MURPHY. 2008 Review of Cross-Cultural Disaster Studies Concerning Latin American Populations. In *Libro Homenaje a Fernando Pozos*. F. Leal Carretero, ed. Guadalajara: University of Guadalajara Press.
- TOBIN, G.A., L.M. WHITEFORD, E.C. JONES AND A.D. MURPHY. 2011 The role of individual well-being in risk perception and evacuation for chronic vs. acute natural hazards in Mexico. *Journal of Applied Geography*, 31:700-711.

[49]

# Promoting Gender Sensitivity in Disaster Risk Reduction in the Caribbean

Dr. Paulette Bynoe\*

## Introduction and Background

OVER THE LAST few decades increasing attention has been given to the links between gender inequalities, increased vulnerability of women and girls to disasters triggered by natural hazards. Moreover, several studies have supported the view that women are more vulnerable to disasters than men because of socially constructed roles and responsibility, the feminization of poverty, as well as their unequal access to resources, including land, credit, extension services, and information technology, among others (Pan American Health Organization, 1998; Hannan, 2002; Mitchell et al., 2007). It may further be argued that disasters have gender-differentiated impacts; therefore, gender-responsive mitigation and adaptation strategies for climate change and gender-responsive disaster risk management are essential.

By adopting a case study approach, this paper explores the intersectionality of disaster risk, vulnerability and gender in selected communities in two Caribbean States: Saint. Lucia (Fond St. Jacques Community) and Saint Vincent and the Grenadines (Sandy Bay Community) –both being very dependent of agriculture (which is very vulnerable to climatic shifts) as a main livelihood source. Sandy Bay, the home (reservation) to Saint Vincent’s largest concentration of Black Caribs, lies in the north-east quadrant of St. Vincent. In 2001, the population for the Sandy Bay area was 2716, – 1442 men and 1274 women –

\* Former Director of the School of Earth and Environmental Sciences, University of Guyana. Dr. Paulette Bynoe is currently spending her Sabbatical in the Department of Life Sciences, University of the West Indies, St. Augustine Campus, Trinidad.  
E-mails: paulette.bynoe@uog.edu.gy or bynoep2000@yahoo.com

the smallest census division at 2.5 per cent. Sandy Bay falls in the district with the highest level of poverty in St. Vincent and the Grenadines. The prevalence of poverty within the Sandy Bay community was also cited in the initial Country Poverty Assessment in 1996. The 2007/2008 Poverty Assessment Report (Kairi, 2008) found that nationally, 30.2 per cent of the population was poor. Poverty, in St. Vincent and the Grenadines, is most prevalent in the north-eastern quadrant, within which Sandy Bay lies.

Fond Saint Jacques (with diacritics), also called “Pond Saint Jacques and Fond Saint Jacques”, is a village that is located on the West Coast of the island of St Lucia. It is geographically situated at 13° 50’ 0” North of the equator, 61° 1’ 0” West of the Prime Meridian and falls within the quarter of the parish of Soufriere, St. Lucia’s first capital and currently its “tourist capital”, which is filled with natural and historic sites. Fond St Jacques is considered to be in the interior of Soufriere within the forested area. Fond St Jacques is an example of poor planning of housing and settlement which comes with a number of other social ills. The community also has a large percentage of houses in close proximity to each other and an amount of unplanned housing, with homes on sloping hills and on river banks. The community is part of a District that is categorized as one of the poorest and most depressed<sup>48</sup> in St Lucia.

### Methodological Approach

A mixed methods approach was adopted for the study and comprised the following:

- Desk review of available literature on global climate change, disaster risk reduction, national environmental reports, national climate change reports, poverty reduction strategy papers, among others.
- Direct observation of the role of men and women, livelihood activities, climate change adaptation and DRR measures in communities (including traditional coping mechanisms known), surrounding environment characteristics and potential dangers e.g. flooding because of rivers, farming and drought, etc., whenever possible.
- In-depth interviews of key informants including: village/community leaders, traditional agriculture/fisheries experts, disaster management office, women’s institutions (Women’s Affairs Bureau; farmers’ association; fishing association, women church groups etc, youth etc) and non-governmental organisations.
- Questionnaire survey of 25 per cent of the total number of households in each of the two targeted communities, using a systematic random

sample method (every  $n^{\text{th}}$  household). Both male and female respondents were targeted in the surveys, which were conducted between March and June 2011.

After the draft of the prototype questionnaire was completed, it was pre-tested on a small representative sample of the population. The pre-test was conducted to assess the clarity and reliable the questions were (given the linguistic and cultural differences between the Regions) and whether changes were necessary before the start of the actual survey. The questionnaire was then revised and finalized on the basis of pre-test results.

The studies were conducted during the period March-August 2011, using direct observations, face to face administered questionnaire survey and in-depth interview of key informants as the principal data collection methods. These were supplemented with a desk review of secondary data. Specific attention has been given to such issues as major natural hazards (floods, droughts and hurricanes), vulnerabilities of men and women, impacts and effects of those hazards on households and communities in terms of incomes, employment, health etc.), coping capacities of men and women (livelihood diversification, migration, bartering etc) government mechanisms (early warning systems, social protection programmes etc.) to address disaster risk reduction and key lessons learnt and corresponding recommendations.

## Key Findings

### *Case Study: Sandy Bay community*

This Case Study has established that Sandy Bay community is vulnerable to natural disasters, not solely due to environmental vulnerability, but also demographic and realities, and to a lesser extent, and their poor perception of their individual risks. This resonates with observations made by ECLAC (2000) that vulnerability in most Latin American countries is characterized by high levels of poverty, socio-economic exclusion and environmental degradation. The latter holds particularly true for the targeted community, since their indiscriminate environmental practices (such as felling of trees, poor disposal of garbage) have affected local drainage systems.

Residents of the community depend largely on agriculture as the income and non income source (79 per cent of the households surveyed). In other words, agriculture is an important livelihood activity. But, this source of livelihood that very susceptible to climatic changes cannot guarantee long term sustainability; therefore the absence of alternative livelihoods may very likely increase their poverty

level. This is underscored by the fact that 61.3 per cent is either self employed (basically in agriculture related activities) or unemployed. Households' dependence on remittances cannot be considered a sustainable alternative to the creation of jobs and incomes for both men and women who fall within the cohort of the potential working population. Of concern also is the fact that approximately 55.4 per cent of the survey households have only one bread winner.

Both men and women play a role in helping the community to cope with disasters and risks; however there is a clear absence of any organized community led group. Moreover, men seem not to be interested in participating in community disaster related activities. Maybe, they need to be educated that having a role to play in such a group is not a symbol of their vulnerability, but rather of their courage and willingness to act responsibly, as well as a will to build community resilience.

Further, given the physical vulnerability of Sandy Bay and the absence of any new plan to relocate resident, households will be faced with natural hazards and the risks associated with climate change. Hydro-meteorological disasters are projected to be more prevalent with anticipated changes in climate, where scientists project increased occurrence of extreme climate events (IPCC 2007:107 seen in Anderson, 2009, pp.2).

However, should specific interventions are made soon enough in the Sandy Bay community, taking into consideration the historical facts and current socio-economic vulnerabilities and needs of residents, it is very likely that the current climate and other disaster risks posed to the local people can be reduced. It must be re-emphasized here that the nature of both vulnerability and risk is dynamic.

### *Case Study 2: Fond Saint Jacques Community*

The Fond St. Jacques case study supports studies done in communities in island states across the world in providing empirical evidence that island communities are extremely vulnerable to climate related disasters-mainly hurricanes and tropical storms. Climate change adds another dimension to such disasters and requires a considerable amount of resources to increase national and local adaptive capacity.

Clearly, climate risks are gendered and households' vulnerability to these risks is closely intertwined with their social and economic status. Men and women are affected differently based on their form of employment, capacities to adapt etc. Their traditional roles within a family structure have influenced their responsibilities during a disaster. Also, men also do not consider themselves 'vulnerable since, from their perspective, women are 'weaker'; therefore it is not surprising that they are not actively involved in a community disaster related associations.

While there is a great need for public education, policy makers need to address the vulnerable conditions of both men and women in the community, given the lack of employment, the declining performance of, and high level of susceptibility of agriculture to climate events. Moreover, people of Fond St. Jacques must recognise that they help to increase their own risk by engaging in environmentally unfriendly practices individually and collectively.

### *Some key Issues in Results Gender Coping Strategies*

At the aggregate level both communities have developed over time traditional support systems /coping strategies in the face of constant threat posed by climate related events on a yearly basis. These strategies are very common throughout the Caribbean and include: conservation of water in times of droughts; advanced purchasing of critical items/ build up inventory stocks ; clearing of gutters and drains; securing of roofs; ensuring insurance is up to date; and seeking institutional support. Other notable strategies are building social capital (networking to help each other in the community to farm and fish or even the construction of a home, particularly in Sandy Bay); migration from the affected areas; collecting and storing rain water; reliance on families and community members during a disaster; heavy reliance on the government and non-governmental organizations after the disaster; and repairing of damaged houses. In addition, both men and women seemed to put greater levels of effort into rebuilding their homes/lives, relocating to new areas, protecting children and the elderly and seeking jobs outside of the communities to secure incomes for their families. Both men and men and women sought assistance from organisations such as the Red Cross Society as the government.

Significantly, a notable distinction in roles was made when it was reported that Women played a dominant role in the administration aspect of disaster management while the men dominated the manual labour (clearing of trees, drains, etc.). Moreover, in the case of Sandy Bay community women received counselling and had better social support than men who took on the role as advisors. These roles mirror the perceived roles ascribed to these social groups by the wider society.

### *Factors Affecting Gender Responses*

Responses provided by persons within the case study sites were influenced by several factors, namely age of respondent, level of awareness and education and

experience with disasters. Sandy Bay residents depended more on their experience and traditions than those (residents) in Fond St. Jacques who benefited from a higher level of formal education and were more modern adaptive mechanisms such as home insurance.

Statements such as “Men physically stronger, while women are emotionally stronger; ‘men find work faster than women’; “women worry more’ (although not mentioned openly men suffer from substance abuse in other studies conducted for example by Bynoe (2010); and men physically stronger’ underscore the society’s expectations and perceptions of the specific roles/responses of the biological sexes during and after a disaster. These statements support the view that men and women in the Caribbean are expected to perform different roles in disaster risk reduction and this view permeates training programmes where only or mostly men are selected as participants. On the other hand, women are often mobilised to deal with matters related to shelter management, which in essence, is based on traditions and norms of the Caribbean society. In fact, in Fond St. Jacques, the church/religion plays an important role in preserving the traditional gender roles. This view is supported by the statement.

“Women play a supportive role while the men dominate. Men should always be the leaders while the women follow”.

More importantly, the coping strategies/adaptive mechanisms by both communities are constrained largely by condition of poverty as manifested by lack of jobs, low income levels, poor housing etc. There is international acceptance that a household’s ability to access secure, full-time employment and to generate adequate income to meet their daily needs (and in so doing reduce their vulnerability) is critical to reducing their level of risk to a disaster.

### **Key Lessons Learnt**

Both men and women are affected by disasters and climate risks; however, their coping strategies and roles differ. Women are more inclined or willing to belong to and participate in community group activities.

The widespread belief that weather changes are as a result of God’s work implies that human beings are merely victim of nature’s work. As Tobin and Montz (1997) observed, the acceptance that disasters are as divine acts of God, may exacerbate hazards event and may not stimulate appropriate responses.

Risk reduction strategies must be based on structural and non-structural approaches, depending on the site specific physical, social and economic conditions. For a communities like Sandy Bay, which is undoubtedly one of the most economically depressed areas of Saint Vincent and the Grenadines, and Fond Saint Jacques in Saint Lucia reducing economic vulnerability is a critical

element of risk reduction. As Alcantara-Ayla (2002:108) the applicability of strategies for natural disasters should take cognizance of the specific characteristics of the threatened entity in order to provide a better understanding of the vulnerability of a specified social entity (natural and human). This would inform better disaster prevention strategies.

Building community resilience these communities area cannot be premised solely on empowerment of community member via education, even though literacy is important. As mentioned earlier, sustainable livelihoods (in terms of access to physical assets and provision of employment to augment economic asset) must be seriously addressed. It must be reiterated that poverty itself could be considered a major contributory factor to disasters and risks.

Poverty seems to be more critical than any other factor (including gender) in relation to Sandy Bay's vulnerability and coping capacities. Communities that are preoccupied with basic survival issues (such as provision of daily meals and other basic needs) may not readily accept their responsibility to help reduce their own climate risks. It may be recalled that many felt that 'nothing could be done'. This implies that living with risks was 'normal' and acceptable to persons.

Disaster management must be participatory and involve all levels of society. Given the current constraints of governance faced by most national emergency management offices in the Caribbean (including Saint Vincent and the Grenadines) local men and women should be encouraged to participate. However, most persons may not want to give of their time freely; given the level of income poverty in their community.

Emergency shelter management guidelines ensure that the safety and security of women and children (both boys and girls) is guaranteed. Sexual abuse of women and children has been identified as a problem by key informants. Placing these groups into shelters can create other kinds of social vulnerabilities and risks.



[50]

## El Rol de la Compensación sobre las Relaciones Causales Confianza-Riesgo-Aceptabilidad frente a Peligros Ambientales

Virna Gutierrez, Nicolás Bronfman and Luis Cifuentes

EN LOS ÚLTIMOS años varios estudios han evaluado la influencia de la dupla beneficio percibido – riesgo percibido sobre la relación entre la confianza que tiene la sociedad en las autoridades encargadas de regular una sustancia o actividad y el grado de aceptación pública del peligro que éstas generan. Sin embargo, cuando se trata de peligros ambientales, este enfoque parece inadecuado. La economía clásica caracteriza a los peligros ambientales (Contaminación atmosférica, cambio climático, etc.) como males públicos, ya que generan externalidades. Por lo tanto, la naturaleza especial de estos riesgos implica que usar el beneficio percibido como una medida de bienestar no es adecuado. La economía ambiental sugiere utilizar una medida equivalente llamada compensación exigida o más conocida como la disposición a aceptar una compensación por el daño causado. Nuestro principal objetivo es explorar la influencia de la compensación exigida en la relación existente entre el riesgo percibido, la confianza en las autoridades y la aceptabilidad de los peligros ambientales. Un total de 421 participantes chilenos contestaron una encuesta donde evaluaron 29 peligros ambientales en las variables de estudio. Para el análisis se ocuparon dos tipos de correlaciones, las de orden cero y las de segundo orden. Se establecieron tres tipos de relaciones entre las variables (a) Un efecto directo, cuando la correlación de orden cero (bivariada) entre dos variables se mantiene aún controlando por las variables restantes; (b) una relación indirecta, cuando una tercera variable media la relación entre dos variables después de controlar por la tercera variable; (c) relación espuria, cuando la correlación de orden cero inicialmente significativa deja de serlo cuando se controla por las variables restantes. Nuestra investigación arrojó dos resultados principales. El primero es que la compensación exigida mantiene una relación directa y positiva con la percepción del riesgo y una relación directa y negativa con la aceptabilidad. El segundo, indica que no hay relación entre la compensación exigida y la confianza en las autoridades encargadas de regular los riesgos medioambientales. Se discuten los resultados y sus alcances.

[51]

## Pánico de élites e información para no-japoneses en Sendai durante el triple desastre de marzo 11/11

Oscar Gómez

LAS CIUDADES GLOBALES del siglo veintiuno traen consigo nuevos retos para la atención de desastres y catástrofes. Su condición de nodos en el flujo de bienes, capitales, información y gente aumenta la complejidad de la ya difícil tarea de atender las necesidades del creciente número de personas quienes encuentran en las ciudades su hábitat natural. En particular, la difusión de las tecnologías de la información propician la dispersión caótica de múltiples visiones de una emergencia en desarrollo, las cuales desafían el imaginario colectivo de una única autoridad totalmente a cargo de la situación. A través de este trabajo se argumenta que lo anterior se traduce en situaciones de pánico, aunque en un sentido no convencional del concepto. Entender este flujo de información y sus efectos en los actores que convergen en la situación es vital para minimizar el potencial daño secundario producto de este pánico. La presente investigación se desarrolla en gran parte en Sendai, capital de la prefectura de Miyagi, la más cercana de las ciudades oficiales de Japón al epicentro del terremoto ocurrido en marzo 11 de 2011. El estudio hace parte de una serie de investigaciones en marcha sobre pánico, seguridad human y relaciones internacionales durante el triple desastre. El ejercicio consiste en comparar las fuentes de información disponibles durante el pico de la emergencia con la valoración que de ellas hicieron en su momento habitantes extranjeros en la ciudad. La investigación combina métodos cuantitativos y cualitativos, que incluyen encuestas a estudiantes, entrevistas semi-estructuradas a extranjeros con residencia en la ciudad, a proveedores locales de información, y la revisión extensiva de fuentes primarias producidas en las primeras dos semanas desde la catástrofe, tanto en japonés como en inglés. Los hallazgos incluyen la identificación de diversas fuentes emergentes de información sobre la situación de la emergencia las cuales, por no tener previa conexión con las personas que pretenden informar, no es claro el impacto de su oferta. Organizaciones locales con conexión directa a los no-japoneses se limitan en su interacción con ellos en relación a las acciones a seguir, influenciados por su propia incertidumbre. Estados-nación, según su nivel de presencia en el país, ponen a la disposición ayudas que pueden incrementar, en lugar de disminuir, el daño secundario. Entre los no-japoneses, la familia y el trabajo son las fuentes más relevantes de información, haciendo de ciertos grupos más vulnerables al pánico de las élites.

[52]

## Desafíos y oportunidades en una comunicación del riesgo de desastres efectiva

Valeria Maurizi and Silvia Fontana

**INTRODUCCIÓN:** ¿ES LA naturaleza culpable de las grandes pérdidas económicas, humanas y materiales generadas a causa de tornados, inundaciones, terremotos? ó ¿existe algún factor humano controlable que haría posible reducir los daños, y la pérdida de vida humanas ante la inminencia de los desastres naturales? Y si es así, ¿los gobiernos pueden “hacer algo” cuando la naturaleza nos juega una mala pasada? Estas son las preguntas de partida para una breve reflexión en ocasión de estar siendo testigos, protagonistas y víctimas de una serie de desastres naturales que aquejan a gran parte de la humanidad y cuyas consecuencias no son únicamente locales sino globales. Es en este contexto que cuando hablamos de la comunicación del riesgo, como herramienta para la prevención y mitigación del riesgo, hacemos referencia al intercambio de información y opiniones sobre el riesgo, entre los evaluadores del riesgo, los encargados de la gestión del mismo, los consumidores y otros interesados. **Objetivos:** La propuesta de esta ponencia es reflexionar acerca de los principales elementos que componen una comunicación del riesgo efectiva. **Hipótesis:** Los desastres, tanto provocados por los factores naturales, los antrópicos, o ambos, pueden mostrar la capacidad de los distintos niveles gubernamentales para gestionar el riesgo o, por el contrario, pueden poner en evidencia la vulnerabilidad de las instituciones que resultan incapaces de atender la problemática. Así es que la comunicación política debe buscar reducir el riesgo de la población, generando capacidades en la audiencia que disminuyan la vulnerabilidad existente. **Método:** Para ello analizaremos, desde un abordaje cualitativo, el caso de la campaña del Plan Provincial de Manejo del Fuego que el Gobierno de la Provincia de Córdoba implementa desde el año 2004 en la Provincia. **Resultados y Conclusiones:** Destacaremos desafíos y oportunidades de las estrategias de comunicación utilizadas a la luz de un análisis crítico de los conceptos utilizados, los medios, mensajes y actores involucrados en la comunicación.

[53]

## Percepção de risco em situações de emergências nas áreas portuárias do litoral de São Paulo, Brasil.

Iris Poffo

NOS SÍTIOS PORTUÁRIOS de grande porte, há intensa movimentação de navios e tipos de cargas, muitas inflamáveis e prejudiciais à vida humana, à pesca, ao turismo, à atividade portuária, à vida animal e aos recursos naturais em caso de desastres, os quais podem ser causados por falhas operacionais, acidentes de navegação ou fatores naturais. Lições sobre preparação, prevenção e resposta podem ser obtidas analisando fatos ocorridos como no Porto de Halifax – Canadá (1917) devido a explosão de um navio, na cidade de São Sebastião – Brasil (1984) por incêndio em um córrego, no Porto de La Guaira – Venezuela (1999) devido a deslizamentos de terra, no Porto de Paranaguá, Brasil em função de explosão de um navio químico (2004) entre outros casos ocorridos na primeira década do século XXI na costa dos EUA, Indonésia, Chile e Japão. Lições como necessidade de preparar a comunidade para saber o que fazer e o que não fazer nestas situações, identificar padrões de comportamento que podem agravar ou minimizar o cenário acidental tais como a curiosidade em se aproximar do local do incidente, o ímpeto de furtar carga liberada e o desejo de colaborar. Desejando conhecer a percepção de risco e estes padrões de comportamento foram ouvidas 261 pessoas, maiores de 18 anos, que visitam, circulam e trabalham nas imediações dos Portos de Santos e de São Sebastião, litoral do Estado de São Paulo, Brasil, entre junho e julho de 2010, como trabalho de pós-doutorado em psicologia clínica na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC. O resultado da pesquisa quali e quantitativa demonstrou que apesar da maioria dos entrevistados possuir boa noção de perigo (77%), dizer que não se aproximaria do local do acidente (68%) e da minoria afirmar que tiraria alguma vantagem pessoal do evento, a realidade observada em casos pretéritos é diferente, pois muitos curiosos se transformaram em vítimas fatais e muitas mercadorias, inclusive óleo combustível, foram furtados. Por outro lado, entrevistados que receberam treinamento sobre situações de emergências sabiam o que fazer. Aspecto positivo é que 49% manifestaram interesse em receber treinamento sobre primeiros-socorros, combate a incêndio e trabalhos voluntários. Conclui-se portanto que a população entrevistada além de não estar preparada, carece de orientações sobre como proceder em uma situação de emergência, inclusive sobre os telefones de emergência que deveriam discar. As informações obtidas podem ser de grande utilidade para programas de comunicação de risco e gestão de desastres.

# [54] Gestión del riesgo volcánico asociado al complejo volcánico Cerro Bravo – Cerro Machín: Articulación del componente técnico y social

Gloria Patricia Cortés J.

EL DESASTRE DE Armero a raíz de la erupción del volcán Nevados del Ruiz, el 13 de Noviembre de 1985, sigue siendo el punto de partida en la gestión del riesgo volcánico en Colombia. Cada vez es más claro el papel social de la vulcanología y cómo la problemática va más allá de las incertidumbres del monitoreo, de la evaluación de la amenaza volcánica, del tipo de mapa de amenaza volcánica elaborado, de las simulaciones matemáticas, etc. Es imperativo que el conocimiento científico trascienda y llegue hasta todos los actores de una comunidad si se quiere que la gestión del riesgo volcánico en Colombia sea exitosa. La experiencia de Vulcanología en el país, las lecciones del desastre de Armero y el éxito en la gestión del riesgo volcánico por la reactivación y erupciones del volcán Nevado del Huila (2007 y 2008), evidencian que si bien el monitoreo y evaluación de amenaza de volcanes activos es imprescindible y misión exclusiva de los Observatorios Vulcanológicos, la socialización del conocimiento sobre la actividad y amenaza volcánica y el trabajo para y con las instituciones y comunidad, es clave en la gestión del riesgo y prevención de desastres de tipo volcánico. La comunicación con comunidades adelantada por el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales (OVSM) se ha realizado siguiendo los lineamientos del plan de socialización de los Observatorios Vulcanológicos, haciendo énfasis en la educación para la prevención y la transformación del conocimiento en acciones concretas, que redunden en mejorar la calidad de vida de los habitantes del área de influencia de los volcanes pertenecientes al Complejo Volcánico Cerro Bravo – Cerro Machín pertenecientes a los departamentos de Caldas, Tolima, Risaralda y Quindío. Las actividades se han priorizado y enfatizado en los volcanes Cerro Machín y Nevado del Ruiz, los cuales tienen características especiales de amenaza, grado de exposición, vulnerabilidad y riesgo y se encuentran en la actualidad en nivel de actividad volcánica III (Amarillo) correspondiente a volcán activo con cambios en su comportamiento. Se ha garantizado la interacción con comunidad en general, tomadores de decisiones, instituciones, empresas etc, solo durante el 2011 más de 2180 personas visitaron el OVSM, se coordinaron y participó en más de 110 actividades entre conferencias y reuniones, con una asistencia del orden de 5000 personas. La página del OVSM fue visitada un total de 84466 veces, Hasta la fecha el portal web ha sido visitado 1.351.454 veces.

[55]

## HAZCOM de sustancias químicas para Universidades de Centroamérica protegiendo al ser humano y el ambiente

Patricia Rivera

EN CENTROAMÉRICA SE da la problemática del desconocimiento de las sustancias químicas y peligrosas por lo que se han venido dando una serie de accidentes ambientales y laborales por la mala selección, uso, manipulación, transporte y almacenamiento, así como su disposición final.

Se tomó una Universidad de Costa Rica para conocer la problemática y dar alternativas de solución. Dentro de las causas es el desconocimiento del sin número de etiquetas, el incumplimiento legal y la no implementación del Sistema Global Armonizado. Aunado a dichas causas la información que se encuentra en las hojas de seguridad MSDS son incompletas o con problemas de interpretación. Es por ello que se desarrolló la investigación para conocer el inventario real de la universidad el tipo de químicos que se tenían y se evaluaron en diferentes rubros: cumplimiento legal, identificación y reconocimiento, inventario, condiciones de almacenamiento y seguimiento médico de las personas expuestas. Dados los resultados se desarrolla el programa de comunicación del riesgo químico y sus alternativas de solución., y se capacitó en el Programa a personal de las diferentes Universidades públicas de Costa Rica mediante CONARE por solicitud del SAICM.

Mediante este proyecto se desarrollaron módulos de educación, herramientas para recolección de la información, así como la propuesta de las MSDS bajo formato ISO y el SHA y la ficha de emergencia.

La capacitación también ha sido dada al sector de la industria con el fin de que todos los diferentes sectores conozcan y comiencen a trabajar en equipo en pro del mejoramiento del ser humano y el ambiente.

De acuerdo al OMS la sustancias químicas y peligrosas está dando porcentajes más altas de enfermedades que los accidentes principalmente en personal pensionado, dado que las sustancias químicas actúan a largo plazo.

Es de interés disponer de personal de diferentes sectores para poder realizar un trabajo en conjunto y analizar de cerca a las personas que trabajan con las sustancias químicas para generar un registro, así como de sus dolencias, enfermedades y efectos en las familias.

Falta mucho por realizar, pero disponiendo del personal y profesionales adecuados podemos prevenir las enfermedades laborales producto de las sustancias químicas. Uno de los sectores más afectados es el de construcción por lo cual es un buen inicio para investigaciones futuras, pero serían más impactantes realizándose a nivel de la región e intercomparación con otros países.

[56]

# Conocimientos, actitudes y prácticas sobre prevención de peligros de origen natural en una comunidad vulnerable de Cuba.

Bernardo Echemendía Cruz, Armando Rodríguez Salvá,  
Sandra Hernández Quiñones, Blanca Terry Berro\*

## Resumen

POR SU POSICIÓN geográfica Cuba está sometida al frecuente paso de huracanes; en el pasado siglo se registraron más de 100 y en los primeros 10 años de este ha sido azotada por un número importante, de ellos 7 de gran intensidad. El objetivo de este trabajo fue caracterizar los conocimientos, actitudes y prácticas de la población de una comunidad vulnerable con relación a la prevención de desastres de origen natural. Se realizó un estudio observacional descriptivo transversal con una muestra representativa de 287 individuos mayores de 15 años, entre septiembre 2010 y junio 2011. Existió ligero predominio del sexo femenino, mayor representación del grupo de 35 – 44 años, el nivel de escolaridad más frecuente fue 9no grado terminado y la categoría ocupacional predominante fue trabajador estatal. Existen conocimientos inadecuados sobre prevención de desastres en cuanto a su ciclo de reducción y en la identificación de enfermedades más comunes después de la ocurrencia de inundaciones. Se constató disposiciones positivas, aunque solo unos pocos refirieron que alejarían su vivienda de la costa. Se identificaron brechas en las prácticas relacionadas con la evacuación de las fosas y aguas residuales. La mayoría señaló haber recibido información sobre prevención de desastres. Las condiciones ambientales y sociales identificadas posibilitan la ocurrencia de brotes que pudieran resultar en complicaciones sanitarias, lo que denota una baja percepción del riesgo de sus habitantes.

\* División de Epidemiología y Salud Pública. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. La Habana, Cuba.



**Palabras clave:** Desastres naturales, Prevención de desastres, Conocimientos, actitudes y prácticas.

## 1. Introducción

LOS CAMBIOS DE magnitud y frecuencia de los fenómenos meteorológicos, ocasionan grandes impactos sobre la salud de las poblaciones, desencadenando situaciones de desastres. Las más frecuentes en nuestra latitud son las inundaciones producidas por huracanes e intensas lluvias (Batista, 2006).

En Cuba (García, 2002) están dentro de los principales peligros de origen natural, debido a su magnitud, frecuencia y el impacto que producen sobre la población y la economía.

La comunidad “Tunas de Zaza” presenta una elevada vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos inducido por la ubicación del asentamiento, justamente en el litoral costero (costa sur del municipio Sancti Spíritus, frente al mar Caribe) y por ser un ecosistema frágil, lo que se agudiza con la presencia de factores ambientales de riesgo, que pueden complicar la severidad de los desastres.

La aplicación práctica de este trabajo favorece el perfeccionamiento de las acciones de prevención para la reducción de desastres de origen natural a partir del peligro de inundaciones a nivel local, de manera que se evite la aparición de enfermedades de riesgo ambiental, pues su transmisión se ve favorecida a partir de la ocurrencia de inundaciones. La identificación de las necesidades de aprendizaje permite trazar estrategias de trabajo comunitario, para mejorar las condiciones del entorno natural y proteger el ecosistema costero, lo que contribuye a la educación ambiental de la población y al mejoramiento de su calidad de vida.

## 2. Métodos

Se aplicó una encuesta diseñada por los autores, que incluyó variables socio-demográficas, de conocimientos, actitudes y prácticas. Este instrumento se sometió a criterio de expertos, seleccionados por su preparación metodológica, conocimiento del tema y amplia experiencia profesional utilizando para ello el método de Moriyama (Moriyama, 1978). Su aplicación consistió en asignar a cada una de las opiniones de los especialistas entrevistados un puntaje de mucho (3), poco (2) y nada (1). Se halló un promedio por cada uno y la puntuación dada por ellos para cada propiedad. Se determinó el promedio haciendo las correcciones de acuerdo a los resultados obtenidos (Tabla 1). El instrumento

se consideró válido al obtener un promedio alto, entre 2.5 y 3. Se realizó pilotaje con 50 pobladores de una comunidad con características similares a los de la escogida para el estudio.

*Tabla 1.* Valoraciones de los expertos, con relación a la validez del formulario aplicado a la población.

<b>Criterios</b>	<b>Puntaje promedio</b>
Razonable y comprensible	3
Sensible a variaciones	3
Suposiciones básicas	2.8
Componentes claramente definidos	2.6
Datos factibles a obtener	2.8

### *2.1 Población y muestra.*

La comunidad cuenta con 2 370 habitantes, de ellos 1 882 corresponden a la población mayor de 15 años (991 masculinos y 891 femeninos). Se obtuvo un tamaño muestral de 287 sujetos a encuestar, considerándose una prevalencia de conocimientos sobre el tema 15%, margen de error relativo 10% y confiabilidad 95%.

### *2.2 Métodos de procesamiento y análisis de la información.*

Se procesó la información mediante el paquete estadístico EpiInfo versión 6.0, estimándose las frecuencias absolutas y relativas, para describir el comportamiento de las variables estudiadas. Se consideraron los aspectos éticos solicitando el consentimiento informado y la autorización a los líderes formales de la comunidad.

## **3. Resultados**

Se encontró un ligero predominio del sexo femenino, los grupos de edades más representados fueron 35 a 44 años y 65 años y más. El nivel de escolaridad más frecuente resultó ser el secundario y la categoría ocupacional predominante fue la de trabajador estatal, seguida de las amas de casa.

Existen algunos conocimientos inadecuados con relación a la prevención de desastres de origen natural, específicamente en cuanto al momento de realizar acciones para minimizar los efectos del evento, así como en la identificación

de enfermedades que pueden aparecer después de la ocurrencia de inundaciones (Tabla 2).

La mayoría de los encuestados refirieron haber recibido información sobre prevención de desastres.

*Tabla 2.* Conocimientos de la población encuestada

Afectaciones que provocan los huracanes e inundaciones (n = 287)	Respuestas correctas	
	No.	%
Gran número de personas afectadas	286	99.7
Alteraciones en la salud	286	99.7
Deterioro del ambiente natural	284	99.0
Daños en las edificaciones	178	62.0
Alteraciones emocionales	286	99.7
Afectaciones en los servicios	254	88.5
Factores que incrementan la gravedad de los desastres de origen natural	No.	%
Lluvia y erosión del suelo	127	44.3
Corte de árboles	252	87.8
Vertimiento de residuales líquidos crudos al mar	273	95.1
Arrojo de basura al mar	285	99.3
Contaminación de las fuentes de agua	246	85.7
Quema de tierras antes de la siembra	56	19.5
Desbordamiento de fosas	270	94.1
Aspectos que pueden aumentar la exposición al peligro	No.	%
Edad de las personas	120	41.8
Salud de las personas	226	78.7
Condiciones higiénicas y ambientales	262	91.3
Ubicación de la vivienda	285	99.3
Condiciones de la vivienda	285	99.3
Enfermedades que pueden aparecer al ocurrir un huracán o intensas lluvias	No.	%
Enfermedades Diarreicas Agudas	283	98.6
Infecciones Respiratorias Agudas	285	99.3
Fiebre Tifoidea	4	1.4
Leptospirosis	23	8.0
Hepatitis A	109	38.0
Parasitismo intestinal	87	30.3
Lepra	10	3.5
Dengue	53	18.4

Son múltiples los factores que influyen en la percepción del riesgo (Ibarra AM, 2002) entre los que se encuentran los patrones culturales, experiencia anterior, condiciones de vida y género. La percepción y aceptación de un riesgo tienen sus raíces en factores culturales y sociales que media en cómo se construyen las amenazas al bienestar o cómo éstas son percibidas.

Las personas están conscientes, que el riesgo de inundación severa es una amenaza permanente dentro del área en que habitan (Calvo F, 2009). En la zona estudiada existe conciencia del riesgo, pero en absoluto “cultura” del riesgo, pues los pobladores reconocen el fallo de las alertas tempranas, por omisión de responsabilidades en la gestión del período de inminencia o por la dudosa eficacia de las medidas adoptadas tras la emergencia.

El grado de conocimiento de una comunidad sobre los peligros y la importancia que asigna a estos en relación con otros problemas, así como las ideas y representaciones que tenga sobre las amenazas influyen en la vulnerabilidad en situaciones de desastres (OEIECC, 2007).

Al analizar las acciones realizadas para reducir los efectos que producen los huracanes y las inundaciones sobre la salud (Tabla 3), las más practicadas fueron: consumir agua tratada (100%), proteger los alimentos de las moscas, cucharas y ratones, fregar los utensilios de cocina y lavar las frutas y vegetales (99.7%), así como almacenar la basura en depósitos con tapa (99.3%).

*Tabla 3.* Acciones que realizan los encuestados para reducir los efectos que producen los huracanes o intensas lluvias

Acciones (n = 287)	Respuestas correctas	
	Si	%
Consumir agua tratada.	287	100
Eliminar los salideros de agua potable.	284	99.0
Evacuar la fosa y salideros de aguas residuales.	227	79.1
Almacenar la basura en depósitos con tapa.	285	99.3
Proteger alimentos de vectores.	286	99.7
Reciclar neumáticos, latas y objetos en desuso.	266	92.7
Fregar los utensilios de cocina.	286	99.7
Lavar las frutas y vegetales.	286	99.7

La totalidad de los encuestados manifestaron estar dispuestos a colaborar en acciones de prevención, aunque menos de la mitad refirió “alejaría mi vivienda de la costa” (Tabla 4).

*Tabla 4.* Disposición de los encuestados para reducir los efectos negativos que producen los huracanes e intensas lluvias, según sexo

<b>Disposición (n = 287)</b>	<b>No</b>	<b>%</b>
Protegería las fuentes de agua y depósitos de almacenamiento	287	100
Limpiaría los desagües y registros de agua de lluvia	285	99.3
Evacuaría las fosas desbordadas	230	80.1
Eliminaría el vertimiento de basura en el mar y calles	283	98.6
Limpiaría techos, azoteas y alrededores de la vivienda	284	98.9
Controlaría los restos de alimentos	287	100
Canalizaría las zanjas y arroyos.	285	99.3
Alejaría mi vivienda de la costa	124	43.2
Colaboraría ante la orden de evacuación	287	100
Participaría en actividades comunitarias	286	99.6

Los hallazgos evidencian que a pesar de los conocimientos que posee la población sobre prevención de desastres, aún persisten prácticas inadecuadas que pudieran resultar en complicaciones sanitarias y la baja percepción del riesgo demuestra la necesidad de implementar una estrategia educativa con enfoque comunitario (Más S, 2009).

Las deficiencias en la cantidad y calidad del agua potable en estas situaciones traen como consecuencia un deterioro de los servicios de saneamiento y la propagación de enfermedades entéricas (Terry B y Rodríguez A, 2004).

La comunicación social, por el acceso que tiene a públicos masivos, se convierte en factor fundamental de una cultura de prevención y aunada a las instituciones educativas, puede fomentar la capacitación individual y colectiva. (Rodríguez A y Terry B, 2006).

### Conclusiones

En la comunidad estudiada existen condiciones ambientales y sociales que posibilitan la ocurrencia de brotes que pudieran convertirse en desastre de tipo sanitario, lo que denota una baja percepción del riesgo de sus habitantes.

Existen brechas en la realización de las prácticas, pues aunque la mayoría manifestaron realizar acciones correctas, un grupo de ellos no considera como factor protector un grupo importante de actividades.

Resulta importante diseñar una estrategia educativa con participación comunitaria, sobre la base de los principales problemas sociales y ambientales identificados en la comunidad, partiendo de las necesidades de aprendizaje detectadas en la exploración de conocimientos, actitudes y prácticas, de la población residente en este asentamiento costero.

### Referencias

- BATISTA R. CUBA: Medio ambiente y desarrollo. Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente. 2006. Año 6, (10). [http://www.medioambiente.cu/revis-tama/10\\_04.asp](http://www.medioambiente.cu/revis-tama/10_04.asp)
- CALVO F. Valoración social del riesgo por inundación en el litoral meridional de la región de Murcia. 2009. <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-295.htm>
- GARCÍA V. Medidas de control epidemiológico en comunidades afectadas por inundaciones. [http://www.crid.or.cr/cd/CD\\_EIRD\\_Informa/esp/revista/No6\\_2002/art13.htm](http://www.crid.or.cr/cd/CD_EIRD_Informa/esp/revista/No6_2002/art13.htm)
- IBARRA AM, BONET M, MARINÉ MA Y COLS. Manual para la capacitación de promotores de salud y campañistas para la prevención del dengue. INHEM. La Habana, Cuba; 2002
- MÁS S. Defensa contra todo riesgo. Rev Mujeres Cuba 2009 Agosto;(3):30-48.
- MORIYAMA IM. Indicators of social change. In: Suelden E, Moore W. Eds Problems in the measurement of health status. New York, 1978.
- ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. Los desastres, ¿son naturales? 2007. [http://www.oei.es/noticias/spip.php?article261&debut\\_5ultimasOEI=20](http://www.oei.es/noticias/spip.php?article261&debut_5ultimasOEI=20)
- RODRÍGUEZ A, TERRY B. Comunicación social, preparativos y mitigación de desastres: visión de futuro. Rev Cubana Hig Epidemiol 2006; 44(2): 86 - 91.
- TERRY B, RODRÍGUEZ A. Estudio de brote de diarreas en un campamento de damnificados. Rev Esp Nutr Comunitaria 2004; 10(3):110 -113.

[57]

## Herramientas para la comunicación y preparación para la prevención de emergencias químicas

Patricia Rivera

A NIVEL DE la región Centroamericana no disponemos de portales sobre las sustancias químicas y peligrosas que puedan dar respuesta a los cuerpos de emergencia y rescate de nuestros países. En otros países como en USA y Europa, las Universidades tienen un papel preponderante en donde encontramos portales con información de Planes de Emergencia y de información de las hojas de seguridad MSDS que se encuentran a disposición al público. Por el momento en nuestro país no contamos con esa información, por ello se desarrolló una serie de herramientas sobre capacitación, información, legislación, sitios de interés, links, videos, procedimientos seguros de trabajo entre otros con el fin de desarrollar el portal en el Instituto Tecnológico de Costa Rica en el 2012. Con este portal podrán disponer de la información de las hojas de seguridad de las sustancias químicas, así como de diferentes módulos de capacitación y links que les permitirá estar más actualizados y a la vanguardia de los cambios a nivel mundial. Con la información podrán desarrollar mejores planes de respuesta y prevención de emergencias químicas.

## VII

### SISTEMAS DE MONITOREO

- [58] Metodología para la caracterización del Riesgo Ambiental
- [59] La estandarización de la información en los SIG para la gestión de riesgo en frentes litorales urbanizados
- [60] Relaciones hidrológicas y morfométricas con tensores antrópicos incidentes en las cuencas y factores de riesgo en los ríos del Caribe colombiano
- [61] Red de Desastres Hidrometeorológicos y Climáticos (REDESClim)



[58]

## Metodología para la caracterización del Riesgo Ambiental

Andrés Pica, Luis Cifuentes, Pilar Lapuente\*

### Resumen

LA METODOLOGÍA DE caracterización de daño y riesgo, se diseñó para la Superintendencia del Medio Ambiente de Chile (SMA), organismo encargado de asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental, siendo responsable de la fiscalización y sanción. Esta metodología permite al fiscalizador determinar si existen indicios de riesgo o daño ambiental en un periodo acotado de tiempo.

La Legislación chilena define que pueden ser víctimas de daño ambiental los siguientes componentes (y sus sub-componentes): la Biodiversidad y Recursos Naturales Renovables, la Salud de la Población, el Patrimonio Socio-Cultural, entre otros. La metodología propuesta a la SMA evalúa el riesgo y el daño ambiental a cada uno de estos componentes con un punto de vista en el bienestar humano, en un proceso de dos etapas: la primera tiene un día de duración (solo riesgo), desarrollado in situ, mientras que el segundo tiene un plazo de 15 días (Daño y Riesgo).

El objetivo de este trabajo es mostrar la primera etapa metodológica, donde el riesgo se determina en base a la inminencia de la afectación y los factores que permiten la estimación de las consecuencias son: Cantidad liberada, Peligrosidad de la acción/sustancia, posible Extensión de los daños, Vulnerabilidad del receptor y pérdida de Valor Social por la merma en los servicios ecosistémicos.

Esta metodología permite obtener una estimación del riesgo y el daño ambiental de manera integral, ofreciendo un procedimiento en un periodo acotado de tiempo, que logra lo que metodologías tradicionales tardarían meses e incluso años, utilizando una cantidad de recursos humanos bastante menor que ellas. Esto vuelve factible la fiscalización (y eventual sanción) de miles de proyectos por año.

\* Departamento de Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Católica de Chile.

**Palabras clave:** Riesgo Ambiental, Daño Ambiental, Fiscalización Ambiental, Sanción Ambiental

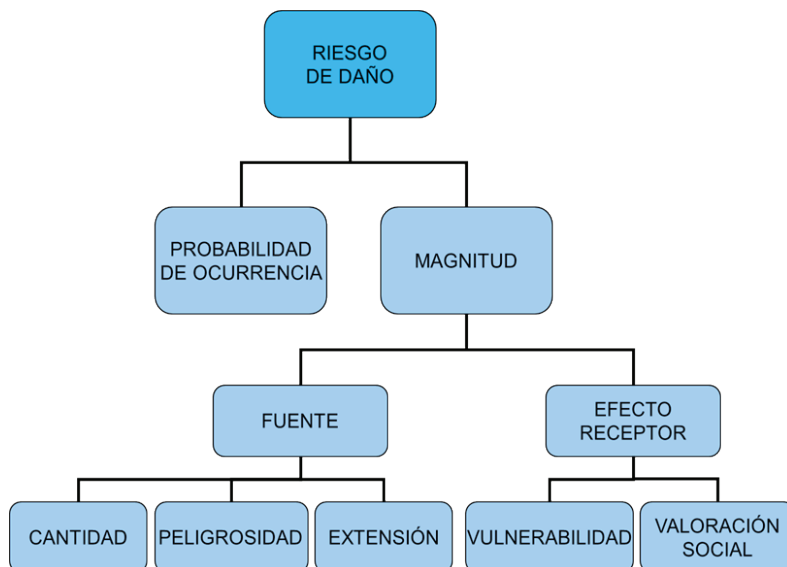
## Introducción

EL RÁPIDO DESARROLLO de Chile y su creciente internacionalización generaron, en la década de los 90, la necesidad de abordar la problemática ambiental y su protección desde una perspectiva más específica y eficaz que la mera aplicación de las normas sobre responsabilidad extra contractual de nuestro Derecho Civil. Por esta razón la “Ley de Bases del Medio Ambiente” N°19.300 de 1994, fijó normas sobre responsabilidad por daño ambiental. En el año 2010, se publica la ley 20.147 de Bases Generales del Medio Ambiente<sup>1</sup> N° 19.300, donde se crea la nueva institucionalidad ambiental que incluye el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). Esta última tiene a su cargo la ejecución, organización y coordinación de la fiscalización y seguimiento de los instrumentos de gestión ambiental que establece la ley, así como la imposición de sanciones en caso de que se constaten infracciones que sean de su competencia.

Para apoyar la gestión de fiscalización y sanción de la SMA, se crea la Metodología para la caracterización del Riesgo y el Daño Ambiental, la cual servirá de insumo para la toma de medidas provisionales y la sanción. La legislación chilena aborda el riesgo desde la perspectiva de la inminencia, es decir desde la proximidad temporal de las posibles afectaciones al medio ambiente, mientras que la gravedad del daño se aborda según los criterios de significancia y reparabilidad del mismo.

## Metodología de Caracterización del Riesgo ambiental

Para caracterizar el riesgo se modificaron los conceptos para la estimación de las consecuencias, de la Norma UNE 150008:2008 que se aplica en España (Fernández García 2008)<sup>2</sup>, en función de la inminencia de los hechos. La Metodología de Caracterización del Riesgo ambiental inminente considera la probabilidad de ocurrencia de consecuencias indeseadas a partir de la proximidad temporal del evento; y los criterios de estimación de las consecuencias: Cantidad que se podría liberar/extraer, Peligrosidad de la sustancia o acción/omisión impactante, la Extensión que podría abarcar el daño según el bien de protección afectado, la Vulnerabilidad y la pérdida de Valor Social por componentes como se muestra en la Figura 1.



### Probabilidad de Afectación inminente

La probabilidad de que ocurran consecuencias indeseadas a partir de la proximidad temporal del evento tiene que ver con el concepto de inminencia del daño. De este modo, el fiscalizador en terreno deberá elegir la más adecuada. En la Tabla 5 se muestran las opciones.

*Tabla 5.* Estimación de la Probabilidad de ocurrencia de afectación inminente

Ocurrencia de la Afectación	Probabilidad de ocurrencia inminente	Puntaje
Ya ocurrió o está en curso	Certeza	5
Se espera que suceda en cualquier momento	Muy Probable	4
Se espera que ocurra dentro de un mes	Probable	3
Se espera que ocurra dentro de un año	Posible	2
No se espera que ocurra dentro de 1 años	Improbable	1

### Factores de Estimación de las consecuencias

Para hacer el análisis de las fuentes y receptores se consideraron los siguientes factores: Cantidad, Peligrosidad, la Extensión, la Vulnerabilidad y la pérdida

de Valor Social del bien de protección?. La legislación chilena define que los componentes que pueden ser víctimas de daño ambiental son la Biodiversidad y Recursos Naturales Renovables, la Salud de la Población y el Patrimonio Sociocultural, el detalle de cada factor de riesgo por componente se detalla en la Tabla 6.

*Tabla 6.* Definición de conceptos para la estimación de las consecuencias, modificado de la Norma UNE 150008:2008

CONCEPTO	Sobre Componente B&RNR	Sobre Componente Humano	Sobre Componente Patrimonio Sociocultural
Cantidad	Cantidad de agente de riesgo emitida o sustraída desde el entorno	Cantidad de agente de riesgo emitida o sustraída que afecta a las personas	Cantidad de agente de riesgo emitida o sustraída desde el entorno
Peligrosidad	Peligrosidad intrínseca de las sustancias o acciones impactantes	Peligrosidad intrínseca de las sustancias o acciones que afecta a las personas	Peligrosidad intrínseca de las sustancias o acciones impactantes
Extensión	Espacio de influencia del impacto en relación con el entorno considerado	Número estimado de personas expuestas	Espacio de influencia del impacto en relación con el medio considerado
Vulnerabilidad	Estado de Conservación de los subcomponentes de la B&RNR	Vulnerabilidad de los grupos afectados según la historia de conflictos	Estado de conservación del bien material y singularidades en el inmaterial
Pérdida de Valor Social	Pérdida de servicios ecosistémicos	Efecto sobre el bienestar humano	Efecto sobre el patrimonio sociocultural, y el capital productivo

Fuente: Modificado de (Fernández García 2008)

Se estiman los resultados de las consecuencias del riesgo agrupando los indicadores mediante la suma directa de ellos. Cada factor tiene puntajes del 1 al 4 (baja, media, alta, muy alta), por lo que el puntaje máximo posible es de 20 puntos por componente.

Luego de sumar los puntajes de los factores de riesgo se deben cualificar las consecuencias para la evaluación del riesgo. A continuación se muestra la Tabla 7 con la magnitud de las consecuencias.

Tabla 7. Cualificación de las Consecuencias componentes

Consecuencia Componentes (SUMA)	Magnitud	Puntos
Entre 18 y 20	Crítica	5
Entre 15 y 17	Alta	4
Entre 11 y 14	Media	3
Entre 8 y 10	Baja	2
Entre 5 y 7	No relevante	1

### Caracterización del Riesgo

El riesgo se calcula al multiplicar la magnitud de las consecuencias por la probabilidad de ocurrencia, según componente:

$$r = p \times m$$

### Ecuación 1 Estimación del Riesgo

Esto entrega un mapa de riesgo absoluto para cada componente, como el que se muestra en las Figura 8 y Figura 9, siendo más exigente para el componente Salud de la Población, ya que el riesgo a la salud nunca es insignificante según la legislación chilena.

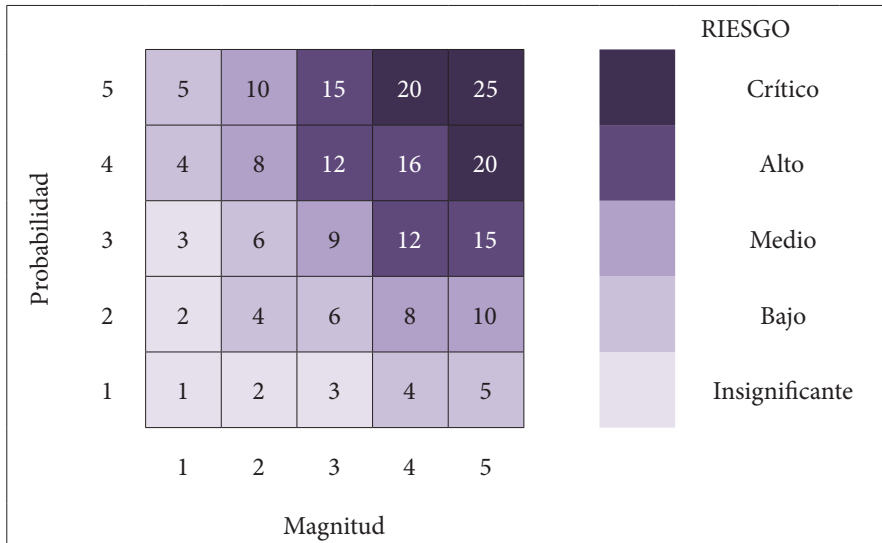
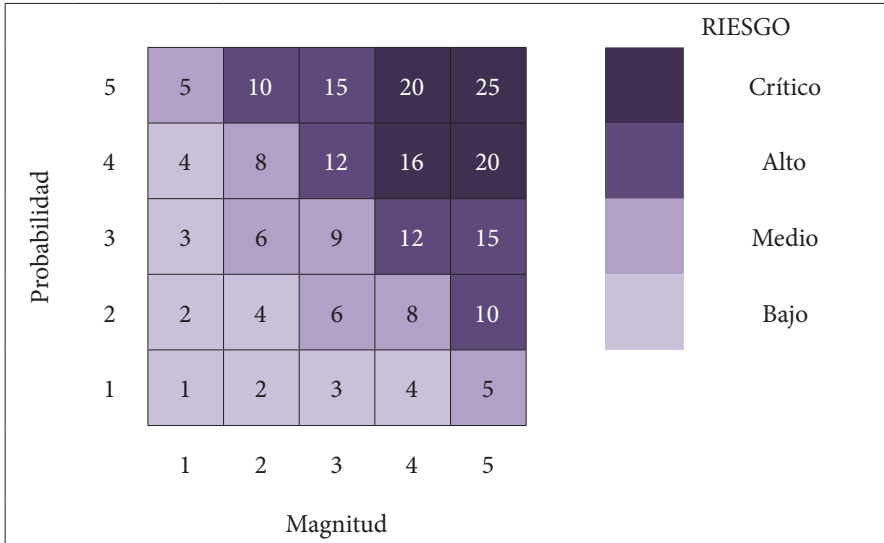


Figura 8. Riesgo Absoluto componentes B&RNR, y Patrimonio Sociocultural



*Figura 9.* Riesgo Absoluto componentes B&RNR, y Patrimonio Sociocultural

Finalmente el Riesgo Global es la cualificación máxima entre los receptores del daño, y se considera como agravante la posible afectación a los demás componentes.

## Resultados

Si bien la metodología no se ha implementado aún oficialmente (ya que el tribunal ambiental entra en vigencia el segundo semestre del 2012), se realizó un taller de validación interactivo con expertos invitados, utilizando un caso ficticio.

Se llegó a un 88% de aprobación entre los 42 expertos asistentes, considerándola una Metodología Excelente o Funcional con detalles a mejorar.

En la Tabla 8 se muestra que para el caso del componente biodiversidad y recursos naturales renovables, el juicio de expertos y el del equipo consultor coinciden muy bien (ver en anexo la tabla de porcentaje por respuesta).

**Tabla 8.** Resultado ejercicio de comparación  
Metodología de Caracterización de Riesgo

			<b>Promedio Taller</b>	<b>Equipo Consultor</b>
			<i>Biodiversidad y Recursos Naturales Renovables</i>	<i>Biodiversidad y Recursos Naturales Renovables</i>
¿Receptor potencialmente Afectado?			Sí	Sí
Ocurrencia de la Afectación	Probabilidad Puntaje	a	Muy Probable 3.5	Muy Probable 4
Consecuencias	Cantidad	b	3	3
	Peligrosidad	c	2.9	4
	Extensión	d	2.9	3
	Vulnerabilidad	e	3.5	4
	Pérdida de Valor Social	f	3.6	4
	Suma	b+c+d+e+f	15.9	17
	Magnitud		Alta	Alta
	Puntaje (normalizado)	g	4	4
Riesgo por component	Puntaje	a*g	14	16
	Cualificación		Muy Alto	Muy Alto

Como resultado de la aplicación de la metodología, se espera responder eficazmente y en un tiempo corto a las necesidades de la nueva institucionalidad ambiental chilena sobre la determinación de las medidas provisionales adecuadas según el riesgo ambiental.

### Conclusiones

El análisis del riesgo ambiental se convierte en una problemática compleja, dada la multiplicidad de eventos posibles y los mecanismos de afectación sobre los receptores. Esta metodología es un aporte a la sociedad de riesgo puesto que incluye los factores de daño relevantes en un instrumento práctico y sencillo para determinar el grado de afectación que puede sufrir un bien de protección.

En sólo un día se pueden obtener resultados generales ofreciendo en un periodo acotado de tiempo, lo que metodologías tradicionales tardarían meses e incluso años, utilizando una cantidad de recursos humanos bastante menor que ellas. Esto vuelve factible la fiscalización (y la toma de medidas provisionales) de miles de proyectos por año.

### Referencias

- LEY N° 19.300 (1994). “Aprueba Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente M. S. G. D. L. Presidencia de la República de Chile”.
- LEY N° 20.417 (2010). Crea El Ministerio, El Servicio De Evaluación Ambiental Y La Superintendencia Del Medio Ambiente. M. S. G. D. L. Presidencia.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, R. (2008). “Introducción a la Norma UNE 15008:2008 de Análisis y Evaluación del Riesgo Ambiental.” Residuos: Revista técnica 18(106): 58-67.



[59]

# La estandarización de la información en los SIG para la gestión de riesgo en frentes litorales urbanizados

Cristina Beatriz Massera

## Resumen

LA EXACTITUD EN la representación espacial de los elementos geográficos en una base de datos de un Sistema de Información Geográfica (SIG) está sujeta a errores originados en los procesos de captura y tratamiento de los datos, lo que queda en evidencia cuando se integra información más exacta. La cuantificación del error es fundamental cuando se pretende tomar decisiones sobre la base de la información disponible y por lo tanto es necesario establecer una metodología que permita determinar y comparar el error. El desarrollo tecnológico ha traído consigo un incremento en el avance de las capacidades para la obtención de la data geoespacial lo cual se contradice con la dificultad que enfrentan los usuarios para acceder a información geoespacial confiable y fácil de emplear. Para construir información que permita el análisis espacial, el investigador accede a una gran cantidad de datos de diferentes fuentes. Por lo tanto es necesario disponer de técnicas diversas y seleccionar los datos más significativos para alcanzar los objetivos y resolver el problema planteado. La metodología empleada se basa en la estandarización de la información geográfica para integrarla en los SIG con el fin de establecer la representación espacial del riesgo, a partir de definir territorios de causalidad y de impacto, a escalas espacial y temporal, en los frentes litorales urbanizados. El territorio de causalidad está determinado por la ubicación de los factores causales del desas-

\* Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Departamento de Geografía. Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina.  
Instituto de Investigaciones Geográficas de la Patagonia (IGEOPAT). Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Trelew, Chubut, Argentina.

tre (eventos físicos y componentes de vulnerabilidad); el territorio de impacto está dado por la manifestación de las consecuencias del desastre, clasificadas en pérdidas directas e indirectas. Los resultados del tratamiento de la información, por medio de las mediciones de variables y medidas de correspondencia, son bases de datos relacionales con atributos alfanuméricos de variables cualitativas y cuantitativas sobre localización de usos y actividades; distribución de zonas de peligrosidad natural y antrópica medidas por frecuencia, magnitud e intensidad; indicadores de vulnerabilidad global medidos por radio censal; indicadores de pérdidas económicas y sociales. Producto del análisis espacial se genera cartografía de síntesis con tablas y gráficos. La estandarización de la información geoespacial permite una rápida actualización y modificación de datos, simplifica tareas, agiliza la toma de decisiones. El proceso debe partir de acordar un marco conceptual con criterios claros y válidos para avanzar en la búsqueda de soluciones concretas a los problemas complejos planteados en la gestión del riesgo.

**Palabras clave:** estandarización – SIG – dimensión territorial y temporal – gestión de riesgo

### Introducción

ES IMPORTANTE PARA la gestión de riesgo, comprender el fenómeno sobre el que hay que tomar decisiones y accionar, tener bien claro el marco conceptual y metodológico que muestre la problemática y permita definir un rumbo, disponer de datos para abordar el problema, sistematizar y procesar la información, y contar con herramientas que permitan manejar y actualizar esa información en tiempo y espacio.

Entre las herramientas que procesan datos se encuentran los Sistemas de Información Geográfica (SIG), tecnología única por su capacidad para responder a preguntas de tipo espacial, que se convierten en un soporte fundamental para el análisis territorial, ya que son capaces de trabajar con base de datos geoespacial relacional.

En términos de la Información Geográfica existen dos tipos de datos; los datos fundamentales y los datos temáticos. Los datos fundamentales constituyen los datos geográficos más utilizados por los usuarios y en ellos descansan datos temáticos para diversas aplicaciones. (Barra, 2006)

Para construir información que permita el análisis espacial vinculado a riesgo, el investigador accede a una gran cantidad de datos de diferentes fuentes y es por ello que es necesario disponer de técnicas diversas para poder aprovecharlos y seleccionar los más significativos para lograr alcanzar los objetivos y resolver el problema planteado. Es de fundamental importancia estandarizar la información por medio de procedimientos que permitan las mediciones de variables y medidas de correspondencia.

Los frentes litorales urbanizados presentan un sistema complejo, dinámico, que modifica y ajusta permanentemente sus estructuras y funciones a las demandas y relaciones entre los individuos y entre estos y su entorno físico natural o construido, convirtiéndose en un símbolo para la generación de impactos. Esa complejidad se expresa por la simultaneidad de riesgos que tienen relaciones recíprocas y complejas de causalidad y que son modificados permanentemente por la dinámica de los procesos territoriales, sociales y económicos (Teubner, 1998).

El área de estudio es una zona aislada que experimenta procesos rápidos de cambio, con escasos recursos para obtener datos de sensores remotos y digitales actualizados. Además son sumados los problemas de incompatibilidad entre diferentes series y fuentes de datos; la falta de precisión y existencia de error en la localización; ausencia de métodos homogéneos para la producción, y la sistematización en el registro de datos sobre las pérdidas directas e indirectas.

La tarea consiste en desarrollar una base de datos espaciales relacional a partir de información primaria (datos censales, muestreos, consultas a informantes claves), construcción de bases de datos alfanuméricas y gráficas (que derivan de la información levantada, sistematizada y procesada), para la integración en un proyecto SIG a escala local en los frentes litorales urbanizados de la Provincia de Chubut con el fin de generar sistemas de alerta temprana más eficiente, y mejorar los tiempos de respuesta a desastres.

El objetivo de esta línea consiste en determinar el procedimiento general estandarizado para elaborar las normas técnicas vinculadas a la generación, actualización, uso, administración y acceso a la información geográfica relacionada al análisis de la dimensión territorial y temporal aplicada a la gestión de riesgo.

### Metodología

En la gestión de riesgo, la dimensión territorial y temporal, son determinantes para la comprensión del riesgo y la práctica de la gestión (Lavell, 2000). El análisis de la dimensión de territorialidad comprende los territorios de causalidad y de impacto (García Tornel, 1997). El territorio de causalidad está determinado por la ubicación de los factores causales del desastre (eventos físicos y componentes de vulnerabilidad). El territorio de impacto está dado por la manifestación de las consecuencias del desastre, clasificadas en pérdidas directas e indirectas.

La dimensión temporal indica la frecuencia del evento adverso teniendo en cuenta la fecha o período de tiempo en el cual ocurrió el mismo. Además debemos considerar que la gestión de riesgo tiene dos puntos de referencia temporal, con implicancias políticas, sociales y económicas muy distintas: a)

el presente con el riesgo ya construido; b) el futuro con el riesgo nuevo que la sociedad construirá al promover nuevas inversiones en infraestructura, producción, asentamientos humanos, etc. (Lavell, 2000)

Las zonas litorales costeras de Chubut (Mapa N° 1) muestran ambas dimensiones donde convergen los procesos biofísicos que por su magnitud, intensidad y frecuencia constituyen un factor de peligrosidad desde la perspectiva humana y, los contextos socioeconómicos y ecológicos con distintas condiciones de vulnerabilidad frente a determinados peligros. (Monti, 2007)

La estandarización de la información espacial en los frentes litorales urbanizados permitirá alimentar un modelo espacial-temporal que sirva al análisis de riesgos.

La metodología empleada se basa en la estandarización de la información geográfica para integrarla en el SIG con el fin de establecer la representación espacial y temporal del riesgo. Las fuentes de peligrosidad de origen natural que configuran el territorio de causalidad del riesgo son la erosión costera, marejadas y tormentas costeras, inundaciones, remoción en masa. Las de origen antrópico están asociadas a instalaciones peligrosas medidas en función de exposición y ocurrencia de accidentes.

A partir del modelo territorial-temporal esquematizado en la Figura N° 1, se considera que los datos fundamentales que componen el primer nivel para el análisis son: División Política Administrativa, Geomorfología, Hidrografía, Infraestructura, Población, Usos del suelo y actividades.

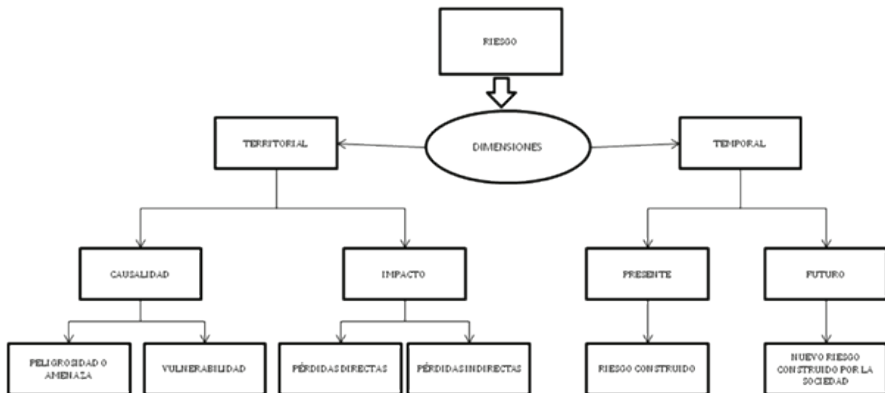
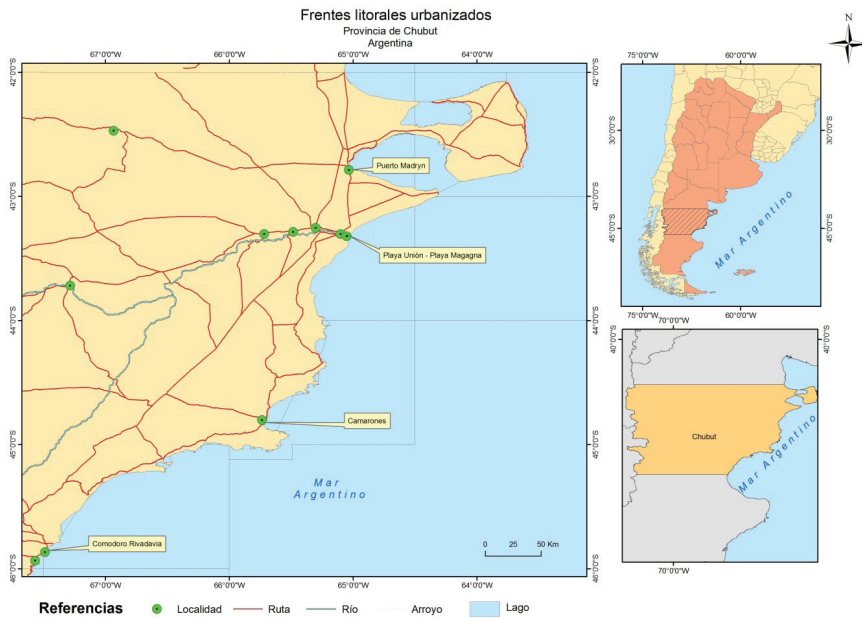


Figura 1. Modelo territorial-temporal

Las fases del trabajo consisten en:

- Explorar la disponibilidad de datos. (Diccionario de terminología, completar e integrar los datos necesarios.)

- Producir información primaria actualizada para satisfacer las necesidades de la aplicación.
- Generar el Metadato: recopilación de información detallada sobre la procedencia de los datos, incluyendo las fuentes y los sistemas de medición y clasificación utilizados en el levantamiento y procesamiento de los mismos.
- Validar muestras de datos y estimar niveles estadísticos probables de error.
- Implementar el SIG en cada municipio perteneciente a frentes litorales de Chubut.
- Aplicar normas que permitan estandarizar y controlar la calidad del dato geográfico.



*Mapa 1.* Localidades del litoral costero de la provincia de Chubut-Argentina

Los datos fundamentales se integran a partir de bases de datos correspondientes al SIG del IGN con metodología de actualización permanente. Los datos de población con indicadores socio-demográficos se obtienen del INDEC.

Para caracterizar la exposición al riesgo que puede resistir una población determinada, junto con el territorio como soporte para su desarrollo, es fundamental considerar la distribución de usos del suelo y actividades comerciales y de servicio que son susceptibles de sufrir impacto. Esta información es

obtenida de la Dirección de Catastro de cada municipio y verificada en el territorio por medio de trabajo de campo. Los datos estadísticos corresponden a los centros de investigación estadística de los municipios.

Para tratar las variables de la dimensión territorial se diseñaron coberturas y base de datos referidas a la peligrosidad y vulnerabilidad en función de la dinámica de los actores y su capacidad de respuesta obtenida de registros de diferentes años.

Los datos temáticos se completan de acuerdo a:

- Disponibilidad de los datos
- Trascendencia o importancia de la información
- Planes de reunión de información
- Requisitos específicos

Aplicado un método de trabajo dinámico, asentado en variables relevantes, se implementó el modelo vectorial cuyo análisis espacial se realizó empleando las funciones de superposición, yuxtaposición, contigüidad, distancia, correlación, áreas de influencia y análisis de redes.

## Resultados

La implementación del SIG para el análisis de riesgos en la provincia de Chubut consiste en el desarrollo rápido de aplicaciones específicas lo que permite visibilidad y resultados a corto plazo. El proceso de desarrollo es flexible, relacionado con las aplicaciones a nivel conceptual desplegadas en forma individual, lo que permite flexibilidad en el enfoque y cronograma de cada uno.

Los resultados del tratamiento de la información, por medio de las mediciones de variables y medidas de correspondencia, son bases de datos relacionadas con atributos alfanuméricos de variables cualitativas y cuantitativas sobre localización de usos y actividades; distribución de zonas de peligrosidad natural y antrópica medidas por frecuencia, magnitud e intensidad; indicadores de vulnerabilidad global medidos por radio censal; indicadores de pérdidas económicas y sociales.

La primera fase se trabajó con la exploración de datos y diseño de bases de datos. De esta manera se logró:

- Actualizar la información de base de infraestructura (educación, ONGs, uniones vecinales, seguridad, salud, calles).
- Diseñar el modelo territorial de causalidad (Figura N° 2)

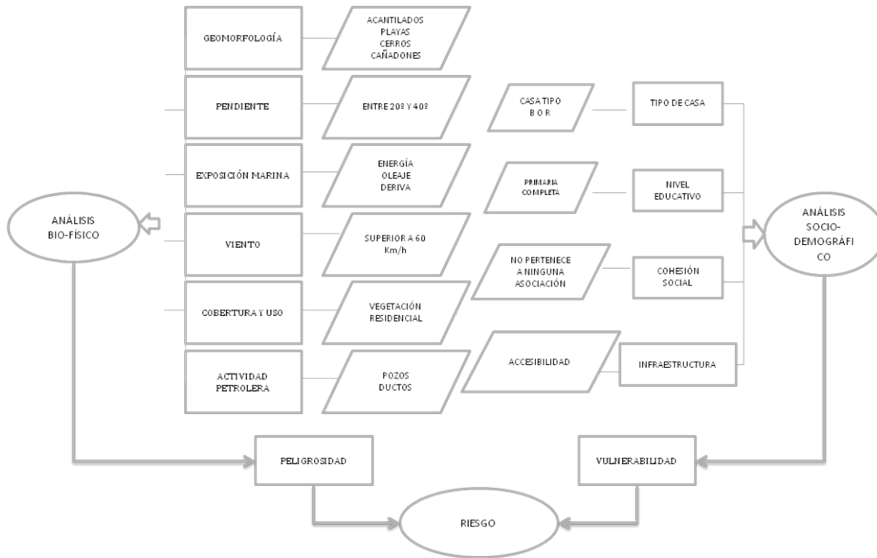


Figura 2. Modelo dimensión territorial de causalidad

En el análisis de la peligrosidad se obtuvo el modelo digital de elevación (MDT) a partir de imágenes SRTM de 90, generando la cobertura de geomorfología con datos de pendiente. En la cobertura de costas se señala las características de playa y acantilados indicando la actividad relacionada con erosión costera. La cobertura de uso de suelo comprende polígonos con datos sobre tipo de actividad (residencial, comercial, industrial).

Con la información sobre población se trabaja a nivel radio censal filtrando los campos que indican el tipo de vivienda, nivel educativo y cohesión social. La accesibilidad resulta del análisis de las vías de comunicación y localización de centros de salud, educativos, seguridad.

Como resultado de la aplicación del modelo vectorial, se obtienen las zonas de riesgo que muestran la localización del territorio de causalidad.

## Conclusiones

La estandarización de la información geoespacial permite una rápida actualización y modificación de datos, simplifica tareas, agiliza la toma de decisiones. El proceso debe partir de acordar un marco conceptual con criterios claros y válidos para avanzar en la búsqueda de soluciones concretas a los problemas complejos planteados en la gestión del riesgo.

Los estándares establecen reglas para estructurar la información, de manera tal que los datos de un sistema pueden ser leídos, ordenados, cargados,

compartidos y transferidos en otros sistemas. Así mismo, el uso de estándares de calidad permite a los productores y usuarios, evaluar la “aptitud de uso” de los datos.

El papel de las Universidades es investigar e innovar. Desarrollar algoritmos, métodos, programas y soluciones que no existen en el mercado, para que la tecnología progrese y evolucione. Para ello es necesario contar con información ordenada, actualizada, registros, integrada, operable.

El diseño de modelos espaciales-temporales, para la adquisición de datos y para la gestión de errores es posible y permite implementar aplicaciones para el análisis de riesgos con un mínimo de equipamiento, con software de bajo costo y en plazos relativamente cortos.

En la medida que el diseño se sustente en un modelo espacial-temporal sencillo, basado en datos fácilmente disponibles, y en la medida que se haga explícito que con los datos disponibles sea posible lograr sólo un bajo nivel de resolución, la inversión en tiempo y recursos que se requiera para implementar un SIG se reduce eficazmente.

Los SIG son herramientas ágiles para la visualización de escenarios de riesgo que pueden compartirse con la misma población, y que pueden implementarse en zonas de poca infraestructura y soporte técnico.

La producción, actualización y difusión de información sobre riesgos, en tiempo efectivo, es una posibilidad real. Lo fundamental es llegar a un acuerdo con las organizaciones locales para compartir información y consolidar a escalas grandes, para asesorar a los decisores en las políticas provinciales. Sólo es necesario que el diseño e implementación del SIG para el análisis de riesgos sea simple, disminuir los errores, construir el metadato, y mejorar la calidad del dato para que la respuesta sea muy acertada.

### Nomenclatura

IGN, Instituto Geográfico Nacional. República Argentina. [www.ign.gov.ar](http://www.ign.gov.ar)  
INDEC, 2001; Censo de Población, Hogares y Viviendas del año 2001. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. República Argentina. [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar)  
INDEC, 2010; Censo de Población, Hogares y Viviendas del año 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. República Argentina. [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar)

### Referencias

ANEAS, S. “Vulnerabilidad global: variables y medición”. Instituto de Geografía Aplicada (IGA). Universidad Nacional de San Juan. Argentina. 2009



BARRA, 2006

- BARRAGÁN MUÑOZ, J.M., “Medio ambiente y desarrollo en las áreas litorales: Guía práctica para la planificación y gestión integrada”. Oikos-Tau. Barcelona. España. 2003.
- BOSQUE SENDRA, J., “Sistemas de Información Geográfica”. Ediciones Rialph, SA. Madrid. España. pp 93-292, 1992.
- BUZAI, G. “Análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica.” En Buzai, G. (ed) “Geografía y Sistemas de Información Geográfica: Aspectos conceptuales y aplicaciones” GESIG. Universidad Nacional de Luján. Buenos Aires. Argentina. Cap. 7. pp 163 – 195, 2010
- CALONI, N. “Aplicación de los sistemas de información geográfica para la generación de cartografía de riesgos tecnológicos en la Comunidad de Madrid”. En Buzai, G. (ed) “Geografía y Sistemas de Información Geográfica: Aspectos conceptuales y aplicaciones” GESIG. Universidad Nacional de Luján. Buenos Aires. Argentina. Cap. 13 pp 421-448, 2010.
- CARDONA, O.D., “Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo”. En Andrew Maskrey (Ed.). Los desastres no son naturales. LA RED de Estudios Sociales. Primera edición. Bogotá. Colombia. 1993.
- GARCÍA TORNEL, F.C., “Algunas cuestiones sobre Geografía de los Riesgos”, en Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. Nº 10. 1997.
- GRAY DE CERDÁN, N. “SIG: Prevención y manejo de la vulnerabilidad urbana en zonas de alto riesgo sísmico” pp 189-203. En “Navegando entre brumas”. Maskrey A. (ed). LA RED de estudios sociales. Bogotá. Colombia. 1998.
- LAVELL, A. “Desastres urbanos: una visión global”. 1-11. LA RED de estudios sociales. Bogotá. Colombia. 2000
- LAVELL, A. “La Gestión Local del Riesgo Nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica”. Programa Regional para la Gestión del Riesgo en América CEPREDENAC-PNUD. 2003
- MASKREY, A. “Estrategias para el diseño e implementación de aplicaciones SIG para el análisis de riesgos”. En Andrew Maskrey (Ed.). “Navegando entre brumas. La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al análisis de riesgo en América Latina”. LA RED de Estudios Sociales en prevención de desastres en América Latina. Bogotá. Colombia. 1998
- MONTI, A. “Dilemas y desafíos de la Gestión de Riesgos en litorales antropizados de la Patagonia”. Primeras Jornadas de Investigación en Ciencias Sociales. CD ROM. 20pp. UNPSJB. Comodoro Rivadavia. 2007
- TEUBNER, F. “Definición de zonificaciones ambientales costeras mediante aplicación de tecnología de sistemas de información geográfica (SIG)”. Cap. 16. pp. 377 -390. En: Matteucci, S. y Buzai, G. (comp.) “Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial”. EUDEBA. Buenos Aires. Argentina. 1998
- WILCHES-CHAUX, G. “La vulnerabilidad Global”. En: Andrew Maskrey (Ed.). Los desastres no son naturales: LA RED de Estudios Sociales. Primera edición. Bogotá. Cap. II, 1993.

[60]

# Relaciones hidrológicas y morfométricas con tensores antrópicos incidentes en las cuencas y factores de riesgo en los ríos del Caribe colombiano

Aguirre, J.\*; Restrepo, J.C.\*\*; Ortíz, J.C.\*\*;  
Maza, M.\*\*; López, A.\*\*\*, Galvis, A.\*\*\*

## Resumen

SE OBTUVIERON DATOS de caudal medio y transporte de sedimentos en suspensión en doce cuencas hidrográficas del Caribe colombiano con el fin de estimar los aportes fluviales al Mar Caribe, analizar su variabilidad estacional e interanual y el efecto de los eventos extremos sobre las descargas fluviales. Se calcularon índices hidrológicos y se aplicaron análisis de series de tiempo (filtros de paso bajo, análisis Wavelet, prueba Mann-Kendall y prueba Pettit) para estimar patrones de variabilidad estacional e interanual, identificar tendencias y eventos extremos. Se están analizando variaciones en las coberturas vegetales a partir de fotografías aéreas y fotos satelitales, así como el estudio de las acciones antrópicas sobre las áreas de las cuencas estudiadas reportadas en planes de ordenamiento y estudios regionales para establecer los tensores más significativos sobre las alteraciones encontradas y su relación con los parámetros hidrológicos y morfométricos y con ello determinar los principales factores de riesgo que pueden afectar el área de estudio.

\* Escuela de Ingenierías, Grupo de Investigaciones Ambientales, Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín, Colombia

\*\* Departamento de Física, Grupo de Física Aplicada, Instituto de Estudios Hidráulicos y Ambientales (IDEHA) - Universidad del Norte (Uninorte), Barranquilla. [restrepocj@uninorte.edu.co](mailto:restrepocj@uninorte.edu.co)

\*\*\* Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Grupo de Investigación de Ingeniería Civil - Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Montería (UPB Montería). [alvaro.lopez@upbmonteria.edu.co](mailto:alvaro.lopez@upbmonteria.edu.co)

Preliminarmente, se han identificado cambios significativos en los usos del suelo y grandes extensiones deforestadas en los diez años recientes que afectan los procesos erosivos y de escorrentía de las cuencas estudiadas y con ello se establecerán las relaciones entre parámetros - tensores antrópicos que a escala local y regional contribuyen a incrementar los factores de riesgo más relevantes.

**Palabras clave:** Mar Caribe, gestión de riesgos, series de tiempo, caudal, transporte de sedimentos.

### Introducción

LAS DESCARGAS FLUVIALES tienen un papel importante en el ciclo hidrológico y en la estabilidad termodinámica de los océanos, así como en los ciclos biogeoquímicos (Cherubin y Richardson, 2007). Por lo tanto, la estimación su magnitud y variabilidad es un elemento fundamental dentro de los estudios de oceanografía costera y de plataforma continental. En las dos últimas décadas se han reportado cambios dramáticos en el régimen hidrológico de los principales ríos del mundo, alta variabilidad en los patrones de estacionalidad hidrológica, y un número creciente de intervenciones antrópicas en las cuencas hidrográficas. Al mismo tiempo, se ha hecho evidente el impacto creciente de eventos extremos, los cuales no sólo se han hecho más frecuentes, sino que también han mostrado mayor intensidad y severidad durante los años recientes (Shiklomanov, 1999; Walling y Fang, 2003). Se ha estimado que la descarga fluvial (agua y sedimentos) del río Magdalena es la mayor entre todos los ríos que desembocan en el Mar Caribe (Restrepo y Kjerfve, 2000). Sin embargo, no se ha analizado su variabilidad desde finales de la década del 90, fecha a partir de la cual se han registrado cambios significativos en la descarga de los principales sistemas fluviales del mundo (Walling y Fang, 2003). Tampoco se han estimado la estacionalidad, variabilidad y tendencia de las descargas de agua y sedimentos de las principales cuencas del Caribe colombiano, algunas de las cuales han mostrado un efecto directo sobre los procesos de morfodinámica litoral y circulación costera (Serrano, 2004; Restrepo y López, 2008).

A pesar de estos significativos avances, hasta ahora se conoce poco sobre la variabilidad y tendencias de la descarga fluvial de ríos con cuencas pequeñas (áreas menores a 5000 km<sup>2</sup>), los parámetros y tensores que a escala local y regional inducen esa variabilidad, y su relación con la hidroclimatología y dinámica fluvial de cuencas mayores. Incluso, en algunos casos, ni siquiera se han evaluado sus características hidrológicas, determinado sus parámetros morfométricos principales (p. ej. área, perímetro, ancho; índice de relieve), o documentado los principales procesos de intervención antrópica. La ausencia de esta información impide implementar de manera efectiva planes de manejo,

intervención o de ordenamiento de cuencas hidrográficas, diseñar medidas eficaces para prevenir o mitigar los efectos adversos de fenómenos hidrológicos, incluso evaluar el grado de afectación generado por intervenciones severas encaminadas a disminuir los principales factores de riesgo para las poblaciones.

Este estudio analiza datos hidrológicos (caudal y transporte de sedimento en suspensión) de doce cuencas hidrográficas de orden mayor y menor de la región Caribe colombiana, con el fin de estimar y analizar: (1) estimar parámetros hidrológicos y morfométricos en cuencas de orden menor, (2) evaluar tendencias y estacionalidades hidrológicas y fluviales, (3) establecer relaciones entre los parámetros - tensores antrópicos que a escala local y regional pueden inducir la variabilidad de las descargas fluviales y la formulación de planes de gestión del riesgo, y (4) discutir las posibles correlaciones que existen entre la dinámica fluvial mostrada por algunas cuencas hidrográficas (de orden mayor y menor) de la Región.

### **Métodos ó desarrollo experimental**

Se obtuvieron datos de caudal medio y transporte de sedimentos en suspensión en doce cuencas hidrográficas del Caribe colombiano con diferentes características climáticas. Esta información fue suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). La extensión de las series de caudal varía entre 17 y 65 años, mientras que las series de transporte de sedimento varían entre 9 y 33 años (Tabla 1). Se aplicaron pruebas de continuidad y homogeneidad, posteriormente se desarrollaron análisis de series de tiempo en ocho cuencas hidrográficas: (1) cálculo de índices hidrológicos (Latrubesse et al., 2003), (2) aplicación de filtros de paso bajo (Butterworth y anomalías mensuales) y análisis Wavelet (Morlet Wavelet Spectrum) para estimar patrones de variabilidad estacional e interanual (Torrence y Compo, 1998; Shumway y Stoffer, 2004), y (3) aplicación de las pruebas Mann-Kendall (Gradual trend test) y Pettit (Abrupt change test) para identificar tendencias y eventos extremos (Zhang et al., 2008).

Tabla 1. Área de drenaje, caudales y transporte de sedimentos en cuencas del Caribe colombiano

Ríos	A (x10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Q <sub>s</sub> (x10 <sup>6</sup> t a <sup>-1</sup> )	Q <sub>max</sub> /Q (-)	Q <sub>max</sub> /Q <sub>min</sub> (x10 <sup>3</sup> )	SerieS históricas
<b>Zona Urabá</b>							
R. Atrato	35,71	2740,0	3060,0	11,26	-	-	Q (1981-1998), Q <sub>s</sub> (1985-1995)
R. Turbo	4,81	3,4	27,5	0,05	37,4	4,19	Q (1987-2005), Q <sub>s</sub> (1990-1999)
R. Mulatos*	0,01	4,6	45,6	0,11	74,5	0,34	Q (1977-2009), Q <sub>s</sub> (1985-2007)
R. Currulao	0,12	7,9	36,9	0,12	27,9	11,12	Q (1979-2005), Q <sub>s</sub> (1990-1999)
R. Riosucio*	1,44	270,1	647,2	4,11	4,9	0,06	Q (1976-2005), Q <sub>s</sub> (1978-2005)
<b>Zona Central</b>							
R. Sinú*	14,73	387,9	481,2	3,77	2,2	0,03	Q (1970-2005), Q <sub>s</sub> (1984-2000)
Canal del Dique*	-	394,3	435,7	5,77	2,1	0,01	Q (1979-2005), Q <sub>s</sub> (1984-1998)
R. Magdalena*	257,43	7160,9	8223,8	143,64	2,4	0,01	Q (1940-2005), Q <sub>s</sub> (1972-2005)
<b>Zona Sierra Nevada</b>							
R. Fundación*	1,87	26,9	92,6	0,10	32,4	0,48	Q (1958-2007), Q <sub>s</sub> (1982-1998)
R. Aracataca*	0,93	16,9	59,5	0,03	21,2	0,39	Q (1968-2007), Q <sub>s</sub> (1976-1998)
R. Frío	0,32	7,3	70,5	0,02	84,7	12,06	Q (1984-2003), Q <sub>s</sub> (1982-2007)
R. Guatapurí	0,85	17,6	63,6	11,44	52,4	0,69	Q (1965-2006), Q <sub>s</sub> (1984-1999)
<b>Zona Guajira</b>							
R. Palomino*	0,68	24,74	121,8	0,05	40,4	0,50	Q (1973-2007), Q <sub>s</sub> (1976-1998)
R. Ranchería*	4,23	12,25	42,8	0,08	26,0	10,55	Q (1976-2006), Q <sub>s</sub> (1980-1998)

### Resultados

Se calculó que los ríos colombianos aportan  $\sim 340.9 \text{ km}^3 \text{ a}^{-1}$  de agua y  $\sim 176.5 \times 10^6 \text{ t a}^{-1}$  de sedimentos al Mar Caribe. Se estima que el 67% del caudal y el 82% de los sedimentos son aportados por el río Magdalena. Los índices de estacionalidad y torrencialidad señalan un marcado comportamiento estacional en los aportes fluviales de agua y sedimento; más acentuado en los R. Frío, R. Curru-lao y R. Ranchería, debido a la influencia significativa de los caudales máximos.

En la mayoría de los ríos, las series de transporte de sedimento muestran un mayor rango de variabilidad y están dominadas por anomalías positivas (p.ej. variabilidad interanual de máximas descargas), mientras que las series de caudales se caracterizan por la variabilidad de las condiciones generales de flujo (caudales mínimos-medios-máximos). El análisis Wavelet indica que la variabilidad de las descargas fluviales está controlada por la migración de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (período de 0.5 - 1 año) y el fenómeno ENSO (período 2-5 años). No obstante, a partir de 1995 se observa un cambio en los patrones de variabilidad, con un dominio hacia los eventos de baja frecuencia (período 3-7 años). Con el fin de ilustrar los análisis desarrollados se presentan los resultados obtenidos en el R. Mulatos (Figura 1).

Los resultados preliminares de las relaciones de los factores naturales (p.ej. hidrología, geología, topografía, clima, etc.) y los tensores antrópicos (p.ej. deforestación, represamientos de ríos, proyectos de ingeniería, etc.) muestran una incidencia en la dinámica fluvial y con ello en la posibilidad del aprovechamiento del recurso hídrico y el incremento en los niveles de los factores de riesgo. Particularmente se ha encontrado que el proceso de conversión de bosques en áreas agrícolas y ganaderas altera el ciclo hidrológico y modifica las propiedades físicas y químicas del suelo, dando como resultado mayor susceptibilidad a los procesos de erosión (Bruijnzeel, 1990).

### Conclusiones

Los ríos colombianos descargan  $\sim 340.9 \text{ km}^3 \text{ a}^{-1}$  de agua y  $\sim 176.5 \times 10^6 \text{ t a}^{-1}$  de sedimentos al Mar Caribe. Aunque la variabilidad de las descargas ha estado controlada por la migración de la ZCIT y la ocurrencia del fenómeno ENSO, desde 1995 se presentan cambios en los patrones de variabilidad y la importancia de los controles estacionales ha disminuido. Debido a la presencia de cambios abruptos de corta duración, las series de transporte de sedimento (peak events) presentan mayor variabilidad que las series de caudal.

Este tipo de estudios, en el Caribe Colombiano que incluyan análisis estadísticos y realizar discusiones del comportamiento dinámico y estacional de las cuencas hidrográficas a partir de las relaciones con los tensores antrópicos

que las afectan, se deben constituir en aportes significativos a la planificación del recurso hídrico, la formulación de programas de manejo ambiental y gestión de riesgos y la concepción y ejecución de proyectos de ingeniería e intervención social alejados de polémicas mediáticas y fundamentado en argumentos técnicos.

### Nomenclatura

A=Área de drenaje  
 Q=Caudal medio  
 Qmax=Caudal máximo  
 Qs=Transporte de sedimentos en suspensión  
 Qmax/Q=Índice de estacionalidad  
 Qmax/Qmin=Índice de torrencialidad

### Referencias

- CHERUBIN, L., RICHARDSON, P., 2007. Caribbean current variability and the influence of the Amazon and Orinoco freshwater plumes. *Deep-Sea Research I*. 54, 1451-1473.
- RESTREPO, J., KJERFVE, B., 2000. Magdalena river: interannual variability (1975-1995) and revised water discharge and sediment load estimates. *Journal of Hydrology*. 235: 137-149.
- RESTREPO, J., LOPEZ, S., 2008. Morphodynamics of the Pacific and Caribbean deltas of Colombia, South America. *Journal of South American Earth Sciences*. 25,1-21.
- SHIKLOMANOV, V., 1999. World Water Resources and their Uses: Discharge of Selected Rivers of the World. State Hydrological Institute and UNESCO, International Hydrological Programme. <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/index.shtml> (Nov. 2005)
- SHUMWAY, R., STOFFER, D., 2004. *Time Series Analysis and Its Applications*. Springer-Verlag, The Netherlands, 543 p.
- TORRENCE, C., COMPO, G., 1998. A Practical Guide to Wavelet Analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 79(1), 61-78.
- WALLING, D., FANG, D., 2003. Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers. *Global and Planetary Change*. 39: 111-126.
- ZHANG, S., LU, X., HIGGIT, D., CHEN, A., HAN, J., SUN, H., 2008. Recent changes of water discharge and sediment load in the Zhujiang (Pearl River) Basin, China. *Global and Planetary Change*. 60, 365-380.

[61]

## Red de Desastres Hidrometeorológicos y Climáticos (REDESClim)

María Tereza Cavazos Pérez\*, Luis Brito Castillo\*\*,  
Ana Cecilia Conde Álvarez\*\*\*, Luis Manuel Farfán Molina†,  
Agustín Fernández Eguiarte††, Martín José Montero Martínez†††,  
Francisco J. Ocampo Torres‡, Juan Manuel Rodríguez Esteves‡‡,  
José Antonio Salinas Prieto†††, Roberto Sánchez Rodríguez<sup>δ</sup>

**Palabras clave:** Fenómenos hidrometeorológicos, fenómenos climáticos, desastres.

### Resumen

EN MÉXICO CADA año, al igual que en otros países y regiones, ocurre un número significativo de desastres asociados a eventos hidrometeorológicos y climáticos con importantes consecuencias sociales, económicas y ambientales; esto limita las oportunidades de desarrollo local, estatal y nacional. La tendencia ascendente en el número de desastres obliga a crear programas de prevención a través de estrategias cuyo fin sea reducir la vulnerabilidad social a tales eventos, así como fortalecer la adaptación y resiliencia de la sociedad y los ecosistemas.

La Red de Desastres Hidrometeorológicos y Climáticos (REDESClim) es una red de investigación temática apoyada con recursos por el Consejo Nacional de

\* Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

\*\* Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

\*\*\* Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

† Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

†† Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

††† Servicio Meteorológico Nacional.

‡ Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

‡‡ El Colegio de la Frontera Norte.

‡‡‡ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

<sup>δ</sup> El Colegio de la Frontera Norte



Ciencia y Tecnología (CONACyT) del gobierno mexicano. Esta red fue creada en el mes de mayo de 2011 y busca conjuntar la colaboración de investigadores, tecnólogos, empresarios, políticos y la sociedad civil para proponer soluciones consensadas al problema de los desastres asociados a fenómenos naturales en México.

Lograr este objetivo requiere de la participación de todos los actores involucrados y de una mayor coordinación entre los tres órdenes de gobierno (municipal, estatal y federal) y los sectores social, privado y académico. Esto permitirá mejorar la capacidad de seguimiento, fortalecer la creación de pronósticos y alertas tempranas de los eventos hidrometeorológicos y climáticos, expandir y mejorar el conocimiento de las causas físicas y sociales de los desastres asociados a fenómenos naturales, y fortalecer la capacidad local, estatal y nacional para reducir el impacto de los desastres en México.

REDESCLim es un esfuerzo de la comunidad académica que procura mejorar la capacidad de respuesta de México ante los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos. Para alcanzar estas metas, las acciones de REDESCLim se coordinan a través de cinco líneas temáticas.

#### *Línea temática 1.*

##### *Bases de datos, monitoreo y disseminación de información:*

Los estudios climáticos requieren de información histórica básica que sustente un análisis robusto y confiable de las variaciones estacionales, interanuales e interdecenales de los procesos geofísicos así como de sus desviaciones respecto de un valor medio. El monitoreo permanente de las variables del clima otorga esa información, aunque resulta necesario realizar con anticipación controles de calidad a los datos obtenidos y que a su vez permitan la selección de estaciones climatológicas homogéneas y representativas. La insuficiencia de información se puede solventar mediante la instalación de nuevos sitios de monitoreo, pero esto requiere de suficientes recursos que garanticen el mantenimiento y operación de las estaciones asegurando que el monitoreo sea de largo plazo.

En esta línea temática se pretende crear y mantener actualizado un banco de datos útil para el estudio de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos incluyendo la búsqueda de recursos para la instalación de nuevos sitios de monitoreo, con estricto control de calidad de la información, y coordinar los trabajos de disseminación de información con el apoyo de las demás líneas temáticas.

*Línea temática 2. Diagnóstico y análisis de procesos:*

El objetivo de esta línea temática es entender las causas físicas e impactos asociados a riesgos hidrometeorológicos y climáticos de corta y larga duración, así como las posibles causas sociales que generan desastres en México.

Por sus impactos, los riesgos de mayor prioridad estratégica para México son: inundaciones y huracanes, incendios forestales, sequías, ondas de calor y heladas. Desde el punto de vista físico, nos interesa conocer la variabilidad estacional, interanual y decadal de los riesgos, su distribución espacial y patrones sinópticos de circulación asociados a su variabilidad, así como la posible relación de estos fenómenos con otros de escala global, por ejemplo, El Niño/Oscilación del Sur, oscilaciones decadales y el cambio climático.

Además, para entender el impacto de los desastres en los socio-ecosistemas, se parte de las siguientes relaciones:

$$\text{Desastre} = f(\text{Riesgo y Vulnerabilidad})$$

Donde:

Riesgo = Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural

Vulnerabilidad = f (Exposición + Sensibilidad + Capacidad adaptativa)

La exposición se define como la frecuencia e intensidad de un evento físico (extremos, inundaciones, escenarios de cambio climático, etc.). Sensibilidad se refiere a la infraestructura, capacidad productiva del suelo y a los recursos naturales disponibles cuando ocurre un desastre. La capacidad adaptativa es el capital humano, capital social y el capital financiero disponible durante un desastre.

Por lo tanto, entender las causas de un desastre es complejo porque no solo involucra el riesgo físico natural, sino también el aspecto socio-económico y la vulnerabilidad de un sistema al momento de una catástrofe.

*Línea temática 3.**Pronóstico meteorológico y prevención de desastres*

Los objetivos generales de esta línea son los siguientes:

1. Generar un diagnóstico de la situación de los pronósticos meteorológicos y oceanográficos en México.

2. Proponer líneas de acción a corto, mediano y largo plazos que permitan mejorar la generación y difusión de pronósticos meteorológicos, oceanográficos y sistemas de alerta regionalizados.
3. Contribuir con productos operativos de utilidad a la comunidad en general como simulaciones numéricas en tiempo real.
4. Vincular a sectores académicos con operativos nacionales mediante cursos, talleres y formación de recursos humanos a nivel posgrado.

*Línea temática 4.*  
*Modelación climática y análisis de procesos físicos*

Sin lugar a dudas, para una red de investigación enfocada en los desastres ocasionados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos, es indispensable la simulación numérica del clima a mediano (estacional) y largo plazo (escalas decadales y de periodos mayores), así como el análisis de procesos físicos que modulan o afectan los fenómenos de mayores escalas, tales como el clima y sus cambios.

De esta forma, el enfoque de esta línea temática en el contexto de REDES-Clim es promover las actividades asociadas a la modelación del clima y mejorar los resultados de la simulación histórica y la predicción en las escalas regionales y locales, así como fomentar el estudio de los procesos físicos y de la predictibilidad del tiempo y el clima.

Los objetivos principales de esta línea son:

- I. Diagnosticar el estado actual de la simulación numérica del clima, tanto en el panorama internacional como en el que incorpora a México y los mares mexicanos y sensibilidad de la simulación numérica del clima ante los procesos de intercambio de pequeña escala entre el océano y la atmósfera (transferencia de momento, evaporación, transferencia del CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero, etc.).
- II. Diagnosticar las técnicas (estadísticas y dinámicas) de regionalización implementados para México, así como promover la implementación del control de calidad y la validación de los resultados.
- III. Incorporar la información (o las ligas a ésta) de las diferentes bases de datos con proyecciones climáticas para el siglo XXI que puede utilizar la comunidad científica mexicana para estudio de los impactos.
- IV. Identificar las deficiencias en el conocimiento de procesos físicos que deben subsanarse para mejorar la predictibilidad del clima y sus cambios. Impulsar grupos de trabajo para la utilización amplia de modelos numéricos para la predicción del clima (modelos de circulación general) y,

- V. Diseñar y construir un programa multi-institucional para el estudio de la interacción entre procesos de pequeñas escalas con procesos de escalas mayores y su influencia en la evolución del clima en México.

#### *Línea temática 5. Políticas públicas y estrategia de comunicación*

Aunque el sector público (gobiernos locales y federal) tiene un papel central en la prevención y atención a los desastres asociados a eventos hidrometeorológicos y al clima, se requiere una amplia respuesta de la sociedad en su conjunto. Es por ello que la coordinación entre los tres órdenes de gobierno y, entre el sector público, el social, privado y científico, debe ser eficiente para fortalecer la prevención a desastres, en particular en el contexto mexicano con limitados recursos. Esos desastres tienen un carácter multidimensional y requieren de acciones que abarcan una amplia gama de sectores y acciones en el contexto de desarrollo de comunidades, grupos sociales y de los ecosistemas.

La línea temática de Políticas públicas y estrategia de comunicación de REDESClim busca desarrollar estrategias para reducir el riesgo y la vulnerabilidad a los desastres, desarrollando insumos e instrumentos para el diseño de políticas públicas y estrategias de comunicación que fortalezcan la capacidad de acción de la sociedad y la conservación de los ecosistemas. Nuestra red colabora con los organismos responsables (tomadores de decisiones) para prevenir y crear resiliencia a los desastres a través de la disminución de la vulnerabilidad de una amplia gama de comunidades, grupos sociales y de los ecosistemas.

En la actualidad REDESClim cuenta con 70 miembros adscritos principalmente a centros de investigación, universidades públicas, dependencias descentralizadas del gobierno federal y de los gobiernos estatales y municipales en México. Entre las principales actividades que se desarrollan en REDESClim destacan:

- Elaboración de un libro dedicado al estado del arte de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos en México.
- Lanzamiento de la primera convocatoria para desarrollar proyectos de investigación.
- Elaboración y actualización de bases de datos en cada una de las cinco líneas temáticas.
- Inventarios nacionales sobre capacidades en materia de riesgos y prevención de desastres.
- Firmas de convenios con otras redes y asociaciones (INE-PNUD, )

- Vinculación con diferentes dependencias del gobierno federal mexicano (Secretaría de Gobernación, Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología, Servicio Meteorológico Nacional, etc.).
- Colaboración con Scripps Institution of Oceanography, San Diego State University (SIO-UCSD).
- Firma de Acuerdo de Entendimiento con el Consorcio Europeo Catalyst, para el Proyecto “*Capacity Building on Disaster Risk Reduction in Central America and Caribbean*”. Entre otras actividades.

Finalmente un interés particular de REDESClim es la vinculación y colaboración con otras redes, grupos de investigación, instituciones públicas, privadas y de organizaciones de la sociedad civil en Latinoamérica para intercambiar experiencias, desarrollar proyectos de investigación, seminarios, etc. todo ello orientado a disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de nuestras poblaciones y ecosistemas.

Para más información, consulte: <http://atlasclimatico.unam.mx/REDESClim2/>

## VIII

# SISTEMAS DE PREPARACIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

- [62] Experiencias relacionadas con el proceso eruptivo del Volcán Galeras (2004-2012)
- [63] El riesgo de tsunami en localidades costeras de centro sur de Chile: el caso de caleta Tubul-Raqui
- [64] Prevención de desastres. Responsabilidad y papel de los escolares y adolescentes cubanos en los procesos de transformaciones medioambientales.
- [65] Talleres de Intervención psicosocial y Apoyo Emocional en el lugar de trabajo, para 2000 trabajadores del sistema público de salud de los Servicios de Salud de Maule,Ñuble y Talcahuano afectados por el Terremoto y Tsunami del 27 de febrero de 2010
- [66] Resiliencia, factores protectores y sobrevivencia; el caso de los 33 mineros atrapados y rescatados de la mina San José en Atacama, Chile
- [67] El Sistema Crisis para Gestión de Riesgos y Emergencias
- [68] Análisis de tecnologías de servicios vitales en alojamientos institucionales y definición de la tecnología óptima a implementar
- [69] Safety Management of Tailing Dams System

[62]

## Experiencias relacionadas con el proceso eruptivo del Volcán Galeras (2004 – 2012)

Gómez Martínez Diego M. (1), Dorado González Lina (2),  
Gómez Cabrera Darío (3)

### Resumen

FERTILIDAD EN LOS suelos, belleza paisajística y diversidad de recursos, han incentivado a que en los alrededores del Volcán Galeras, se ubique una población que se estima en cerca de 500.000 habitantes, desarrollando historia, cultura y actividades productivas en siete municipios localizados en su zona de influencia más próxima: Pasto, Nariño, La Florida, Sandoná, Consacá, Yacuanquer y Tangua, que en los últimos años, han experimentado algunos efectos derivados de la actividad de este volcán, considerado el más activo del territorio Colombiano. San Juan de Pasto, capital del Departamento de Nariño se localiza al oriente de Galeras, con su plaza principal ubicada a tan solo 9 Km en línea recta del cono activo. Cerca de 8.000 personas viven predominantemente en el sector rural de los municipios de Pasto, Nariño y La Florida, habitando la zona de amenaza volcánica alta, algunas a distancias menores de 6 km del cráter principal, en regiones que han sido afectadas por diferentes tipos de fenómenos, especialmente por flujos piroclásticos, considerados como procesos volcánicos de gran peligrosidad, máxima severidad, que implican alta probabilidad de muerte y destrucción (Sigurdsson, 2000). Dado que las erupciones explosivas que Galeras ha presentado en los últimos 22 años, no han producido flujos piroclásticos, se genera en la comunidad un exceso de confianza frente a lo que realmente podría suceder.

Con el trabajo derivado de la reactivación de este volcán a mediados del 2004, se ha reducido la vulnerabilidad de habitantes de la zona de mayor riesgo implementando un plan de contingencia por erupción volcánica que articuló esfuerzos entre comunidades

\* Servicio Geológico Colombiano – Coordinador Observatorio Vulcanológico de Pasto.

\*\* Coordinadora Comité Regional de Prevención y Atención de Desastres de Nariño.

\*\*\* Coordinador Comité Local de Prevención y Atención de Desastres de Pasto.

e instituciones que conforman el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres (CREPAD, 2008).

Se estableció un proceso de socialización y apropiación de ese plan tanto en autoridades como en la comunidad de la zona de influencia del volcán, con énfasis en las personas que habitan la zona de mayor riesgo. Sin duda la mayor dificultad ha sido el lograr acercarse a las comunidades para que se entienda el fenómeno volcánico, en una zona geográfica que ha aprendido a convivir con el riesgo a diario y donde la prevención es considerada la amenaza y la mayor vulnerabilidad es la cultural. Un aspecto resaltable de esta experiencia es que se trata de la primera declaratoria de desastres en el país sin que esta se haya materializado, encaminada a acometer medidas de reducción del riesgo como el reasentamiento poblacional y no esperar a que ocurran hechos que lamentar como históricamente se han enfrentado en el país. Esta declaratoria para la zona de mayor riesgo, ha sido recibida por varios sectores de la comunidad de manera negativa y la que más perjuicios les ha causado. Un entendimiento integral del fenómeno volcánico por parte de autoridades, instituciones y comunidad es requerido.

**Palabras claves:** Volcán Galeras, Plan de Contingencia, Socialización, Evacuaciones

### Introducción

EL VOLCÁN GALERAS con una altura de 4200 msnm, forma parte del denominado Complejo Volcánico Galeras, localizado en el SW de Colombia, cerca de la frontera con el Ecuador, sobre la cadena montañosa de los Andes a  $1^{\circ} 14'$  N y a  $77^{\circ} 22'$  W (Figura 1). Su cono activo está localizado a unos 9 km al occidente de la ciudad de Pasto, capital del Departamento de Nariño, que cuenta con aproximadamente 400.000 habitantes.

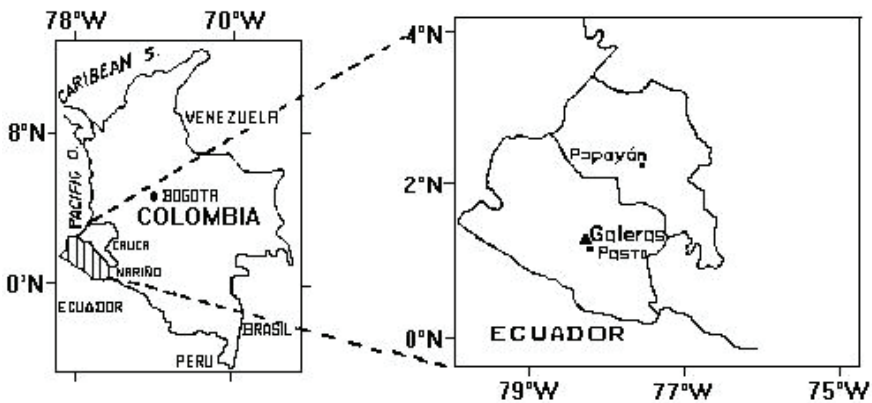


Figura 1. Localización geográfica del volcán Galeras en la República de Colombia



Galeras es un estrato volcán andesítico, cuya estructura está conformada por coladas de lava intercaladas con materiales piroclásticos de diversos tamaños. En los últimos 4500 años, al menos seis episodios eruptivos mayores han sido identificados (4500, 4000, 2900, 2300, 1100 años antes del presente y en el siglo XIX); esas erupciones se definen como de tipo Vulcaniano, con columnas eruptivas de tamaño mediano, que produjeron volúmenes pequeños de flujos piroclásticos (Calvache y Williams, 1991). En los últimos 500 años, las erupciones se han caracterizado por emisiones de gases y cenizas, pequeños flujos de lava y erupciones explosivas que han producido flujos piroclásticos (Espinoza, 1988; Figura 2). Producto de un trabajo riguroso e investigativo, se dispone de un mapa de amenaza volcánica, que establece tres regiones o zonas de acuerdo al tipo de fenómenos asociados y que de mayor a menor peligrosidad se clasifican en alta, media y baja. Entre otros fenómenos, la zona de amenaza alta (ZAVA) puede verse afectada por flujos piroclásticos, considerados como manifestaciones volcánicas de alta peligrosidad, que implican una gran probabilidad de muerte y destrucción, por lo que se considera que el nivel de riesgo de los residentes en esa zona es alto.

Desde finales de 1988, el volcán Galeras mostró nuevamente signos de reactivación después de cerca de 45 años de relativa calma lo que motivó que en 1989 se iniciara un proceso de monitoreo sistemático y continuo por parte del INGEOMINAS (actualmente Servicio Geológico Colombiano) con la creación del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (OVSP). Desde 1989 se registró la ocurrencia de al menos ocho episodios eruptivos, seis de los cuales ocurrieron entre julio 16 de 1992 y Junio 7 de 1993, esta etapa eruptiva se extendió hasta 1995, cuando el volcán entró en un corto periodo de reposo. A mediados del 2004, Galeras inició un nuevo proceso eruptivo que hasta la fecha ha conllevado al registro de 17 erupciones explosivas entre agosto de 2004 y agosto de 2010, involucrando volúmenes, niveles energéticos y efectos mayores que los registrados entre 1989 y 1992.

Información adicional y detallada en cuanto a las actividades que el Servicio Geológico Colombiano cumple a través del OVSP en relación con la vigilancia del Volcán Galeras, puede consultarse en la página Web institucional: <http://www.ingegominas.gov.co/Pasto.aspx>



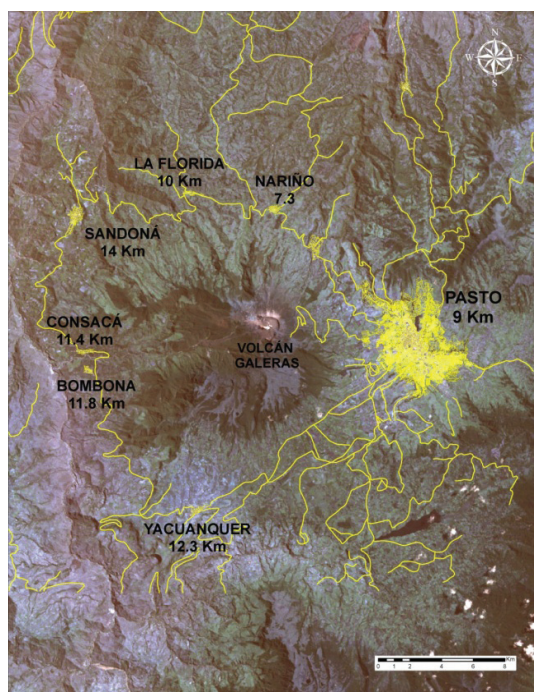
*Figura 2.* Erupción de Galeras del 27 de agosto de 1936. La foto de la revista *Ilustración Nariñense*, muestra el colapso parcial de la columna en dirección NE. Un flujo piroclástico pequeño de cerca de 3 - 4 km de longitud puede ser observado

Toda esta frecuente actividad eruptiva de Galeras, sumada a la presencia de varios asentamientos humanos en su zona de influencia (Figura 3), motivó a que las autoridades que conforman el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, se involucrarán de manera más constante en procesos de socialización y gestión del riesgo incluyendo en estos procesos, a las comunidades asentadas en estas regiones.

### Desarrollo y contextualización de la experiencia en Galeras

Se trata de una experiencia integral en gestión del riesgo, asociada al manejo de los procesos eruptivos, los preparativos, la respuesta y el impacto en el ordenamiento territorial, con el propósito de reducir la vulnerabilidad física y social de las comunidades asentadas en su área de influencia. Se desarrolla en Colombia,

en el Departamento de Nariño, particularmente con comunidades de los municipios de Pasto, Nariño y La Florida, que se encuentran localizados en la zona de alto riesgo del Volcán Galeras, donde existen cerca de 8000 personas que viven predominantemente en el sector rural de esos municipios, habitando la zona de amenaza volcánica alta, a distancias menores de 6 km del cráter principal, en regiones que han sido afectadas por diferentes tipos de fenómenos, especialmente por flujos piroclásticos. Dada su proximidad a la ciudad de Pasto, existe una importante influencia ciudadina en todos estos municipios, en términos de oportunidades de trabajo, educación, servicios de salud, conectividad con la región y el país. Sin embargo, a pesar de ser regiones físicamente muy próximas y rurales, los contextos socio-económicos y ambientales son diferentes.



*Figura 3.* Vista en planta del Volcán Galeras y la localización de los principales poblaciones en su zona de influencia. Se resaltan las cabeceras municipales y su distancia en línea recta al cráter activo

### *Características de la experiencia*

La presencia de cerca de 500.000 personas en el área de influencia de un volcán activo y de 8.000 que habitan la región de mayor riesgo y que tienen una

baja percepción del fenómeno, sumado a su alta vulnerabilidad física, social y cultural, caracterizan esta problemática.

Dado que las erupciones explosivas que el Galeras ha presentado en los últimos 22 años han sido intermedias, no han generado flujos piroclásticos, razón por la cual no ha habido víctimas y se genera en la comunidad un exceso de confianza frente a lo que realmente podría suceder.

La reactivación de este volcán a mediados del 2004, motivó a que las autoridades abordarán de manera integral y responsable la problemática por cuanto desde 1989 cuando se presentó otro periodo de reactivación, el desconocimiento del fenómeno tanto por parte de autoridades como de la comunidad, no proporcionó el escenario idóneo para el desarrollo de un proceso continuo en el ámbito educativo y operativo.

La experiencia se centra en el periodo de reactivación que inicio en Julio de 2004 y que a la fecha no ha concluido en razón a la continua actividad del volcán, cuya erupción explosiva más reciente fue el 2 de Enero de 2010. En los últimos tres años el plan de contingencia implementado se ha retroalimentado y mientras existan personas habitando la zona de mayor riesgo, deberá actualizarse y mejorarse continuamente.

Se ha reducido la vulnerabilidad de habitantes de la zona de mayor riesgo implementando un plan de contingencia por erupción volcánica que articuló esfuerzos entre comunidades e instituciones que conforman el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres.

Se fortaleció los sistemas Regional y locales de Prevención y Atención de Desastres con énfasis en el trabajo comunitario.

En el proceso se involucraron todas las instituciones y entidades que conforman el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres a nivel nacional, regional y local, así como la participación activa de la comunidad que habita la zona volcánica de mayor riesgo. Adicionalmente se contó con el apoyo de algunas organizaciones internacionales vinculadas con los programas de asistencia internacional de las Naciones Unidas.

En términos del manejo del fenómeno volcánico, es el Servicio Geológico Colombiano quien tiene la designación en Colombia del manejo de los volcanes en términos del conocimiento de sus amenazas y el monitoreo de su actividad. Particularmente para Galeras este proceso se realiza a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.

Se resalta la excelente interacción entre las diferentes instituciones que conforman la comisión operativa (cruz roja, defensa civil, bomberos, policía nacional y salud) especialmente en la fase de implementación del plan.

## Resultados

### *Resultados, Impactos y Sostenibilidad*

Ya que el punto de partida en este proceso de gestión integral del riesgo se considera debe ser el conocimiento del fenómeno, el SGC retomó un proceso de capacitación a las autoridades y comunidad de la región con el propósito de explicar las diferentes amenazas del volcán Galeras, el estado de actividad actual y los sistemas de monitoreo volcánico. Si bien un mapa de amenazas no establece la relación volcán – comunidad, permitió establecer la base para la construcción colectiva del proceso.

Teniendo en cuenta que los objetivos del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres giran en torno a garantizar la seguridad de la población frente a fenómenos naturales o antrópicos (no intencionales), el trabajo se desarrolló con alta participación comunitaria, a través de cinco componentes básicos que establece la fase de preparativos de emergencia y que incluye: capacitación comunitaria, comunicaciones, sistemas de alerta y alarmas, rutas de evacuación y alojamientos temporales; por otra parte la implementación de protocolos para poner en marcha el plan de evacuación y respuesta

Sin duda la mayor dificultad ha sido el lograr acercarse a las comunidades para que se entienda el fenómeno volcánico, en una zona geográfica que ha aprendido a convivir con el riesgo a diario y donde la prevención es considerada la amenaza y la mayor vulnerabilidad es la cultural.

El reto ha sido aumentar en la comunidad los niveles de percepción del riesgo, en contravía de mitos como lo es una fe marcada en la virgen del Rosario a quien encomiendan la protección de sus vidas sin tener en cuenta el conocimiento científico.

La experiencia ha logrado consolidar en la región y en el país una política de gestión integral del riesgo responsable y acorde con desafíos de la dinámica mundial en reducción del riesgo y objetivos del milenio.

Cerca de 8.000 personas capacitadas en manejo del riesgo volcánico, declaratoria de desastre con enfoque preventivo, aprobación de un documento CONPES 3501 (lineamientos de política de gestión integral del riesgo) para iniciar el reasentamiento de las comunidades comprometidas, 65% de evacuación preventiva a los albergues temporales, simulacro de evacuación con movilización del 60%, aproximadamente 4.000 personas de la población en alto riesgo, son algunos de los impactos y resultados alcanzados en esta experiencia.

### *Elementos innovadores en la experiencia*

La capacitación comunitaria permitió a la comunidad acercarse al científico y viceversa, realizando trabajos de campo, visitas al OVSP visitando los albergues temporales.

Por otra parte se realizó el intercambio de experiencias en riesgo volcánico con el volcán Tungurahua en Ecuador tanto con el acompañamiento del Padre Jaime Álvarez a los albergues compartiendo la experiencia, como la visita de campo al volcán Tungurahua del Ecuador con 100 líderes comunitarios.

La transmisión de la información técnica a las autoridades referente a la evolución de la actividad del volcán, se realiza a través de los niveles de actividad volcánica que facilitan el entendimiento para la toma de decisiones.

### Conclusiones

- Primera declaratoria de desastres en el país sin que esta se haya presentado, con el objeto de acometer medidas de reducción del riesgo como el reasentamiento y no esperar a que ocurran hechos que lamentar como históricamente se han enfrentado en el país. Esta declaratoria ha sido recibida por la comunidad negativamente y la que más perjuicios ha causado a la zona de mayor riesgo. Un mejor entendimiento del fenómeno volcánico por parte de autoridades, instituciones y comunidad es requerido.
- La indiferencia de las autoridades locales en el periodo 2008-2011 frente a la gestión del riesgo volcánico de Galeras reflejada en una débil aplicación de planes de contingencia, poca difusión e información a las comunidades para la evacuación y escaso avance en ordenamiento territorial. En este sentido se tienen cuatro años donde aún no se definen zonas de expansión que permitirían en el mediano plazo un proceso de reasentamiento; igualmente se siguen incrementando el desarrollo poblacional hacia las laderas del volcán incrementando las condiciones de vulnerabilidad y por ende de riesgo.
- Manejo de evacuaciones prolongadas.
- Articulación efectiva de instituciones que hacen parte del plan de contingencia.
- Dificultad para encontrar el equilibrio entre el entendimiento comunitario y el conocimiento científico.
- Presiones políticas de las autoridades para interactuar con comunidades vulnerables.

- Fomentar la evacuación a través de los incentivos económicos desvió el interés primordial de salvaguardar la vida.
- Involucrar a la comunidad, particularmente en cuanto tiene que ver con la elaboración, aplicación y seguimiento de un manual de convivencia dentro de los albergues temporales, como un proceso liderado por las entidades locales de socorro del SNPAD.
- Implementar un plan de contingencia sobre la marcha “crisis volcánicas”.
- La comunidad afrontó la emergencia sin contar con una adecuada organización comunitaria, impidiendo la concertación y socialización del tema. Esto conllevó a marchas y protestas que generaron un desgaste institucional.

### Referencias

- CALVACHE M. AND WILLIAMS S., 1991. Los últimos 4500 años del Volcán Galeras, Nariño, Colombia. Memorias de el Simposio sobre magmatismo andino y su marco tectónico, Tomo II. Manizales, pp. 23-37.
- CREPAD, 2008. Plan Departamental de Contingencia por erupción del Volcán Galeras.
- ESPINOSA, A., 1988. Actividad del Volcán Galeras en épocas históricas. INGEOMINAS publicación interna, 85 p.
- [HTTP://WWW.INGEOMINAS.GOV.CO/PASTO.ASPX](http://www.ingeminas.gov.co/pasto.aspx)
- SIGURDSSON, H., 2000. Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press, an imprint of Elsevier. USA, pp. 945 – 956.

[63]

## El riesgo de tsunami en localidades costeras de centro sur de Chile: el caso de caleta Tubul-Raqui

Carolina Martínez\*, Octavio Rojas\*\*, Jorge Quezada\*\*\*, Arturo Belmonte†

Proyecto FONDECYT N° 11100379

### Resumen

LA REGIÓN DEL Biobío presenta una importante recurrencia histórica de sismos tsunamigénicos que han generado graves efectos territoriales en la costa. El último terremoto Mw=8,8 del 27/F de 2010 y el posterior tsunami modificaron violentamente la geomorfología costera de la región, con efectos registrados a lo largo de 600 km, generándose a su vez un tsunami transpacífico. En el contexto de una investigación interdisciplinaria orientada a evaluar las áreas de riesgo por tsunami en localidades costeras de la Región del Biobío, se presentan los primeros resultados sobre el estudio de riesgo por tsunami en la localidad de Tubul-Raqui, comuna de Arauco, Región del Biobío (37°13'S- 73°26'W).

Esta localidad forma parte de un sistema interconectado de cuencas costeras, que presenta un humedal de unas 2200 has (pastizal salino) valorado por su diversidad biológica. La zona estuarina sirvió hasta el momento del tsunami como caleta de pescadores y productores de la alga gracilaria (pelillo). Tanto el humedal como el asentamiento fueron arrasados por el tsunami registrándose un proceso de alzamiento de

\* Depto. de Geografía, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía. Correo electrónico: carolmartinez@udec.cl

\*\* Depto. de Geografía, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Becario CONICYT-2011 Doctorado en Cs. Ambientales, Centro EULA, U. de Concepción. Correo electrónico: ocrojas@udec.cl

\*\*\* Depto. Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción,

† Depto. de Geofísica, Facultad de Físicas y Matemáticas, Universidad de Concepción, Víctor Lamas N° 1290, Barrio Universitario s/n, Concepción, Chile. Casilla 160-C



1,4 m que alteró el nivel de base del río principal. Mediante levantamientos topográficos y batimétricos de dos períodos comparativo (2008 y 2010), fueron comparados los cambios morfológicos en el sistema costero. Los cambios socioeconómicos y de percepción de seguridad fueron estimados mediante la aplicación de una encuesta aplicada a los jefes de hogares residentes en las aldeas provisorias, para tal efecto el nivel de confianza se fijó en un 95%, precisión del 5% y una proporción del 90%, esta última estimada a partir de datos del Ministerio de Planificación chileno.

Los efectos del alzamiento en el fondo marino de Tubul variaron entre -0,1 y -1,1m en sectores cercanos a la desembocadura y la zona marina adyacente. Otros cambios morfológicos importantes se verificaron en la emersión de la plataforma de abrasión marina de Punta Tubul, formación de playas de bolsillo y cambios de morfología estuarial con transiciones rápidas de playa-lago.

Entre los cambios socioeconómicos más importantes detectados destaca una disminución de personas que desarrollan alguna actividad remunerada en el hogar, pasando desde 1,45 a 0,90 personas ocupadas. Por otra parte los impactos en la disminución de ingresos superan en promedio el 25%. Los cambios implicaron un deterioro de la calidad y del nivel de vida de la población residente.

**Palabras clave:** riesgo natural, tsunami, catástrofe, gestión del riesgo

**Keywords:** natural risk, tsunami, catastrophe, risk management

## Introducción

LOS TSUNAMIS SON uno de los fenómenos naturales que más consecuencias negativas generan en la población expuesta, debido a su rápido desarrollo y amplia superficie afectada. Debido a su localización geográfica y contexto tectónico, Chile se caracteriza por presentar una alta recurrencia histórica de sismos tsunamigénicos siendo relevantes los eventos de 1960 y 2010. Este último, que afectó especialmente a la costa centro sur de Chile, costó la vida a 500 personas, donde aproximadamente la mitad de éstas muertes fueron provocadas por el tsunami. Con 800 mil damnificados, el tsunami generó daños en infraestructura equivalentes al 17% del Producto Interno Bruto. Fue percibido con olas de 1,79 m en la Polinesia Francesa, 1,5 m en Japón y 1,0 m en Hawaii. En Chile, el tsunami generó olas de 30 m en Tirúa e isla Mocha y entre 3 a 10 m en diferentes localidades de la costa de Chile central. Fue percibido también en la región insular, provocando destrucción en la bahía Cumberland del archipiélago Juan Fernández con olas de 15 m que ingresaron hasta unos 300 m al interior destruyendo el poblado de Juan Bautista donde murieron 25 personas.

La amplia destrucción provocada por este tsunami, se explica por la fuerte concentración de la población en las áreas costeras de Chile central. Los lugares más devastados se relacionan con importantes centros urbanos como lo

es la Región del Bio-Bío, tercer conglomerado urbano del país con una población que constituye el 12,3% del total nacional (unos 1.851.562 habitantes) y de la cual el 82% es urbano, con funciones económicas importantes que se vieron interrumpidas por los efectos de este evento. Algunas de estas comunas costeras contaban con cartas de peligrosidad por tsunamis, sin embargo la mayoría carece de estudios de riesgo por tsunami incorporados a los instrumentos de Planificación Territorial debido a que no se ha incluido la componente de vulnerabilidad bajo un enfoque socio-cultural. Dado que se sabe que los factores culturales, perceptuales y sociales generan diferencias en el grado de reacción ante el peligro y a su vez en la conciencia del riesgo, se hace prioritario evaluar esta componente en las localidades costeras potencialmente afectadas por eventos de tsunamis, que eviten a través de mecanismos de gestión (para evitar mediante mecanismos de gestión), costos humanos y materiales tan elevados.

En esta contribución se presentan los resultados obtenidos a la fecha de una investigación en desarrollo orientada a evaluar el riesgo por tsunami en localidades costeras de la Región del Biobío, considerando como caso de estudio la localidad de Tubul, una de las más afectadas por el tsunami del 27 de Febrero de 2010. En este caso, se presentan los resultados obtenidos tanto para la caracterización de los cambios geomorfológicos que apoyarán el estudio de la amenaza como los cambios socioeconómicos y perceptuales que apoyarán el análisis de vulnerabilidad.

## Métodos ó Desarrollo experimental

### *Área de estudio*

La localidad de Tubul (37°S), se inserta en un sistema interconectado de cuencas costeras que drenan al Golfo de Arauco, a través de los ríos Tubul y Raqui (Figura 1). Cuenta con una superficie de 270 km<sup>2</sup>, donde la cuenca del río Tubul corresponde a 98 km<sup>2</sup>. El río Tubul presenta unos 18 km en su recorrido hacia el mar donde confluye con el río Raqui. Ambos forman un sistema estuarial que se caracteriza por un amplio humedal desarrollado sobre una llanura de inundación fluvio-marina, sobre la cual se ha emplazado una marisma salobre influenciada por la marea de régimen mixto con desigualdad diurna y de tipo micromareal. Las llanuras anegadizas hacia el interior, con menor influencia de la marea, condicionan amplias zonas de praderas. El área está constituida por depósitos sedimentarios de edad Terciaria, con terrazas marinas de hasta 300 m, la mayoría muy afectadas por erosión. La influencia del tectonismo de bloques y ciclos marinos es un factor relevante en la evolución de la costa de la región. El clima es de tipo mediterráneo de influencia oceánica con estación

seca prolongada y lluvias concentradas en la estación invernal (Devynck, 1970).

Desde el punto de vista administrativo, el área pertenece a la comuna y provincia de Arauco, en la Región del Bio-Bío. En general esta provincia se caracteriza por un bajo Índice de Desarrollo Humano en comparación a nivel nacional (0.704 según MIDEPLAN, 2003) y un alto nivel de pobreza (11.69% según MIDEPLAN, 2006). La comuna de Arauco posee una superficie de 956 Km<sup>2</sup> y registra una población de 34.000 habitantes, donde el 70% de esta es urbana (INE, 2002). La localidad de Tubul registra solo población rural con unos 2200 habitantes (INE, 2002) concentrados principalmente en la caleta de pescadores localizada en la ribera del río Tubul. Hasta antes del tsunami del 27/F de 2010, la localidad tenía como principal actividad económica (iniciada en los años '60), la extracción del alga gracilaria o "pelillo" cuya cosecha llegó a generar 2000 toneladas al año que se comercializan para exportación (Vásquez, 2009). El tsunami de 2010 destruyó esta actividad y en la actualidad se realizan experimentos a nivel universitario para recuperar su cultivo. La caleta ha debido reorganizarse en torno a la pesca artesanal principalmente de moluscos.

### Procedimientos

Inmediatamente posterior al tsunami de 2010, se efectuaron trabajos de terreno con el propósito de efectuar observaciones geomorfológicas, determinar alturas de ola y las superficies inundadas. Se efectuaron levantamientos topográficos para analizar las variaciones verticales del terreno mediante GPS doble frecuencia. Durante 2010 y 2011 se efectuaron apoyos geodésicos para reconstruir la red geodésica local mediante la generación de vértices y mediciones de mareas tanto el sector oceánico como al interior del río Tubul. Se instalaron dos sensores de presión en el sector oceánico y al interior del río Tubul. Esto permitió contar con niveles de referencia locales (NRS) para referir las nuevas topografías y batimetrías (Figura 2). Estas últimas fueron obtenidas mediante ecosonda Garmin instalado a bordo de un bote pesquero y se compararon para los años 2008 y 2010, obteniéndose así las variaciones verticales asociadas al terremoto de subducción.

Para el establecimiento de los cambios socioeconómicos generados por el tsunami se realizó una encuesta a la población damnificada residente en aldeas provisionales levantadas inmediatamente después del tsunami. La población fue definida por los jefes de hogares residentes en las aldeas de las localidades de Tubul y Llico. El tamaño muestral se determinó según los siguientes factores: amplitud de universo (280 jefes de hogares); nivel de confianza 95%; precisión (5%) y una proporción del 90%, ésta última estimada a partir de los datos del Ministerio de Planificación chileno. Aplicada la fórmula para poblaciones

finitas, se obtuvo un tamaño muestral de 93 sujetos, por razones de pérdidas o rechazo se aplicaron finalmente 131 encuestas en forma aleatoria simple. El análisis de los datos se realizó en el software InfoStat (Di Rienzo et al., versión 2011).

El instrumento estuvo compuesto de preguntas abiertas y cerradas, aplicadas en forma directa al sujeto por medio de un encuestador entrenado. La encuesta fue dividida en 7 módulos: información del área y del encuestado, comparación socioeconómica pre y post tsunami, problemas ambientales, percepción de seguridad, desempeño de autoridades y reconstrucción.

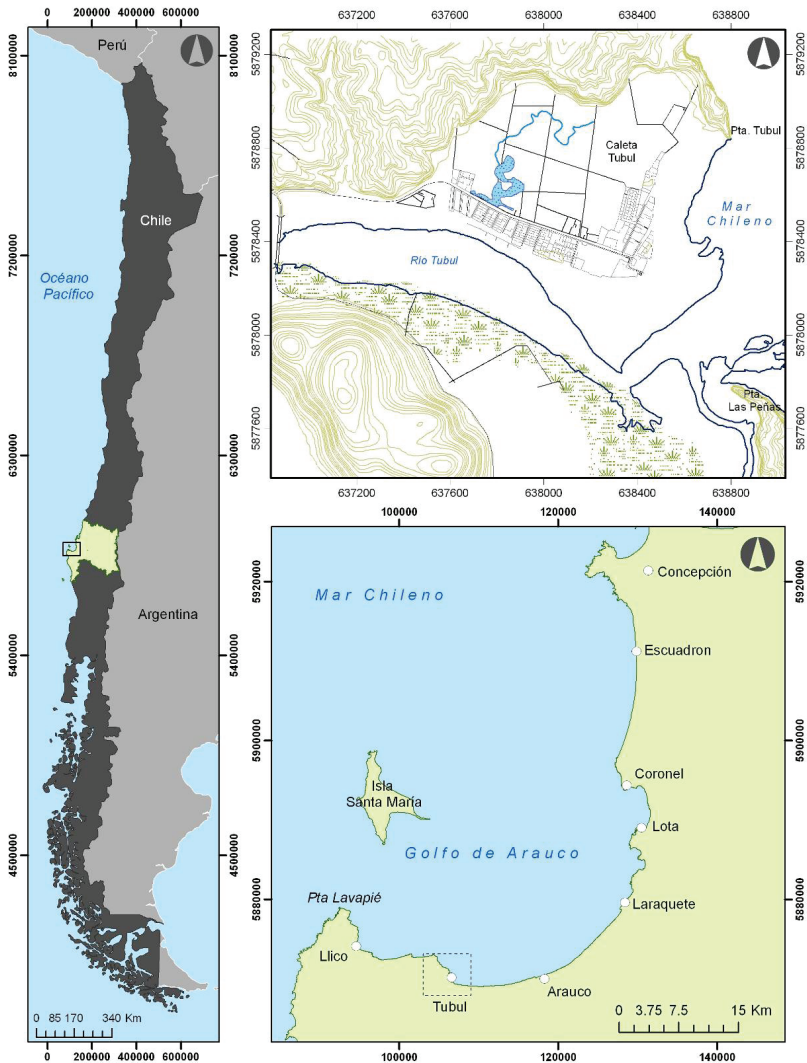


Figura 1. Contexto geográfico del área de estudio

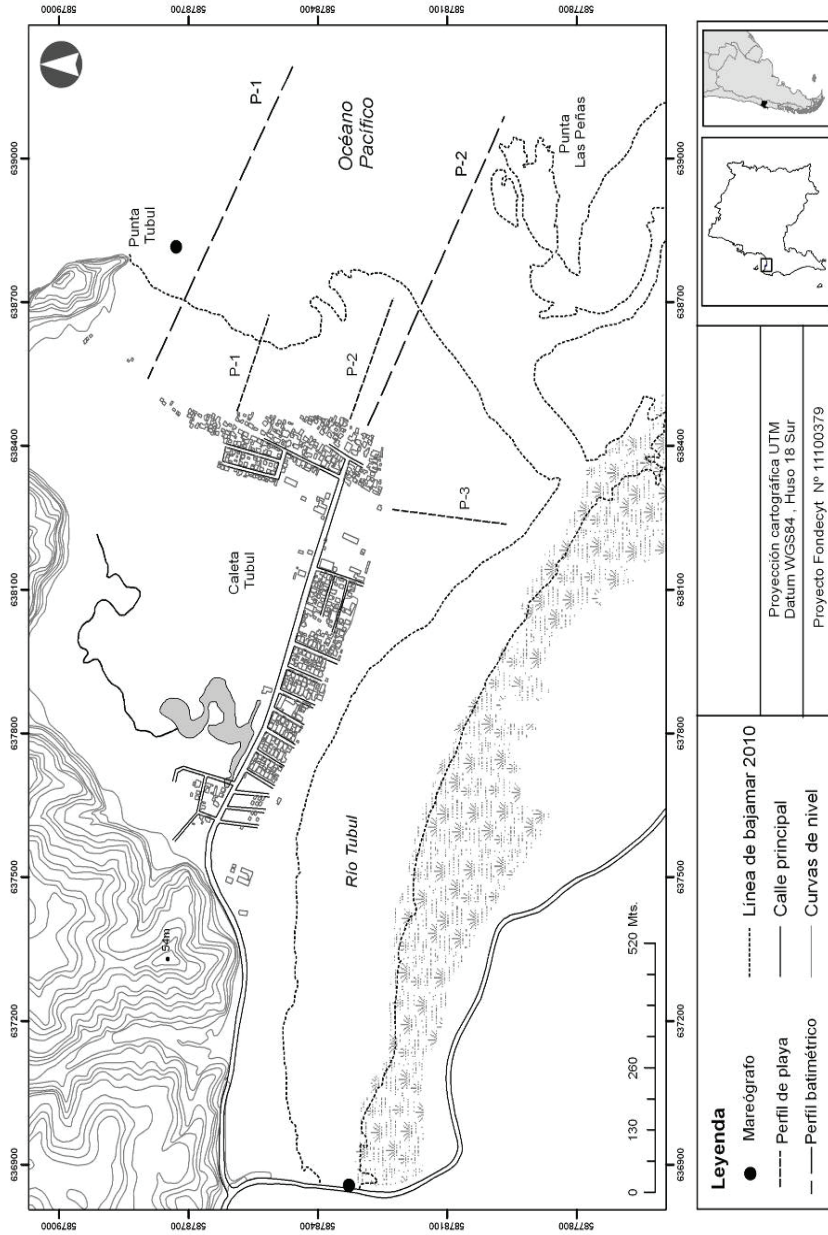


Figura 2. Localización de sensores de presión y perfiles topobatemétricos en caleta Tubul, Región del Bio-Bío, Chile

## Resultados

### *Variaciones verticales del terreno y efectos del sismo-tsunami del 27/F de 2010*

El tsunami asociado al terremoto se introdujo al interior de la caleta Tubul hasta 1,5 km favorecido por el río Tubul, un río somero. Alcanzó un run-up de 12 m y generó una superficie inundada de 1,7 Km<sup>2</sup> (Figura 3). El alzamiento costero amplió el litoral arenoso en 100 m generando una nueva playa en la ribera.

De acuerdo a las observaciones realizadas por los autores (Quezada et al., 2010), el terremoto Mw=8,8 del 27 de febrero de 2010, tuvo dos segmentos de ruptura de unos 300 km de largo por lo tanto se generaron tsunamis asociados a ambos segmentos. La tercera ola de tsunami registrada fue la más destructora y fue generada en el segmento norte de ruptura entre Constitución y Pichilemu, donde el litoral se hundió aproximadamente medio metro y toda la zona de alzamiento se localizó bajo el mar generando un tsunami mayor, por el contrario, el tsunami generado por el segmento sur de la ruptura entre el río Itata y Tirúa fue menor debido a que el litoral se encuentra más cerca de la fosa y la zona de alzamiento afectó al borde del continente (2 m en la península de Arauco e Isla Santa María) restándole área de alzamiento al mar e inhibiendo un tsunami mayor.

El río Tubul registró después del evento sísmico, una profundidad máxima de -4 m. Las variaciones pre y post-sísmicas en el área marina de Tubul establecieron una diferencia de 1,2 m (Figuras 4 y 5).

Los principales efectos sobre la geomorfología del lugar se asociaron a la emersión de la plataforma de abrasión marina de Punta Tubul, destrucción del humedal y pérdida de funciones ecológicas, cambio en el nivel de base del río Tubul, movimientos en masa en acantilados.

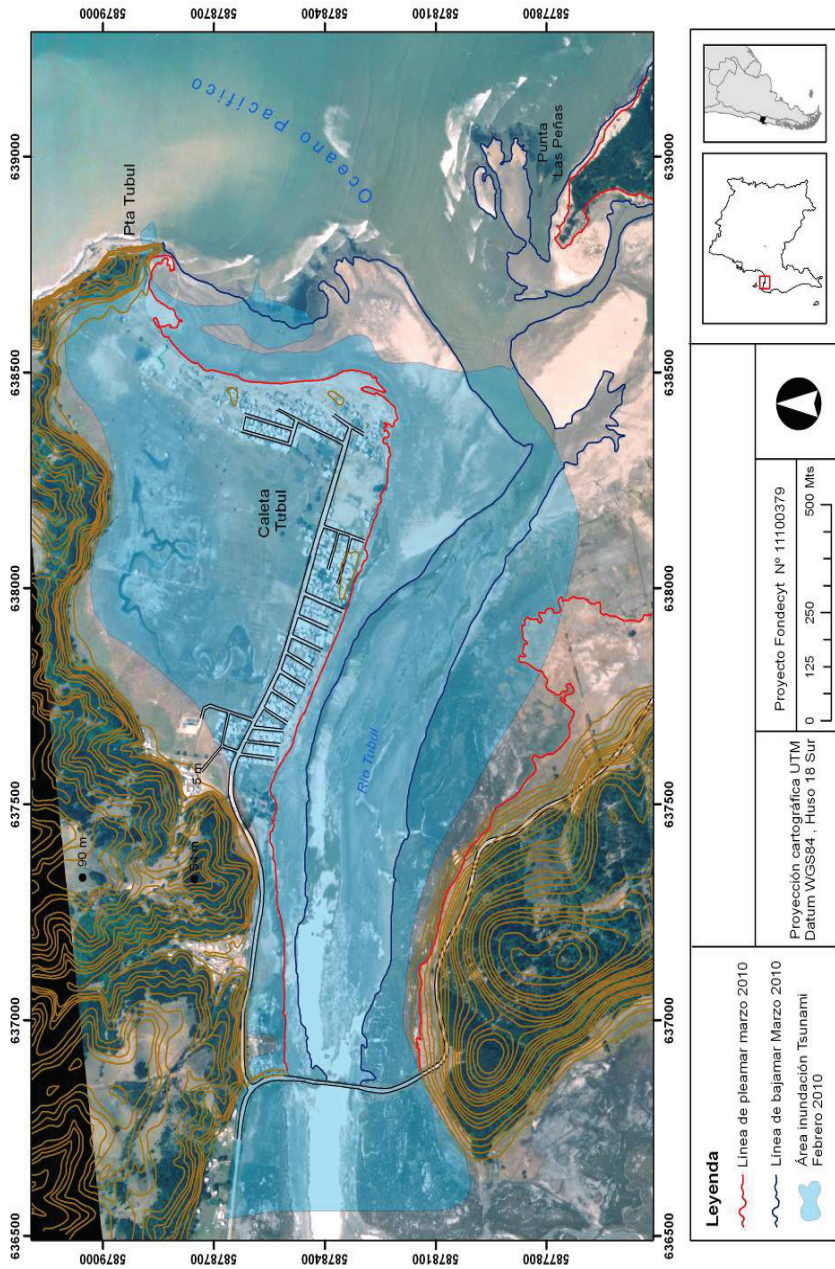


Figura 3. Área de inundación, tsunami del 27/F de 2010 en caleta Tubul, Región del Biobío, Chile

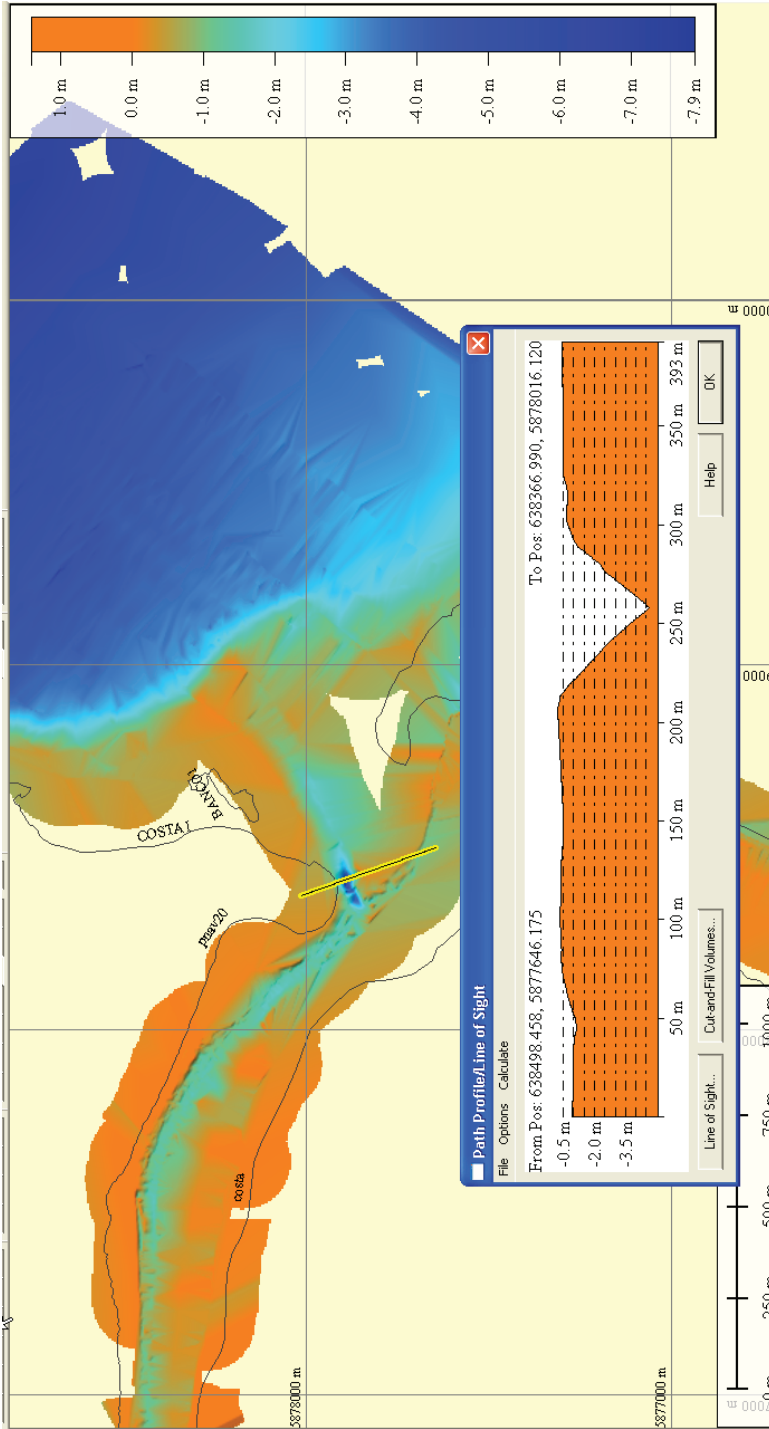


Figura 4. Batimetría año 2008 sector marino adyacente a caleta Tubul, Región del Bio-bío, Chile



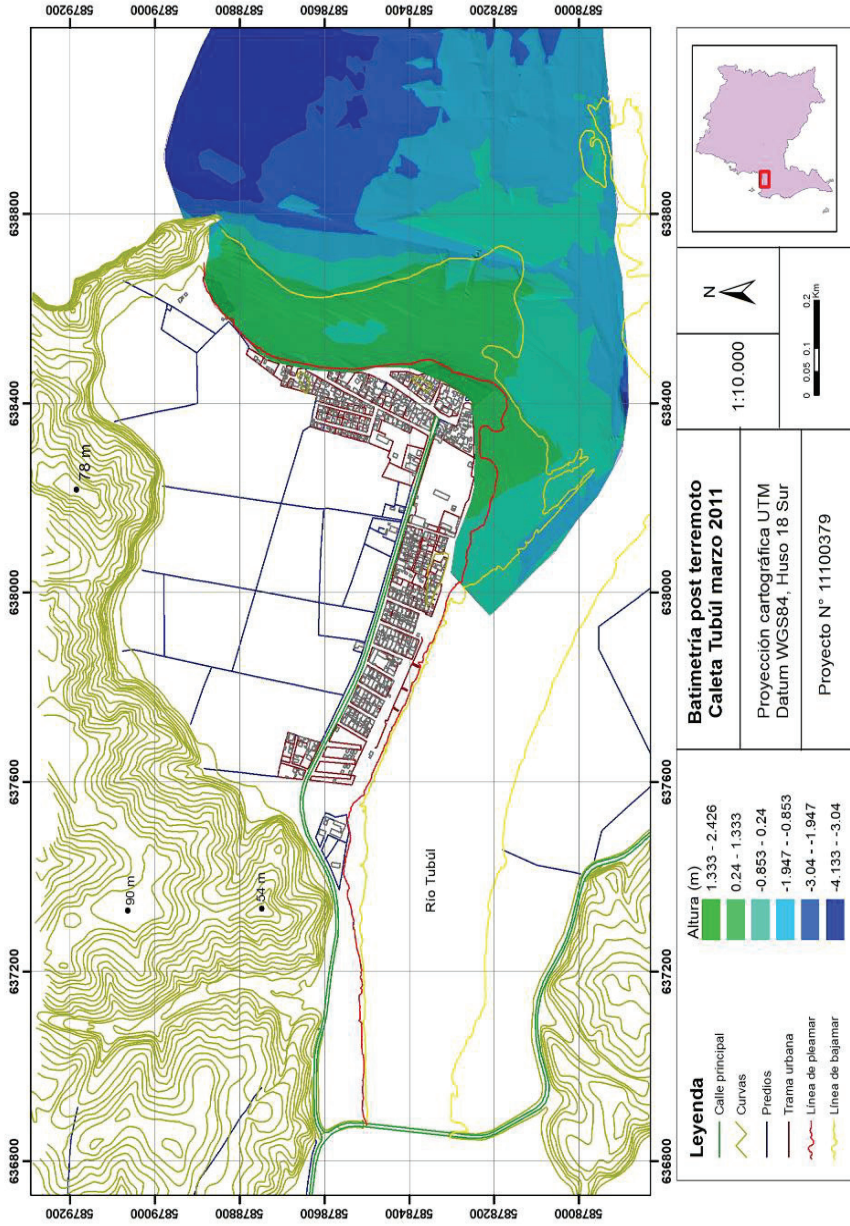
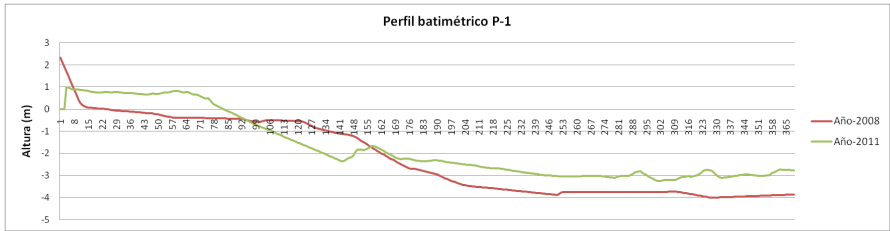
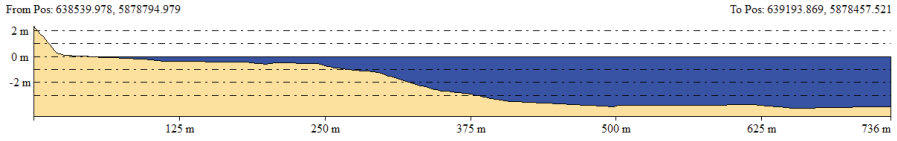


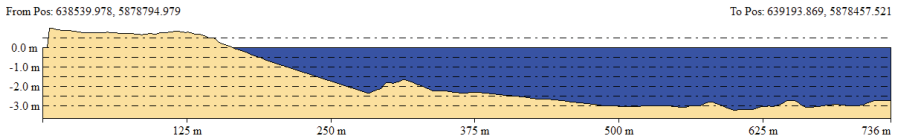
Figura 4. Batimetría año 2010 sector marino adyacente a caleta Tubul, Región del Bio-bío, Chile



Año 2008

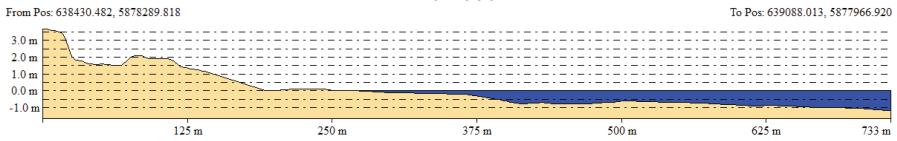


Año 2011



Falta gráfica aquí

Año 2008



Año 2011

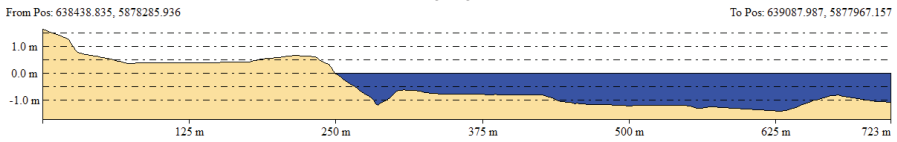


Figura 5. Perfiles batimétricos comparativos pre y post terremoto 27/F de 2010, sector marino adyacente a caleta Tubul, Chile centro-sur

### Factores de la vulnerabilidad

Del total de encuestados, un 13% correspondió a la localidad de Llico y un 87% a la localidad de Tubul. El nivel educacional de la población es bajo, no existiendo diferencias significativas entre hombres y mujeres ( $p=0,549$ ) (Figura 6). Los bajos ingresos se reflejan en la actividad económica predominante, que en ambos casos corresponde al sector primario relacionado con la extracción de productos del mar. El segundo sector corresponde al terciario (servicio) vinculado con pequeños comercios minoristas. No existe en el lugar población ocupada en el sector secundario (transformación e industrias). Se encontró diferencia significativa entre las actividades laborales que realizan hombres y mujeres por sectores socioeconómicos ( $p<0,0001$ ) (Tabla 1).

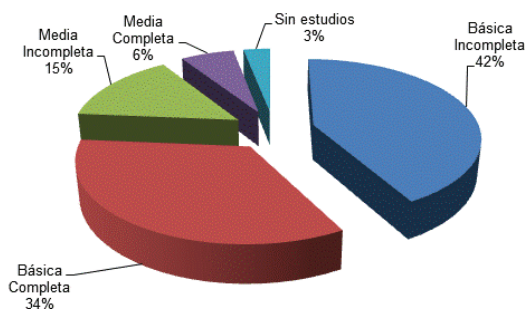


Figura 6. Nivel de estudios de la población

Tabla 1. Actividad laboral pre y post tsunami por sexo

Act. Laboral-Pre	Mujeres	Hombres	Act. Laboral - Post	Mujeres	Hombres
Primario	48%	90%	Primario	31%	88%
Terciario	32%	6%	Terciario	21%	1%
Pasiva	19%	4%	Pasiva	18%	7%
			Cesante	31%	3%

Se detectó una disminución de las personas que realizan alguna actividad remunerada, pasando de 1,52 a 1,03 personas que trabajan por hogar, el principal efecto deriva en una disminución del 37% en el ingreso autónomo de los hogares. Los ingresos por subsidios en general registraron un aumento del 16,6%. Considerando las variaciones de ambos ingresos, en general se registró una disminución del 20,6% en el ingreso monetario. La disminución puede ser explicada principalmente por el incremento de la cesantía de las mujeres que se desempeñaban en la extracción del alga Gracilaria.

La instalación de la población en estas aldeas provisorias ha significado el incremento de una serie de problemas ambientales, que se prolongan hasta el día de hoy, estos no difieren significativamente entre hombres y mujeres. Los principales problemas se derivan de la presencia y aumento de vectores, que se relaciona directamente con la disposición de residuos sólidos y líquidos que son vertidos al río Tubul, además de problemas de inundaciones, anegamientos y los propios relacionados con la materialidad de la vivienda y el hacinamiento.

En relación a la percepción y reconstrucción, los resultados obtenidos fueron independientes del sexo. El porcentaje de inseguridad de la población ante desastre se sitúa en torno al 60,3%, lo que refleja en que un 87% evacuará por sí mismo ante un evento de la misma naturaleza, no esperando el aviso de los organismos de emergencia. Al respecto el 60% de la población estima que las medidas tomadas para reformar los organismos que fallaron no son de utilidad, por lo tanto se podría esperar que las falencias se pudieran repetir.

Sólo un 23% de la población volvería a su lugar de residencia antiguo si tuviera la posibilidad de hacerlo. Del 77% que no regresaría cerca del mar, un 85% aceptaría ser trasladado a un lugar más lejano, siempre y cuando se otorguen las condiciones de transporte adecuadas para el desplazamiento laboral al sector costero. Sin embargo, sólo un 56,8% de la población se encuentra informada sobre el proceso de reconstrucción y de este porcentaje un 56% ha participado en la decisiones tomadas. En general la reconstrucción es evaluada como lenta y muy lenta por un 25,2% y 63,4% respectivamente.

La evaluación que se realiza de la respuesta del gobierno ante la catástrofe es negativa, situación contraria a lo que ocurre con las organizaciones no gubernamentales, que presentan una evaluación positiva. Los avances del proceso de reconstrucción son calificados con nota baja, debido principalmente a la lentitud del proceso. Las evaluaciones no son significativamente diferentes entre sexos.

*Tabla 2.* Calificación otorgada por la población a ONG, Gobierno y avances en reconstrucción. D.E: Desviación estándar

Variable	Femenino		Masculino	
	Media	D.E	Media	D.E
Respuesta ONG	5.6	1.9	5.9	1.6
Respuesta Gobierno	2.2	1.6	2.6	1.7
Avances de reconstrucción	2.6	1.7	2.7	1.7

### Consideraciones finales

La localidad de Tubul es un área especialmente susceptible a los efectos de eventos de tsunamis debido a su localización geográfica y características topo-bati-métricas someras del área oceánica adyacente y de los ríos que conforman la cuenca hidrográfica que la contiene. El terremoto de 2010 generó una nueva realidad geográfica en el área provocando un alzamiento costero de 1,4 m que afectó a la zona litoral y al sector oceánico adyacente. Las plataformas de abrasión marina de los acantilados del área fueron emergidas generándose una playa que actualmente tiene 100 m.

La población de la caleta de pescadores se localizaba en situación pre-terremoto, dentro de la zona intermareal por lo cual los efectos del tsunami fueron altamente destructivos. Actualmente la zona intermareal es mayor debido al alzamiento costero, sin embargo en caso de eventuales tsunamis ocurriendo en mareas vivas, la susceptibilidad es mayor.

Los cambios socioeconómicos han sido negativos para la población residente, detectándose un deterioro de la calidad y del nivel de vida en la etapa post-catástrofe, que se ha agudizado con el lento proceso de reconstrucción que en general ha afectado a toda la zona costera dañada por el tsunami. Los resultados encontrados son concordantes con estudios previos sobre efectos de desastres sobre la población, en relación al deterioro de la calidad de vida (Arman et al., 2010; Djordjevic et al., 2011), aumento de enfermedades (Tapsell et al., 2002) y deterioro generalizado de la infraestructura (Arman et al., 2010; Guame et al., 2009; Bird et al., 2007).

### Referencias

- ARMAN, H., YUKSEL, I., SALTABAS, L., GOKTEPE, F., AND SANDALCI, M. Overview of flooding damages and its destructions: a case study of Zonguldak-Bartın basin in Turkey. *Natural Science*. 4 (2), 409-417, 2010.
- BIRD, M., COWIE, S., HAWKES, A., HORTON, B., MACGREGOR, C., ONG, J.E., TAN, A.S.H., TEH, T.S. & Y. ZULFIGAR. Indian Ocean tsunami environmental and socioeconomic impacts in Langkawi, Malaysia. *The Geographical Journal*. Vol. 173, No. 2, pp. 103-117, 2007.
- DEVYNCK, J. Contribución al estudio de la circulación atmosférica en Chile y el clima de la región del BioBío. Memoria de Título (Inédito), Universidad de Concepción, Departamento de Geofísica, 1970.
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

- DJORDJEVIC, S., BUTLER, D., GOURBESVILLE, P., MARK, O., AND PASCHE, E. New policies to deal with climate change and other drivers impacting on resilience to flooding in urban areas: the CORFU approach. *Environmental Science & Policy*, 14, 864-873, 2011.
- GAUME, E., BAIN, V., BERNARDARA, P., NEWINGER, O., BARBUC, M., BATEMAN, A., BLAŠKOVIC, L., BLOSCHL, G., BORGA, M., DUMITRESCU, A., DALIAKOPOULOS, I., GARCIA, J., IRIMESCU, A., KOHNOVA, S., KOUTROULIS, A., MARCHI, L., MATREATA, S., MEDINA, V., PRECISO, E., SEMPERE-TORRES, D., STANCALIE, G., SZOLGAY, J., TSANIS, I., VELASCOM, D., AND VIGLIONE, A. A compilation of data on European flash floods. *Journal of Hydrology*, 367, 70-78, 2009.
- MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y COOPERACIÓN (MIDEPLAN). Encuesta de Caracterización Socio-Económica Nacional (CASEN) 2003 y 2006. Santiago, Chile. 2002.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (MINVU). Estado de la Planificación Urbana en Chile. División de Desarrollo Urbano. Chile. 2009.
- QUEZADA, J.; JAQUE, E.; BELMONTE, A.; FERNÁNDEZ, A.; VÁSQUEZ, D. Y C. MARTÍNEZ. Movimientos cosísmicos verticales y cambios geomorfológicos generados durante el terremoto Mw=8,8 del 27 de Febrero de 2010 en el centro-sur de Chile. *Revista Geográfica del Sur*, vol. 1 N° 2, pp. 11-45. 2009.
- TAPSELL, S.M., PENNING-ROUSELL, E.C., TUNSTALL, S.M., WILSON, T.L. Vulnerability to flooding: health and social dimensions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A* 360, 1511-152, 2002.
- VÁSQUEZ, D. 2009. Delimitación y Zonificación de los Humedales Costeros de Lengua y Tubul-Raqui: Orientaciones para la Planificación Territorial de la Región del Bío-Bío. Tesis para optar al título de Geógrafo. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Universidad de Concepción, Chile.

[64]

## Prevención de desastres. Responsabilidad y papel de los escolares y adolescentes cubanos en los procesos de transformaciones medioambientales.

Armando Rodríguez Salvá, Blanca Terry Berro,  
Orestes Valdés Valdés, Carmen Terry Berro\*

### Resumen

SE PRESENTA LA experiencia de trabajo en la preparación de los escolares y adolescentes de la enseñanza primaria y secundaria en la temática de medio ambiente y la prevención de desastres con el objetivo de implementar acciones educativas para el fomento de una cultura de prevención en materia de gestión y manejo de riesgos en situaciones de emergencia. Se seleccionaron 3 escuelas primarias y 3 secundarias básicas de áreas de bajo y alto riesgo de inundaciones y penetraciones del mar. Los hallazgos encontrados demuestran la necesidad de capacitación de los escolares, adolescentes y sus profesores en los temas de educación ambiental y la prevención de riesgos de desastres. Están disponibles y en proceso de utilización cuatro materiales educativos dirigidos a estudiantes y profesores, que han sido incorporados al proceso docente de la provincia y está prevista su generalización a todo el país por interés del Ministerio de Educación. Las mayores fortalezas han sido el trabajo intersectorial desarrollado, la incorporación de las temáticas de los manuales en el proceso de educación de los estudiantes, su utilización en los círculos de interés y en concursos por el Día Mundial del Medio Ambiente. Sus contenidos han sido incorporados a los planes curriculares y extracurriculares en estos niveles de enseñanza. Las acciones educativas constituyen una herramienta indispensable en aras de incrementar la educación ambiental de un grupo tan vulnerable como los niños, niñas y adolescentes y se sustentan en la vol-

\* División de Epidemiología y Salud Pública. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. La Habana, Cuba

unidad política del Gobierno cubano y el trabajo intersectorial y dirigen sus esfuerzos a la búsqueda de soluciones para promover estilos de vida y economías con bajas emisiones de contaminantes, la mejora de la eficiencia energética, las fuentes alternativas de energía, la conservación de los bosques y el consumo sustentable.

**Palabras clave:** Educación ambiental, Prevención de desastres, Medio ambiente, Intersectorialidad.

### Introducción

LA POBREZA, LA explosión demográfica, la concentración de personas en las ciudades y los patrones insostenibles de producción y consumo, entre otras causas, han traído como consecuencia la sobreexplotación de los recursos naturales, el agotamiento de las fuentes de energía y la contaminación del medio ambiente producida por la generación y manejo inadecuado de cantidades crecientes de desechos de diversa naturaleza y origen. En Cuba, aunque en las últimas décadas se ha adquirido un mayor nivel de conciencia y compromiso de todos los actores sociales respecto a la conservación y protección del ambiente, persisten importantes problemas ambientales para cuya solución se deben aunar los esfuerzos de todos los miembros de la sociedad (Ministerio de Ciencia, tecnología y Medio Ambiente, 2007,2009) . Entre estos, los escolares y adolescentes constituyen un grupo de primera importancia, porque de su formación, valores y actitud en el presente, dependerá la calidad del medio ambiente que se legará a las futuras generaciones. (Terry B, 2010)

### Métodos

El trabajo se ha desarrollado en dos localidades de la provincia Pinar del Rio en la región occidental del país tomando en consideración la vulnerabilidad a los desastres debido a que el 50% de los huracanes pasan por esa localidad. Participaron 1243 escolares y 89 maestros de la enseñanza primaria, así como 1960 estudiantes de enseñanza secundaria y 145 profesores. Previo a la implementación de los manuales como herramientas de trabajo mediante la realización de talleres y la inserción de la dimensión ambiental en el proceso docente educativo, se realizó una evaluación del nivel de conocimientos en la población objeto lo que permitió elaborar un diagnóstico y la línea de base para identificar las necesidades de conocimientos y las principales áreas temáticas a incluir. La evaluación del conocimiento se realizó de forma integral tomando como referencia un nivel de respuestas satisfactorias por acápite superior al 85 % en cada caso.



## Resultados

Los resultados mostraron un nivel importante de desconocimiento sobre la temática ambiental y preparación de desastres en el grupo de escolares. El mayor porcentaje de respuestas satisfactorias se encontró en las temáticas relacionadas con la higiene del agua y los alimentos. En el grupo de adolescentes se encontró desconocimiento sobre la temática ambiental y su preparación en la protección y conservación del medio ambiente. El mayor porcentaje de respuestas satisfactorias se encontró en las temáticas relacionadas con el cambio climático y sus efectos sobre la salud y el medio ambiente.

Se implementaron cuatro manuales dirigidos a estudiantes y profesores, dos para cada enseñanza. Las principales temáticas abordadas en la educación del escolar fueron las relacionadas con el medio ambiente, la higiene del agua, el control de excretas y residuales líquidos, el control de desechos sólidos e la higiene de los alimentos. Se evidencia la inserción de las temáticas en los Círculos de Interés de la Defensa Civil con la participación de los educandos. Los contenidos han sido utilizados por los escolares y profesores en actividades prácticas con participación de la familia y los grupos comunitarios. Otras fortalezas alcanzadas fueron la introducción de los contenidos en las reuniones metodológicas y planes de clases de diversas asignaturas y la incorporación de la temática del medio ambiente en la dinámica escolar (Rodríguez A, 2007, 2010).

Para la preparación del personal docente, el material incluyó los temas relacionados con los problemas del medio ambiente a nivel mundial y en Cuba, el desarrollo sostenible y la educación ambiental, los principales riesgos de desastres naturales y su gestión y manejo, la educación ambiental y la importancia de la clase para contribuir al desarrollo sostenible entre otros. Esta herramienta brinda información y actividades con un carácter didáctico y metodológico a los maestros, profesores y dirigentes del sector educacional, así como o otros actores sociales, sobre el proceso de educación ambiental y prevención de desastres por lo que tiene también el propósito de contribuir a que el país alcance los compromisos contraídos, a favor del desarrollo sostenible, el mejoramiento de la calidad de vida y la formación de la cultura ambiental y el logro del Objetivo 7 de Desarrollo del Milenio (Lograr la sustentabilidad ambiental).

El material dirigido a la enseñanza secundaria aborda la temática del cambio climático, sus efectos sobre la salud y el medio ambiente, la relación del medio ambiente y la salud, el consumo, producción y problemas ambientales y los desastres naturales y los producidos por el ser humano.

Este material ha sido utilizado en el desarrollo de círculos de interés, en la realización del Concurso por el Día Mundial del Medio Ambiente y está siendo utilizado en el proceso docente educativo y formación de valores en las escuelas secundarias seleccionadas y convoca a propiciar y facilitar la acción consciente,

creativa y transformadora de los adolescentes en todos los procesos de planificación y desarrollo comunitario. Toma en consideración a los adolescentes no como damnificados, sino como actores; no como beneficiarios, sino como sujetos de transformación social. Además, les sirve como guía para actuar en su territorio al recoger recomendaciones directas para proteger su salud e integridad así como mensajes educativos a las personas adultas, maestros, líderes comunitarios y dirigentes locales (Terry B, 2010, 2011).

Estos manuales poseen una concepción teórica, práctica y de proyección para la intervención en los procesos de protección del medio ambiente y actuación ante las emergencias de posibles desastres, y que, fundamentalmente, se caracteriza por tener un carácter metodológico, didáctico e instructivo y educativo, pudiera contribuir en las escuelas y comunidades urbanas, semiurbanas, rurales y de montañas, entre otros ecosistemas, al desafío y reto mundial del desarrollo sostenible en este siglo XXI.

El manual que contiene la metodología para profesores, tanto de las vías formales como de las no formales, permite desarrollar con claridad los conocimientos que se ofrecen en el manual del estudiante, al aportar a los docentes de la educación secundaria un conjunto de contenidos y actividades basadas en el conocimiento científico disponible y que sirva como herramienta de apoyo en la implementación.

Los resultados demuestran que la escuela constituye uno de los principales escenarios donde se demanda la necesidad de desarrollar una adecuada educación ambiental con un enfoque intersectorial y participativo para educar integralmente a la nueva generación. Cualquier programa de educación ambiental debe considerar las características específicas del medio ambiente de cada región o localidad para lograr su mayor efectividad al potenciar el desarrollo de convicciones y comportamientos valiosos aprovechando las potencialidades que brinda el medio natural (Valdés 2007, 2008). La escuela, la familia y la comunidad han hecho suyos el proyecto y se han involucrado en el fomento de la educación ambiental.

### Conclusiones

La preparación de los escolares, los adolescentes y sus profesores en el tema de la salud ambiental en situaciones de emergencia permite un abordaje integral de la salud ambiental incluida la calidad del agua, aire, suelo y alimentos con el fomento de acciones dirigidas al logro de los objetivos dirigidos a la formación de una cultura de prevención ante desastres y mejor preparación para enfrentarlos.

Los manuales constituyen una herramienta indispensable en aras de incrementar la educación ambiental de un grupo tan vulnerable como los niños y

adolescentes. Las acciones educativas se sustentan en la voluntad política del Gobierno cubano y el trabajo intersectorial, lo que garantiza la prioridad a los grupos más vulnerables. Reconociendo que el cambio climático se está convirtiendo en la cuestión de definición de nuestra era, los Ministerios de Salud, de Educación y de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba dirigen sus esfuerzos a la búsqueda de soluciones para promover estilos de vida y economías con bajas emisiones de contaminantes, la mejora de la eficiencia energética, las fuentes alternativas de energía, la conservación de los bosques y el consumo sustentable.

La práctica demuestra que es necesario establecer sinergias entre proyectos que abordan temáticas similares independientemente del grupo de edad en que esté insertado lo que permite realizar acciones comunes de educación ambiental en escolares y adolescentes y los maestros y profesores de diferentes enseñanzas para lograr mejores resultados y dar mayor visibilidad al trabajo.

### Referencias

- MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE (2007): Estrategia Ambiental Nacional 2007 - 2010. La Habana.
- MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE (2009): Programa Nacional de Lucha Contra la Contaminación del Medio Ambiente 2008 - 2015. Editora Centenario S. A. Santo Domingo.
- RODRÍGUEZ, A., B. TERRY, H. MÁRQUEZ (2007): Disfrutemos aprendiendo. Manual de educación en salud ambiental para escolares de la enseñanza primaria. Editorial Gente Nueva - UNICEF.
- RODRÍGUEZ, A., B. TERRY, O. VALDÉS, I. QUINTANA (2010): La educación ambiental en la gestión y manejo del riesgo en situaciones de desastres. Para un mayor prevención desde las aulas en la enseñanza primaria y hacia las comunidades. Molinos Trade.
- TERRY, B., A. RODRÍGUEZ, C. TERRY (2010): Adolescentes por la protección y conservación del medio ambiente. Molinos Trade.
- TERRY, B., A. RODRÍGUEZ, VALDÉS O, RODRÍGUEZ L, QUINTANA I(2011): Adolescentes por la protección y conservación del medio ambiente. Metodología para educadores. Molinos Trade.
- VALDÉS, O. Y J.M. GARCÍA (2007): Educación, Protección Ambiental y Prevención de Desastres: Escuela, Familia y Comunidad. MINED, INRH. Ciudad de La Habana, Cuba. Febrero.
- VALDÉS O., A. LORENZO, E.L. AMADOR, R. FERNÁNDEZ, E. LINARES, P.J. RAMOS ET AL (2008): A prepararnos y protegernos: medio ambiente y desastres. Molinos Trade. Valdés O., E. Romero, M. Rodríguez, M. Hernández, E.L. Amador, P.J. Ramo et al (2009): Integración didáctico-metodológica de la educación ambiental y prevención de desastres en los proyectos curriculares de las escuelas para las comunidades adultas. Edición Educación Cubana, Ministerio de Educación.

[65]

## **Talleres de Intervención psicosocial y Apoyo Emocional en el lugar de trabajo, para 2000 trabajadores del sistema público de salud de los Servicios de Salud de Maule,Ñuble y Talcahuano afectados por el Terremoto y Tsunami del 27 de febrero de 2010**

Claudio Barrales

EL EQUIPO DE psicología en emergencias y desastres de la facultad de Psicología de la Universidad Central y la consultora CELAPSA apoyó psicológicamente a más de 2000 funcionarios de la salud de los servicios de salud de Ñuble, Maule y Talcahuano afectados por el terremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010. Este apoyo nace en respuesta a la convocatoria que realizó en marzo 2010 el Comité Nacional de Salud Mental en Emergencias y Desastres Ministerio de Salud del Gobierno de Chile. El apoyo psicológico consistió en la aplicación de 79 talleres a la población afectada por parte de un equipo de psicólogos en duplas reclutados, seleccionados y capacitados en las temáticas de Ventilación emocional, Criterios de sintomatologías y cuadros psicológicos derivados del estrés y psicopatológicos graves, Indicadores y Síntomas adaptativos y desadaptativos, Estrés y estrés postraumático, Criterios de derivación a especialista, Medidas de autocuidado individual, familiar, grupal y Trabajo en equipo. Los resultados muestran que se lograron los objetivos propuestos disminuyendo los niveles de ansiedad y normalizando a la población afectada. Se valora la importancia de la existencia necesaria de un alto grado de coherencia entre una adecuada base científica empírica, diagnóstico de necesidades, tipo de metodología interventiva y alta motivación de ayuda al prójimo a la hora de diseñar y aplicar programas de ayuda psicológica para poblaciones afectadas por emergencias y desastres. Finalmente se enfatiza el rol fundamental de la psicología en la investigación, prevención, intervención y mitigación de los problemas de salud mental de las poblaciones afectadas por situaciones de crisis, emergencias y desastres.

[66]

## Resiliencia, factores protectores y sobrevivencia; el caso de los 33 mineros atrapados y rescatados de la mina San José en Atacama, Chile

Claudio Barrales

LA EMERGENCIA DE los mineros atrapados y rescatados con vida de la Mina San José en la región de Atacama en Chile acaparó el interés mundial y es un excelente ejemplo de la importancia de la disciplina llamada psicología de la emergencia y de la puesta en práctica de las teorías psicológicas como la resiliencia en la sobrevivencia y posterior rescate de estos mineros.

El objetivo de esta investigación fue el demostrar la existencia en los relatos de los mineros, sus familias y los rescatistas la presencia de los factores protectores de la teoría de la resiliencia como variables importantes en la sobrevivencia y rescate de los 33 mineros atrapados por más de 69 días.

La metodología utilizada fue de tipo cualitativa con análisis de contenido de los opiniones discursos y relatos en los medios de comunicación ( tv, internet, periódicos ,radio) de los mineros ,sus familiares y los rescatistas durante los 3 meses que duro el rescate. Los resultados mostraron que en los diversos relatos de la experiencia de los mineros, sus familiares y los rescatistas se observa en su mayoría la presencia de los factores protectores tanto internos, como externos y comunitarios de la resiliencia tales como la fe, la templanza, la esperanza, la autoestima, el humor y optimismo, el trabajo en equipo, los vínculos y los liderazgos.

Por lo tanto se puede concluir que la resiliencia fue uno de los factores psicológicos fundamentales en el éxito del rescate con vida de los mineros y resalta la importancia de la psicología de la emergencia como disciplina que aporta al entendimiento de los factores psicológicos al intervenir durante una emergencia.

[67]

## El Sistema Crisis para Gestión de Riesgos y Emergencias

Alejandro Dante Acquesta, Erica Yanina Sanchez  
and Pablo Miguel Jacovkis

LAS SITUACIONES DE crisis o emergencia demandan la eficaz interacción entre múltiples organizaciones con culturas organizacionales muy distintas y bajo la presión del devenir de los acontecimientos. Además necesitan coordinar la utilización de los recursos materiales escasos con que cada una cuenta, administrar los insumos y provisiones que la sociedad entrega para los afectados y gestionar la acción de recursos humanos disponibles para dar respuesta a la situación intentando lograr la mayor sinergia posible. Resulta necesario en tales situaciones, gestionar y ponderar la información referente tanto a los aspectos mencionados como a la evolución del fenómeno de origen, teniendo en cuenta que la misma nunca es absolutamente oportuna, completa ni veraz. A tal efecto, para obtener respuestas eficientes a situaciones de emergencias, se requiere una estrecha coordinación y colaboración con otros sectores para garantizar que las necesidades sean atendidas, que no se dupliquen los esfuerzos, que se utilicen los recursos de manera óptima y que la calidad de los servicios de salud sea adecuada. Desde nuestra experiencia entendemos que un sistema capaz de coordinar a los actores y que represente eficazmente al fenómeno, pueden contribuir enormemente a la gestión en emergencias, a fin de alcanzar los objetivos mencionados en el párrafo anterior.

El Sistema Crisis es una herramienta informática, de aplicación web, diseñada y desarrollada para dar respuesta cooperativa a las situaciones de emergencia, ofreciendo robustez y flexibilidad en las comunicaciones, un uso más eficiente de los recursos, una organización dinámica acorde a la emergencia, el contacto directo entre todos los actores de la emergencia, una unificación de la carta de situación, el acceso a más y mejor información, y el contacto directo con los proveedores de la información.

Se desarrolla en el Departamento de Modelado y Manejo de Crisis (DMMC) del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) que forma parte del Ministerio de Defensa de la República Argentina. Este departamento trabaja desde el año 2003 en el desarrollo de herramientas informáticas confiables para

el manejo de emergencias a escala nacional. A lo largo de estos años DMMC ha participado en ejercicios bilaterales de manejo de emergencias con Chile, Bolivia y Perú, y en seminarios internacionales de tecnologías para manejo de crisis. Ha colaborado, también, en el seguimiento de la erupción del Volcán Chaitén, el siniestro a bordo del Rompehielos Irizar y las inundaciones en río Mamoré en Bolivia, y ha proporcionado también, apoyo al Ministerio de Salud de la Nación durante el alerta epidemiológico por influenza A (H1N1) utilizando el Sistema CRISIS como la primera red nacional de defensa para manejo de emergencias. Desde mayo de 2010, las fuerzas armadas utilizan el Sistema CRISIS como herramienta de coordinación para apoyo a operaciones de defensa civil. Fue utilizado en el apoyo al terremoto de Chile para coordinación con el hospital reubicable de la Fuerza Aérea Argentina en la localidad de Curicó. Recientemente el Sistema CRISIS se ha utilizado en el ejercicio Integración 2011 entre Argentina, Bolivia y Perú, con gran participación de la provincia y de la ciudad de Salta. En la actualidad se evalúa su adopción en el Consejo de Defensa de UNASUR, en la sala de crisis de la Cancillería argentina, en la Municipalidad de Vicente López, y en las localidades de Gral. Alvear, Malargüe y San Rafael en Mendoza. También se prevé su utilización para enlazar una amplia red de monitoreo en las provincias argentinas de Neuquén y Río Negro.

Se esperan exponer las ideas que orientan el diseño del Sistema CRISIS, las cuales han surgido de las necesidades de los respondedores, del estudio de emergencias pasadas, de la necesidad de resolver problemas de coordinación entre instituciones y de la imperiosa necesidad de poder interoperar la información disponible. Todas ellas constituyen hipótesis de nuestro trabajo de investigación y desarrollo.

[68]

# Análisis de tecnologías de servicios vitales en alojamientos institucionales y definición de la tecnología óptima a implementar

Natalia Agudelo<sup>\*</sup>, Giovanni Almanza<sup>\*\*</sup> y Felipe Muñoz<sup>\*\*\*</sup>

PRESENTACIÓN ORAL

ÁREA: ATENCIÓN Y PREPARACIÓN

## Resumen

LA DIRECCIÓN DE Prevención y Atención de Emergencias junto con la Universidad de los Andes efectuaron el estudio de escenarios de riesgo y pérdidas por terremoto para Bogotá D.C. Este estudio tuvo como objetivo la estimación de parámetros como las pérdidas económicas globales, el número de viviendas afectadas, las personas que requieren ubicación temporal, el número de heridos y finalmente estimar las pérdidas de vidas humanas, en caso de la ocurrencia de un sismo. Con base en este trabajo y conociendo las posibles afectaciones que requieren de soluciones de vivienda temporales, se hace necesario seleccionar un grupo de tecnologías apropiadas para la dotación de servicios vitales en condiciones de emergencia a este tipo de áreas. Un alojamiento temporal es un grupo de soluciones temporales de vivienda que se localiza en áreas abiertas como: parques, parqueaderos, plazas, zonas verdes extensas, etc. Se descarta para este fin cualquier tipo de edificación de uso público o comunal (colegios, estadios, coliseos, etc). Los tipos de construc-

<sup>\*</sup> Universidad de los Andes, Bogotá-Colombia. Correo electrónico: nagudelo@uniandes.edu.co

<sup>\*\*</sup> Fondo de Prevención y Atención de Emergencia, Bogotá-Colombia. Correo electrónico: galmanza@fopae.gov.co

<sup>\*\*\*</sup> Universidad de los Andes, Bogotá-Colombia. Correo electrónico: fmunoz@uniandes.edu.co



ción, para alojar a la población afectada, serán carpas y construcciones livianas con muros prefabricados, láminas metálicas, plásticas ó similares. Para referirse indiferentemente a estas construcciones se usará el término “unidad habitacional (UH)”. Con base en una tipología de alojamientos según el número de UH (A:20-25, B:100-125, C: 200-250), se determinan las demandas de servicios vitales de energía eléctrica, telecomunicaciones, agua potable, residuos sólidos y aguas residuales. Para cada uno de los se plantean diferentes escenarios de afectación en la cadena de prestación, para así identificar un grupo de tecnologías comercialmente disponibles para suplir las demandas generadas por los tipos de alojamiento. Como resultado de este barrido tecnológico se determinan: demandas, capacidades mínimas de suministro, elementos específicos y las fichas técnicas de cada uno de ellos. Este trabajo brinda una metodología sistemática y rigurosa para la dotación de servicios vitales en alojamientos temporales, la cual permite a las empresas públicas contar con un inventario tecnológico para la preparación de emergencias.

[69]

## Safety Management of Tailing Dams System

Dayse Maria Simplicio, Anna Leticia Sousa  
and Charles Hudson Serique

IT IS WELL recognized throughout, that the security management of any installation plays a very important role on its operable level. The necessity of measuring the security progression through the use of key performance indicators, is well established in the chemical industry; taking the numbers of major accidents as a source of approach. Though, one known characteristic of the area of contaminants disposal in tailing dams, is that a true accident is rarely seen, yet, when it occurs, it brings along great damages and consequences. This makes it difficult and inadequate to judge the accomplishment of safety management by simply analyzing accidents of high risks. The measuring of a management performance system, as well as following the requisites described in norm ISO 14000 is an alternative of a joint analysis of the HSE management and safety level. Through a historical study of accidents associated with the loss of tailing safety, the risks should be evaluated and safety elements enforced with hierarchy, in accordance with the elements of HSE system thriving to prioritize the actions through the implementation of the management system.



