



GreenLab UC

División de Medio Ambiente DICTUC S.A.

Modelo de representación del riesgo ambiental de proyectos o actividades con RCA a nivel nacional

Santiago, Chile, 7 de mayo de 2012

Análisis de Riesgo Ambiental: Antecedentes Teóricos

1. Definición de Riesgo

- Ejemplos

2. Procesos del Análisis de Riesgo

- Liberación
- Exposición
- Efectos
- Percepción

3

1. Definición de Riesgo

Definición de Riesgo [Ambiental]



De acuerdo a la US EPA:

Riesgo: “La posibilidad de efectos perjudiciales para la salud humana o para los sistemas ecológicos por la exposición a un factor de estrés ambiental”

Factor de estrés ambiental: “cualquier ente físico, químico o biológico que puede inducir una respuesta adversa”. Los estresores pueden afectar recursos naturales o ecosistemas completos, incluyendo plantas y animales, como el mismo medio ambiente con el cual interactúan.

Fuente: <http://epa.gov/riskassessment/basicinformation.htm#arisk>. Consultado el 31/03/2012.

Definición de Riesgo Ambiental en Chile

La Ley 19.300 define Medio Ambiente como :

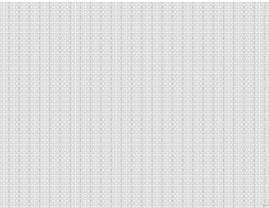
“el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones”

Por lo tanto, riesgo ambiental:

“La posibilidad de efectos perjudiciales para la **salud humana**, para los **sistemas ecológicos** o para el **patrimonio cultural** por la exposición a un factor de estrés ambiental”

Elementos

- Receptor
- Efectos
- Estresor



Algunos ejemplos de Riesgo Ambiental

Aire



Agua



Residuos

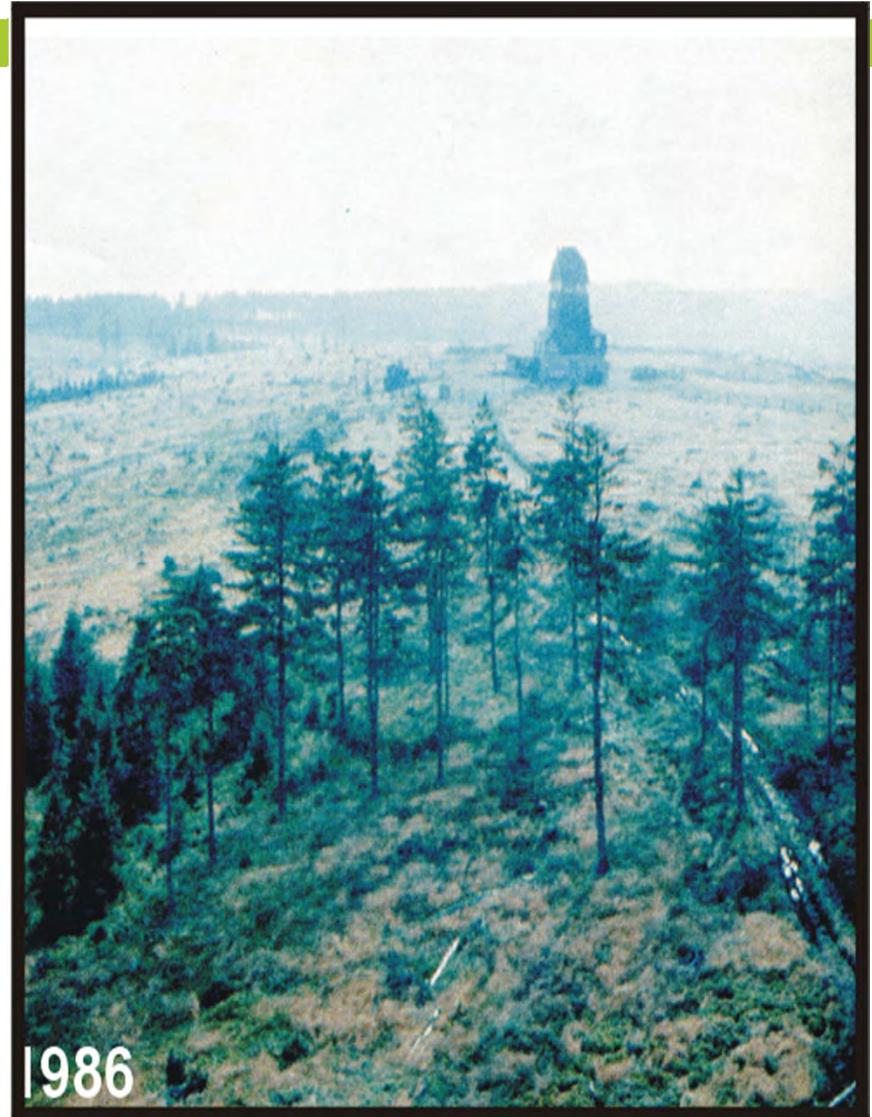
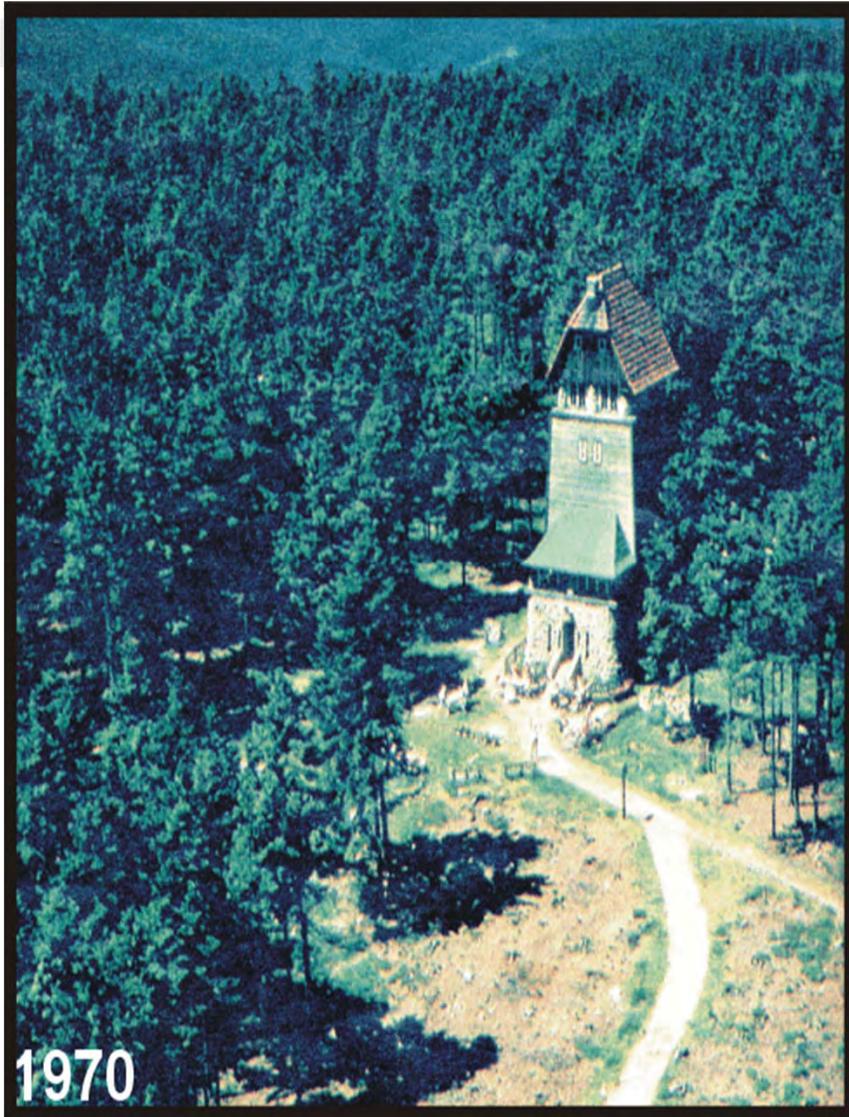


Patrimonio Cultural

11



Ecosistemas





Alcance

Los riesgos ambientales son una parte de los riesgos publicos bajo la jurisdiccion de la SMA

Otros riesgos estan bajo otras jurisdicciones, que enfrentan problemas similares.

Pregunta:



- ¿Cómo caracterizar el riesgo ambiental asociado a cada situación?
- ¿Cómo estimar los efectos esperados en los receptores?

➔ Análisis de Riesgo Ambiental

16

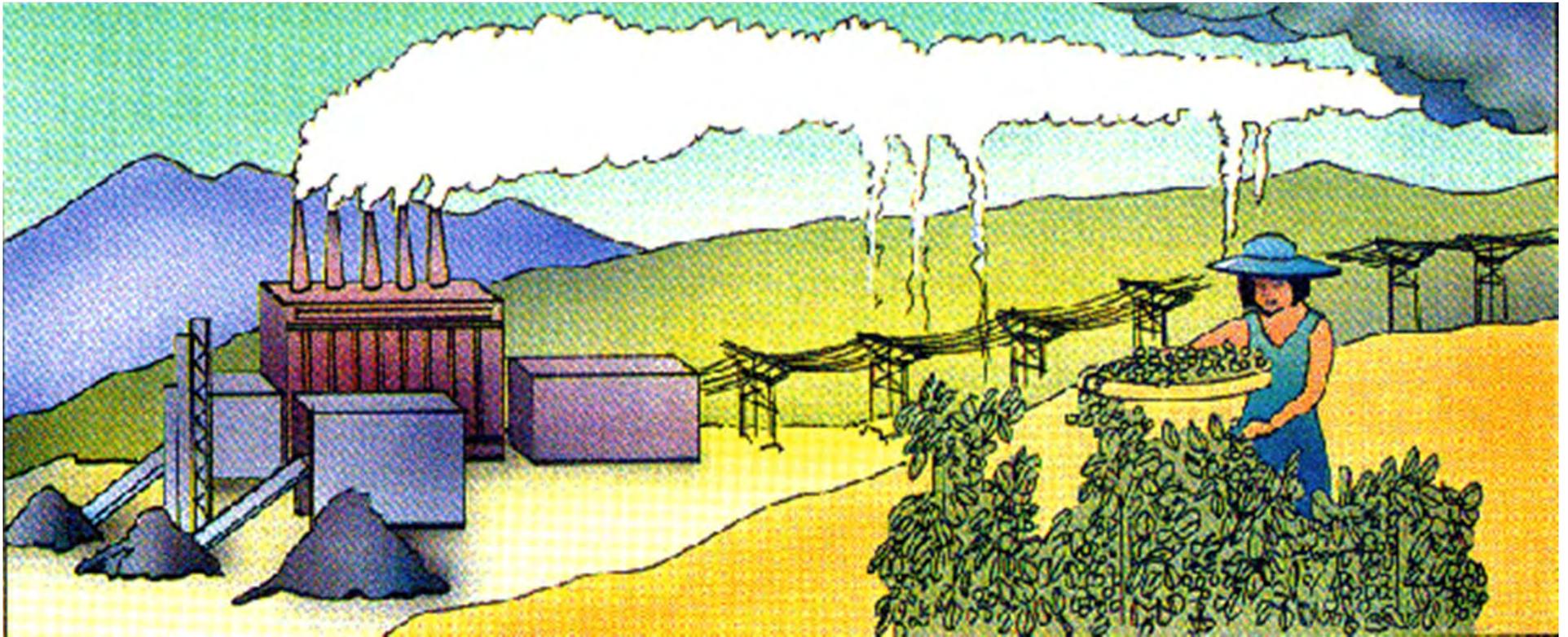
2. Marco de Trabajo del Análisis de Riesgo

Método



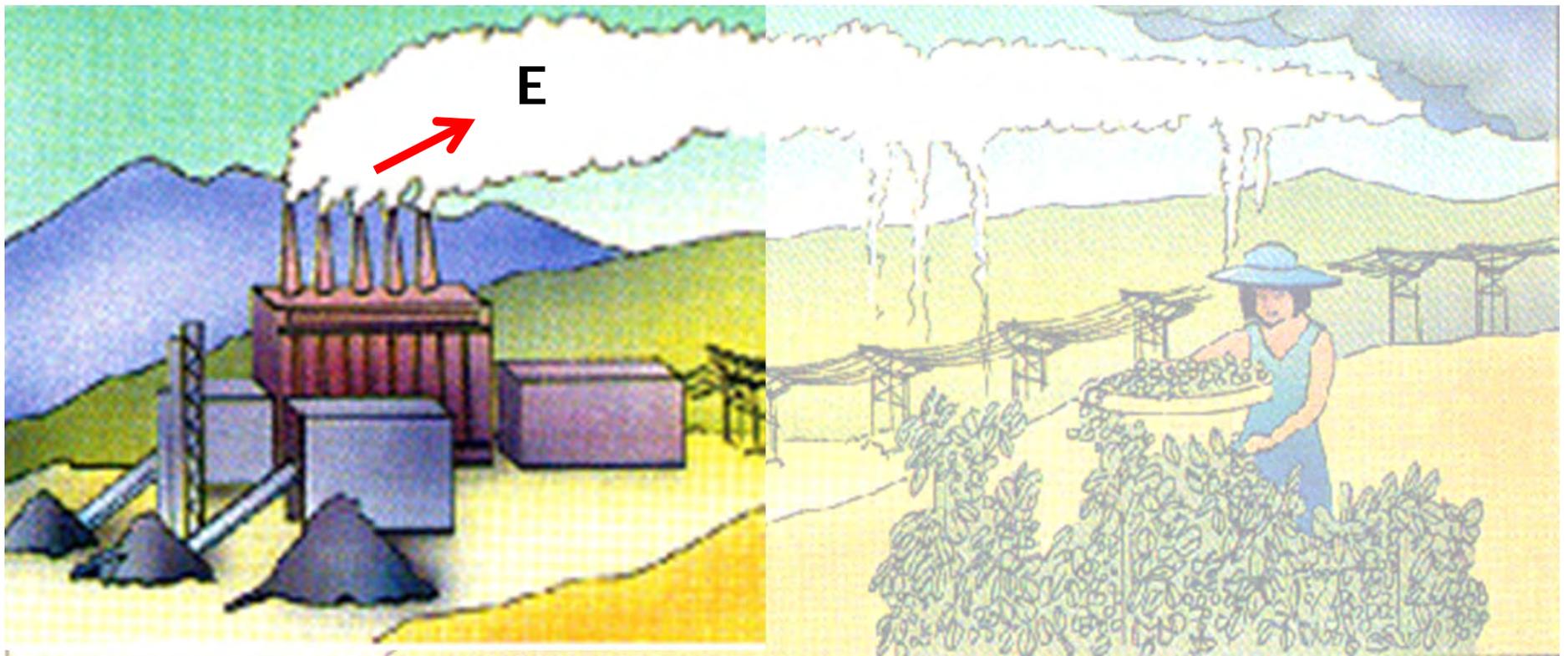
- ¿Como podemos abordar, en forma general, todas las posibles situaciones de riesgo ambiental?

Ejemplo Introductorio: Marco de Trabajo del Analisis de Riesgo



Morgan, M. G. (1993). "Risk assessment and management." *Scientific American* July: 32-41.

Procesos de Liberación







Procesos de Liberación

- Caracterizan la liberación de agentes de riesgo al ambiente
- Métodos:
 - Medición directa
 - Estimación a través de Factores de Emisión
 - Estimación a través de balance de masa

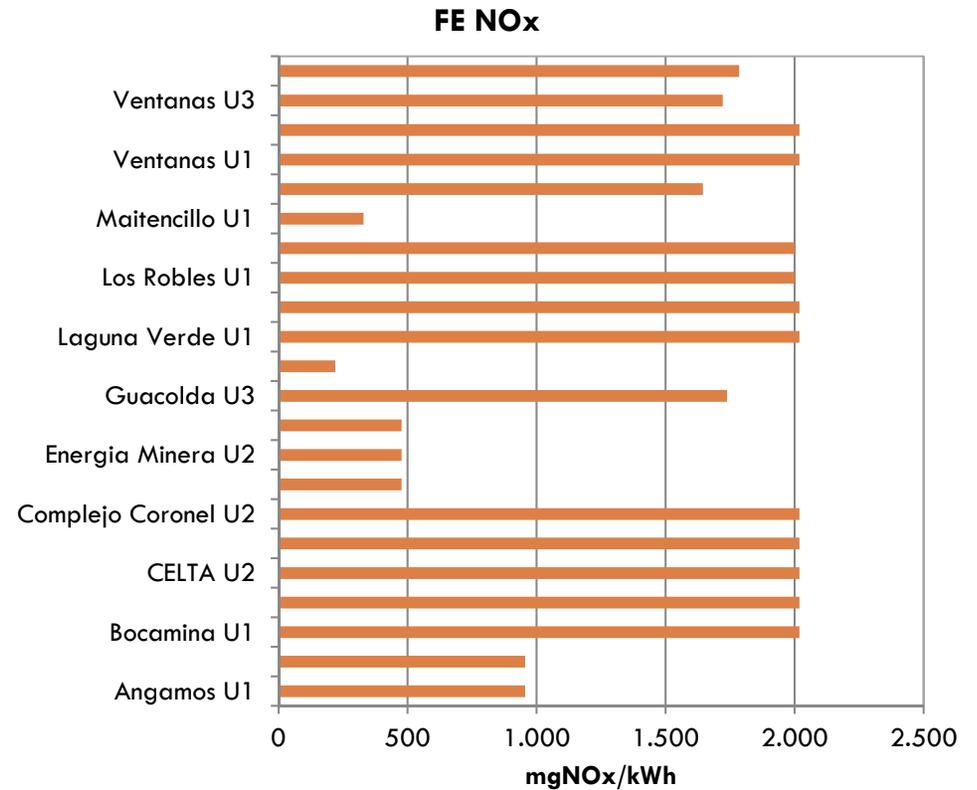
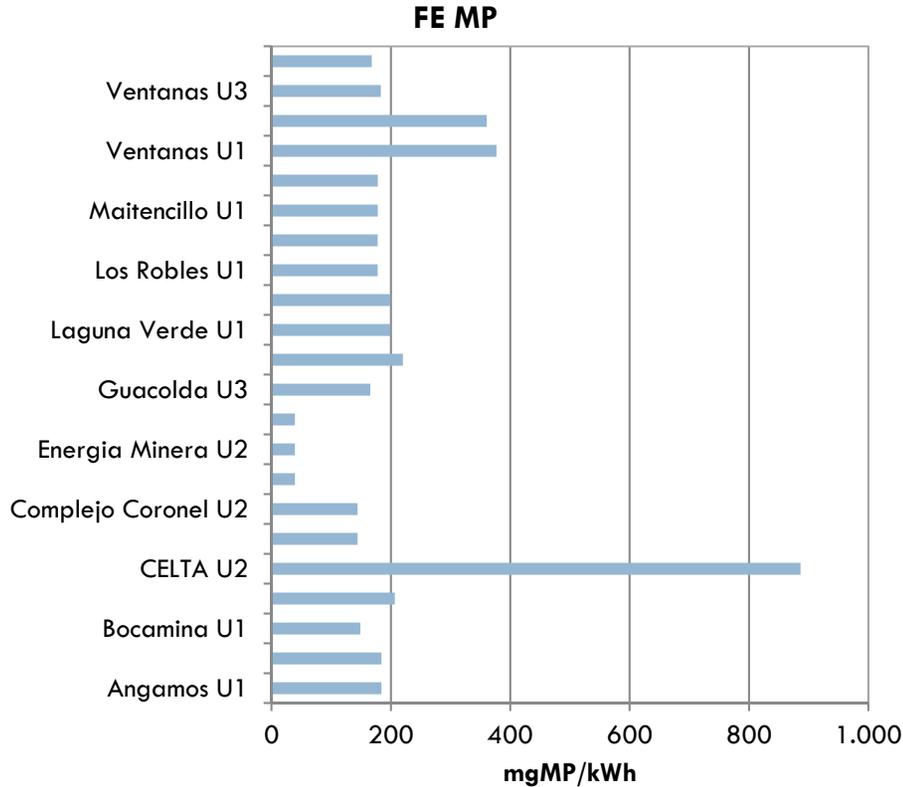
Monitoreo continuo de emisiones



Ejemplo:

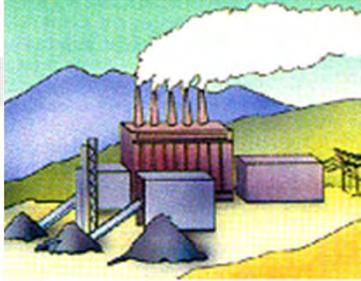
Factores de Emisión Centrales Térmicas

$$Emision \left[\frac{ton}{dia} \right] = FE \left[\frac{ton}{KWh} \right] * Gen \left[\frac{KWh}{dia} \right]$$

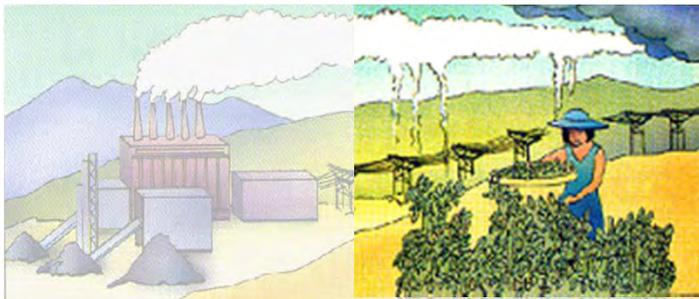


Procesos de Exposición

P. de Liberación



Procesos de exposición



Procesos de Exposición

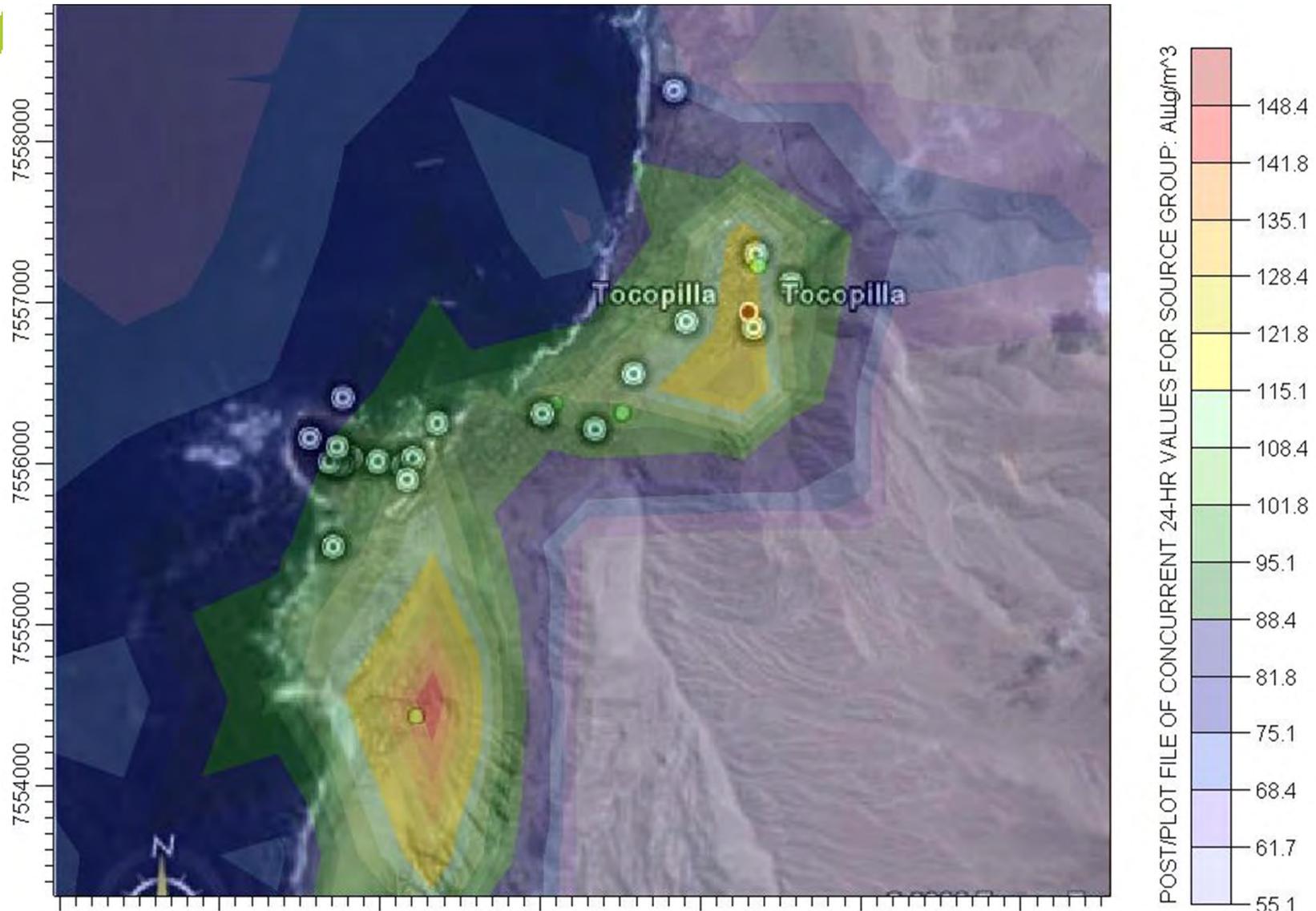
Caracterización



- Concentraciones de agentes de riesgo en el ambiente, debido a las liberaciones:
 - Modelos de Transporte y Destino de Contaminantes
 - Mediciones Directas (¿cómo se atribuyen a cada fuente?)
- Distribución espacio-temporal de los receptores

Simulacion P98 24h PM10 en Tocopilla

27



DICTUC. Noviembre de 2006, ."Análisis de la calidad del aire para MP-10 en Tocopilla"

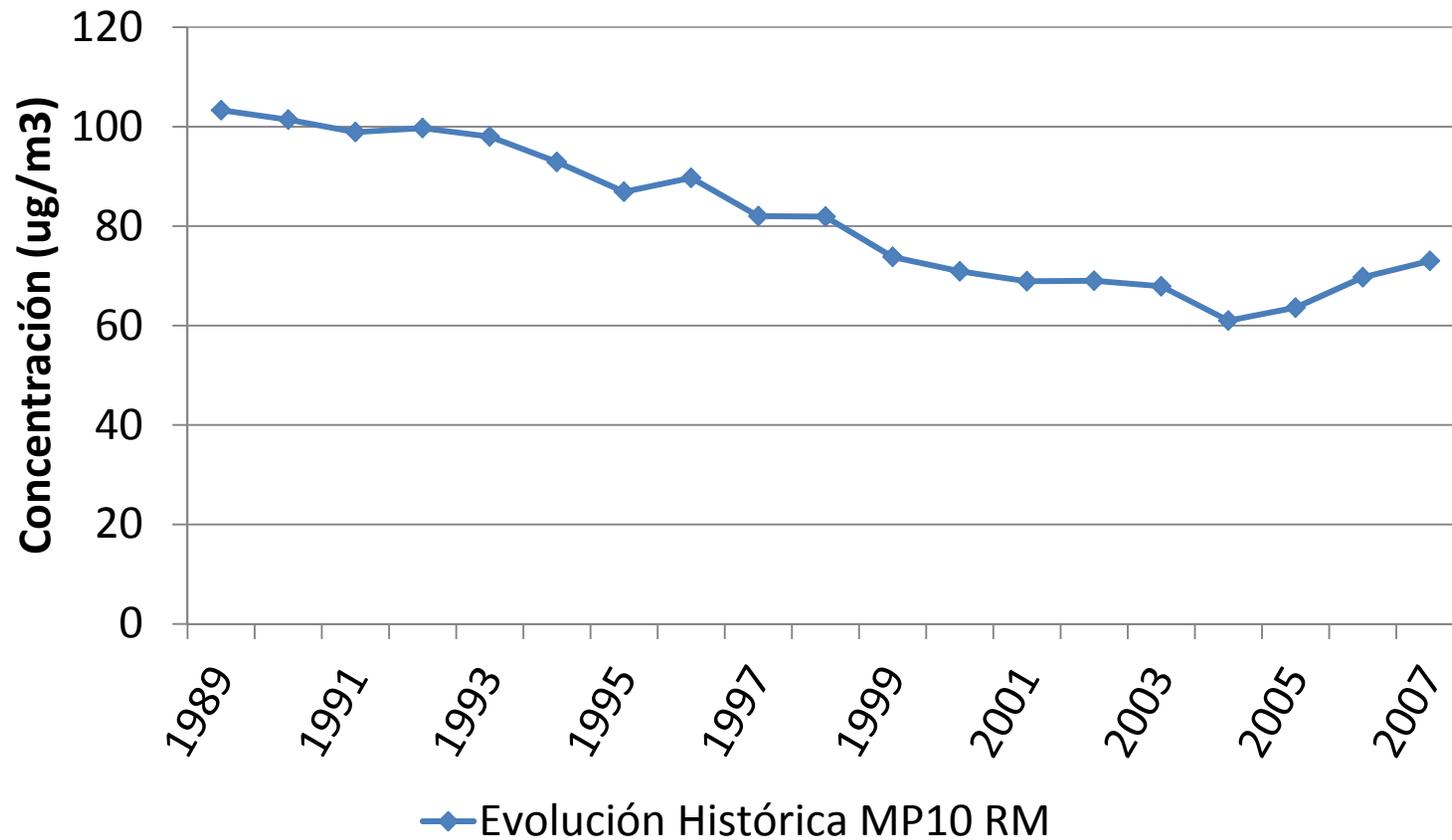
Simplificación: Factores Emisión/Concentración

Celda	PM	SO2
1	10	593.8
2	8.5	503.5
3	9.1	538.6
4	8.2	482.5
5	7.7	454.1
6	8.2	482.5
7	11.5	1116
8	8.3	492.8
9	10.5	868
10	7.4	437
11	8.9	526.3
12	8.5	503.5
13	8.3	492.8
14	9.3	551.4
15	8.9	526.3
16	12.5	1302
17	8.7	514.7
18	7.2	428.9
Promedio	9.0	600.8

- Esto muestra el impacto de las emisiones en la celda 12 en cada una de las celdas contiguas.
- Corresponde a las toneladas de PM y de SO2 necesarias para aumentar la concentración promedio de PM2.5 de 24h en 1 ug/m3
- (nota: valores indicativos, no exactos)

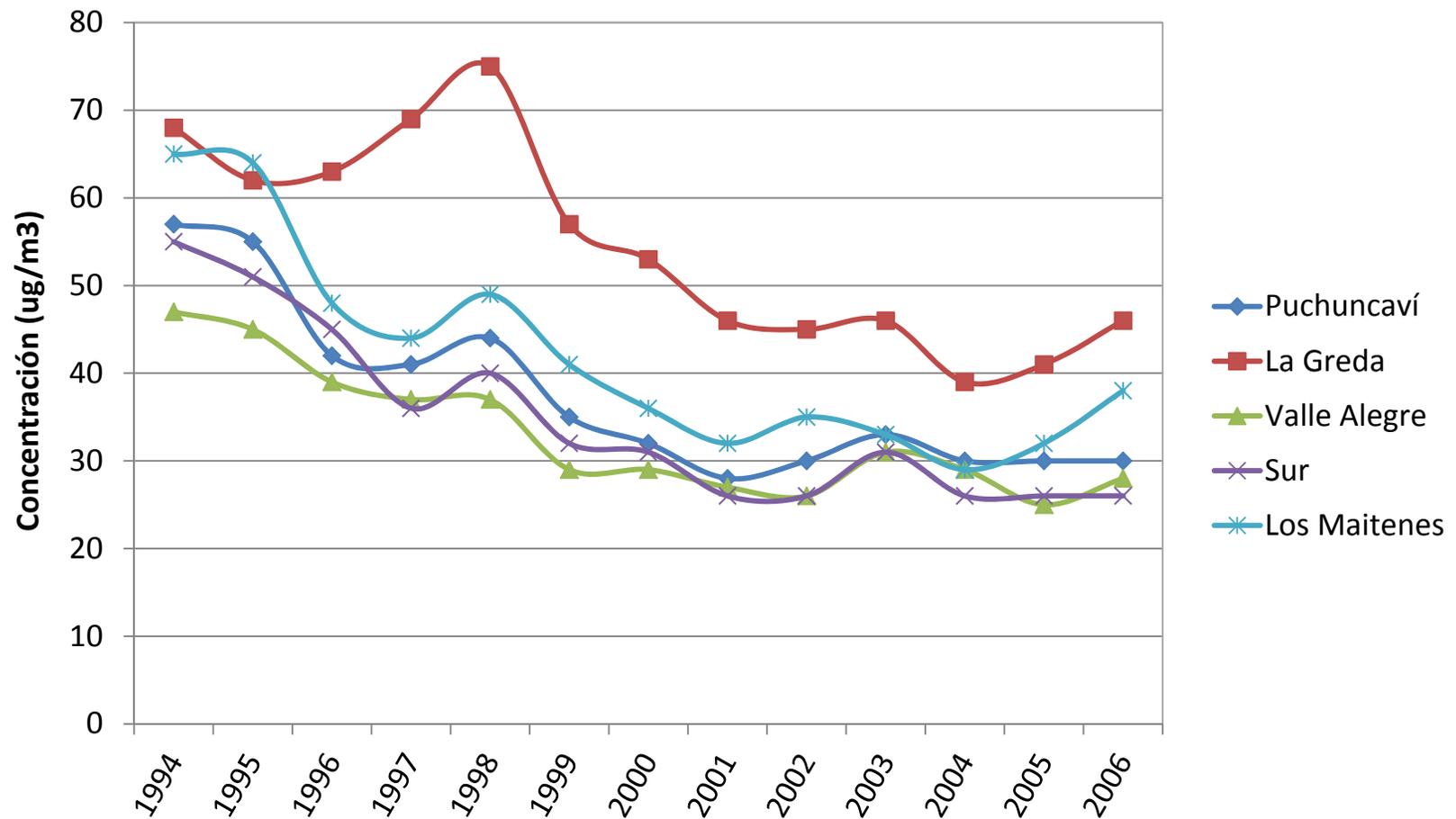
Evolución del MP10 Red Macam

Evolución Histórica MP10 RM



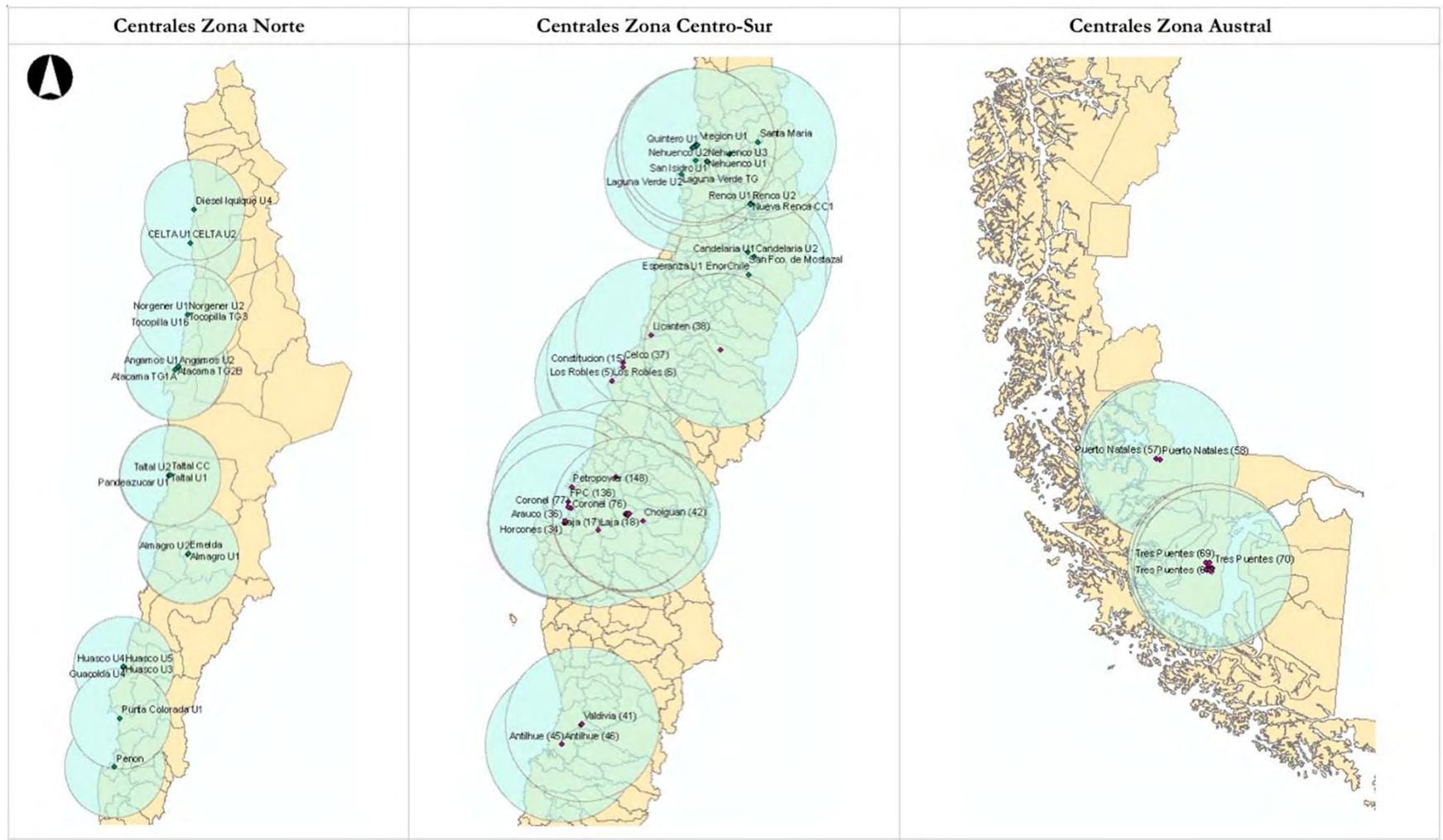
Fuente: Conama, Red Macam-1 datos validados por la Seremi de Salud RM.

Promedio Anual PM10 en Ventanas



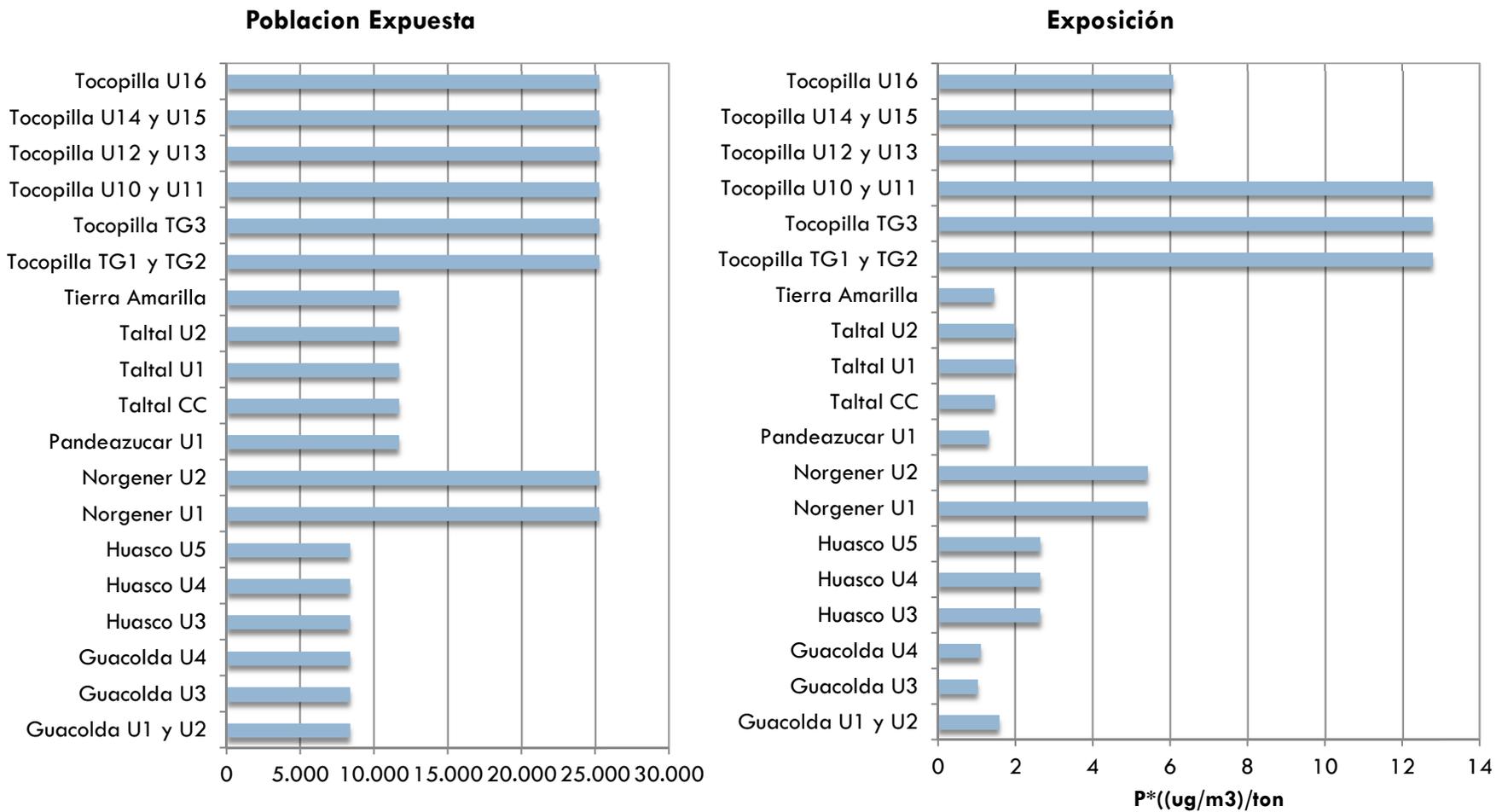
Fuente: INFORME DE SEGUIMIENTO PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE VENTANAS 1993-2006

Centrales consideradas y su Área de Influencia



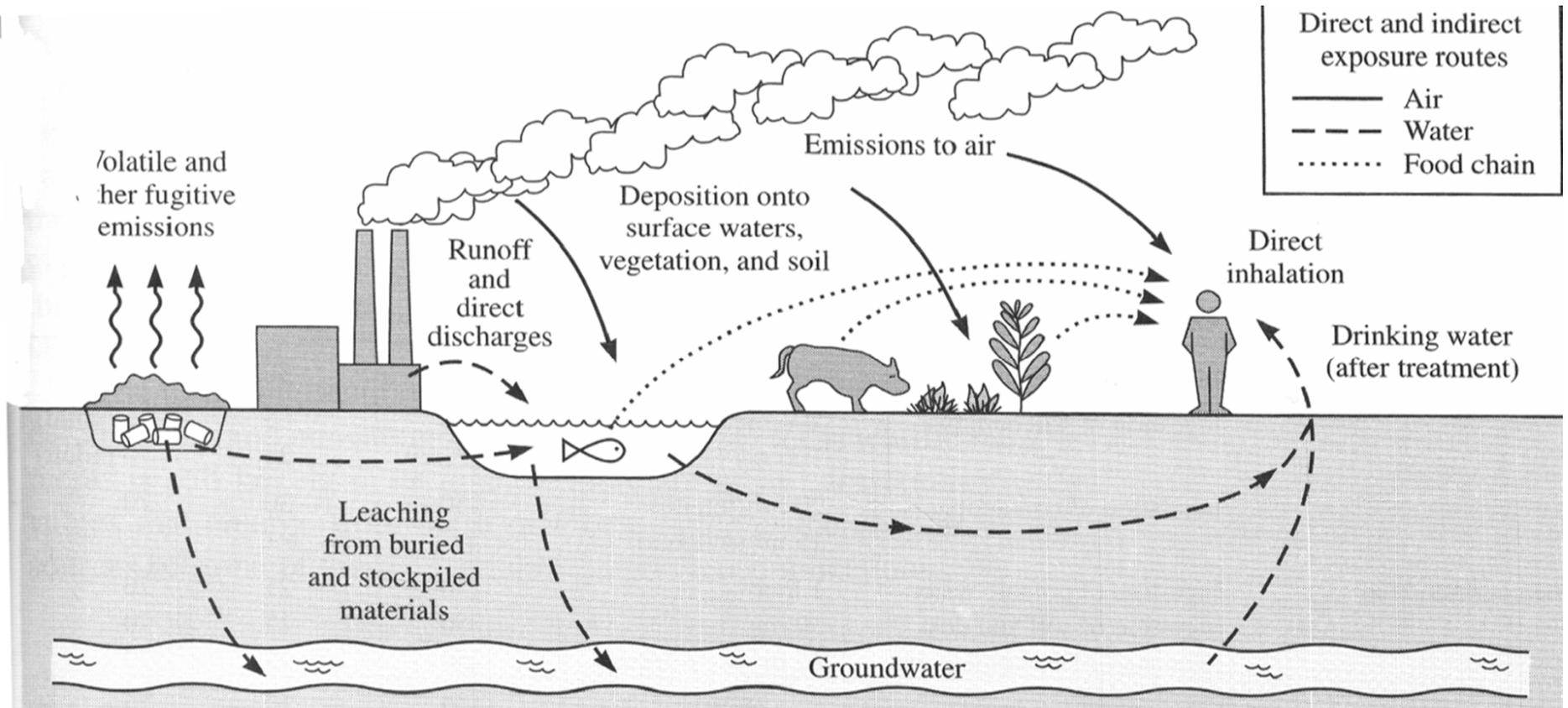
Fuente: MG y Cifuentes, 2010. Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de una Norma de Emisión para Termoeléctricas

Ejemplo: estimacion de exposici3n unitaria para algunas centrales t6rmicas



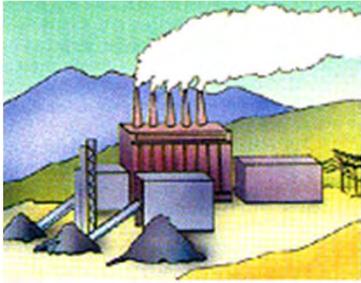
Fuente: MG y Cifuentes, 2010. An3lisis T6cnico-Econ3mico de la Aplicaci3n de una Norma de Emisi3n para Termoel6ctricas

Rutas de Exposición



Procesos de Efectos

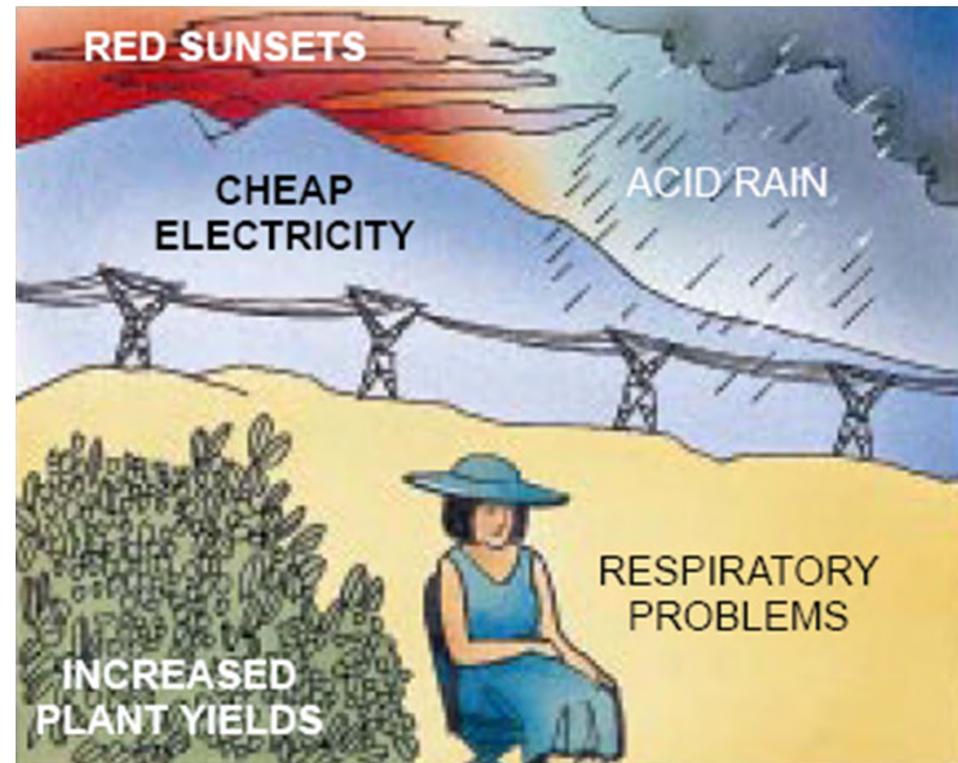
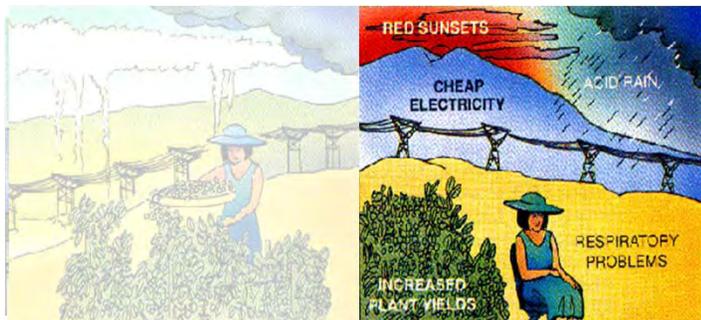
P. de Liberación



P. de Exposición



Procesos de Efectos



Estimacion de Efectos

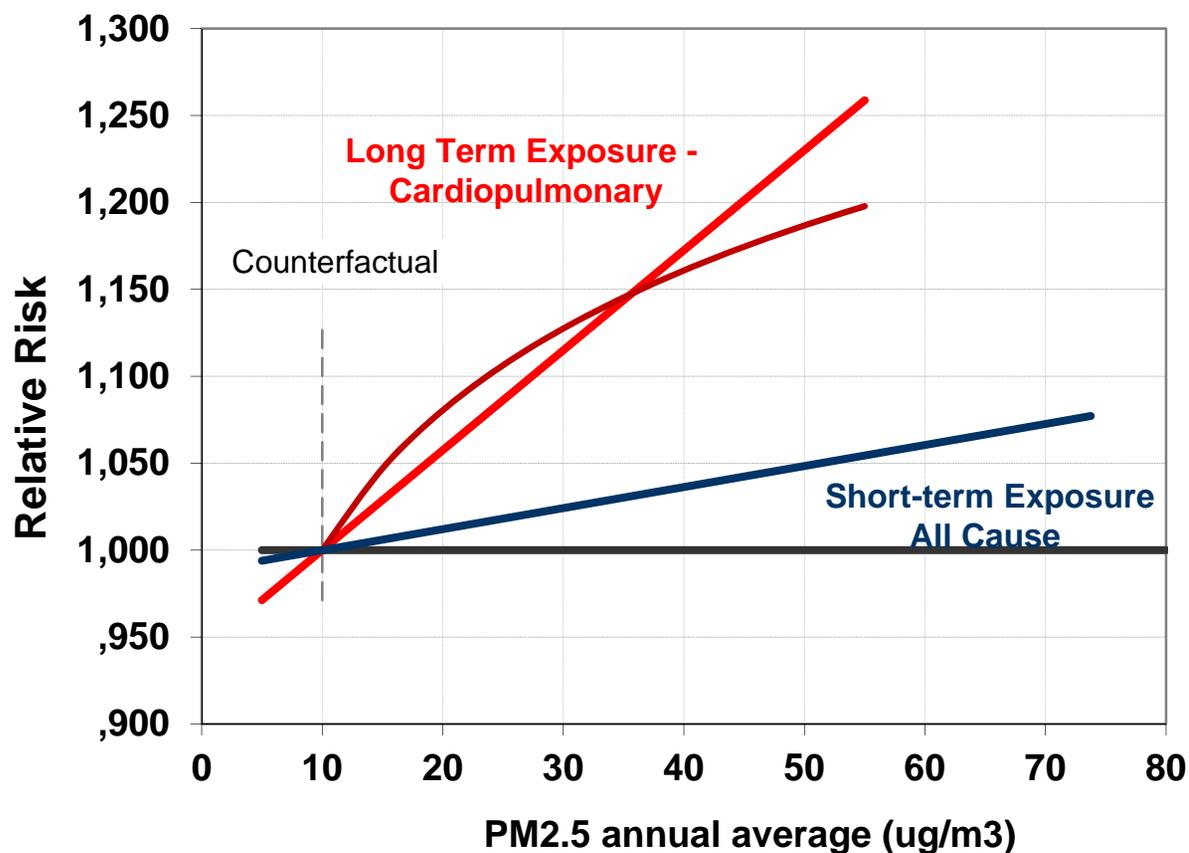
- Dependenden del:
 - ▣ Receptor
 - ▣ Agente de riesgo
 - ▣ Magnitud y frecuencia de la exposición

- Se caracterizan en general a través de las relaciones dosis-respuesta:
 - ▣ Para salud
 - ▣ Para ecosistemas naturales y manejados
 - ▣ Para daños en materiales

Salud:

Ejemplo: Riesgos de Muerte por Exposición de Largo Plazo a MP2,5

36



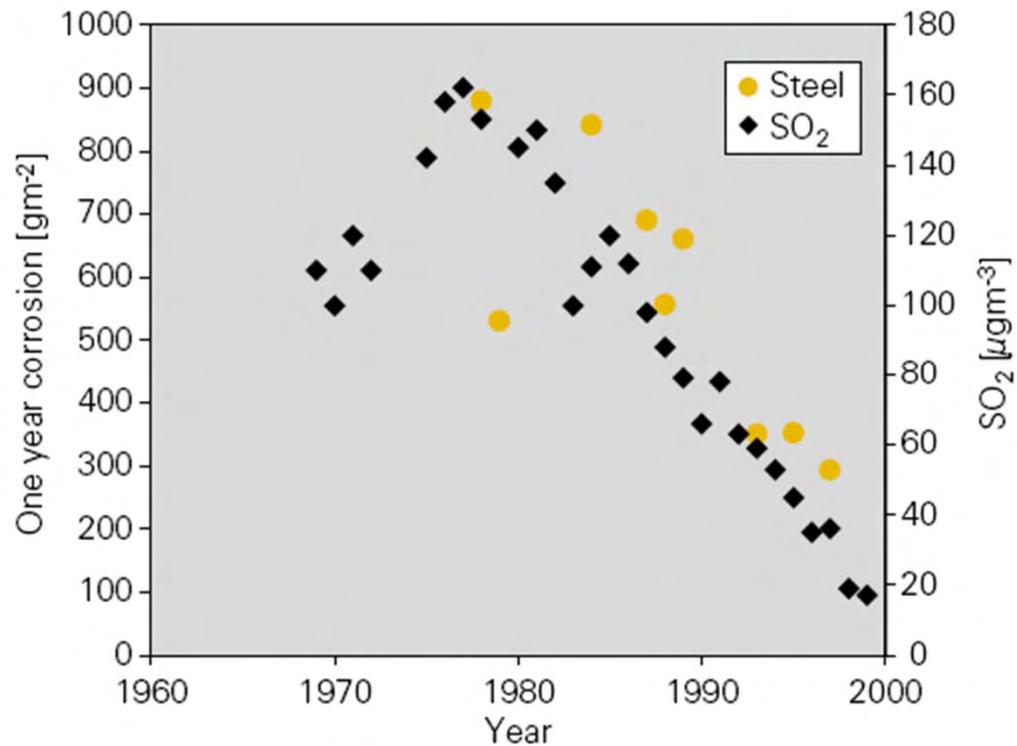
Fuentes:

- LT lineal: Pope, C. A., 3rd, M. J. Thun, et al. (1995). "Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults." *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* **151**: 669-674.
- **LT loglinear**: Cohen, A. J., H. R. Anderson, et al. (2004). Chapter 17: Mortality impacts of urban air pollution. *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Due to Selected Major Risk Factors*, World Health Organization. **vol. 2**.
- **Short Term** : PAHO (2005). *Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de Latinoamérica y el Caribe*. Washington, D.C, OPS.

Efectos en Materiales

37

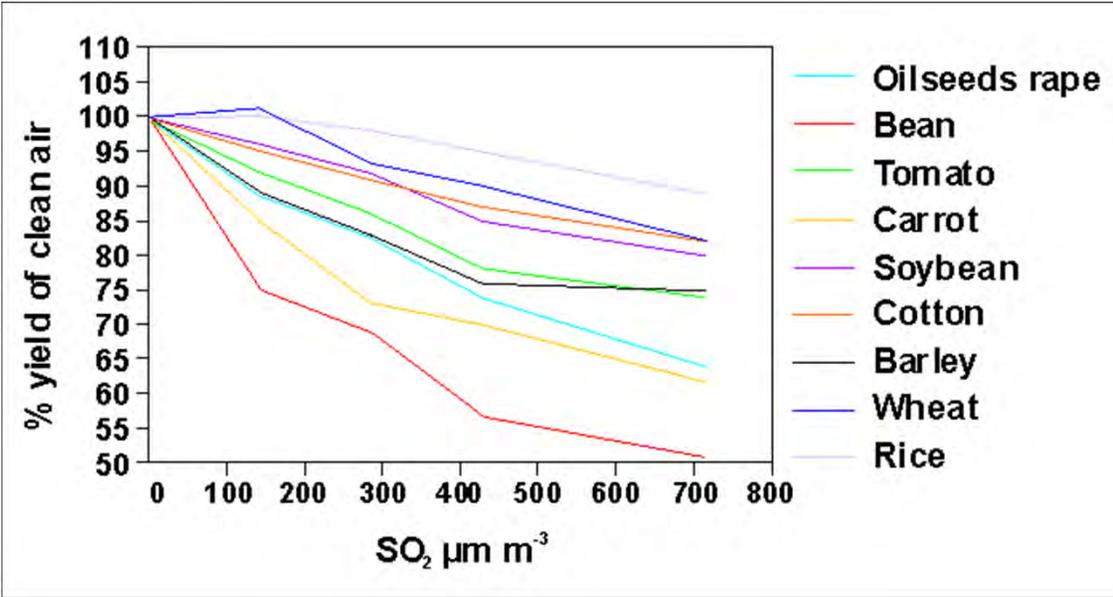
Tendencia de corrosión de acero en 1 año y concentración de SO₂ en Kopisty, República Checa.



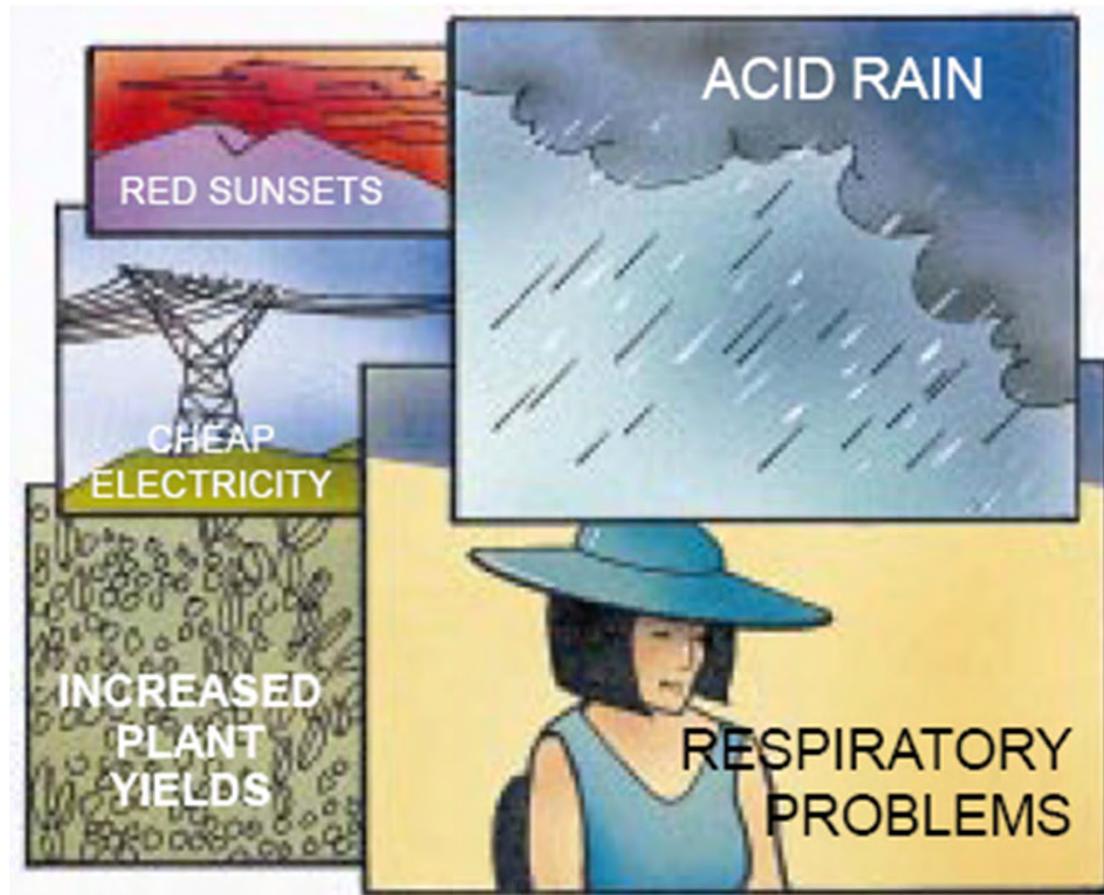
Kucera, Vladimir (1995). "Changing Pollution Situation and its effect on material corrosion Plenary Sessions"

Cultivos

38

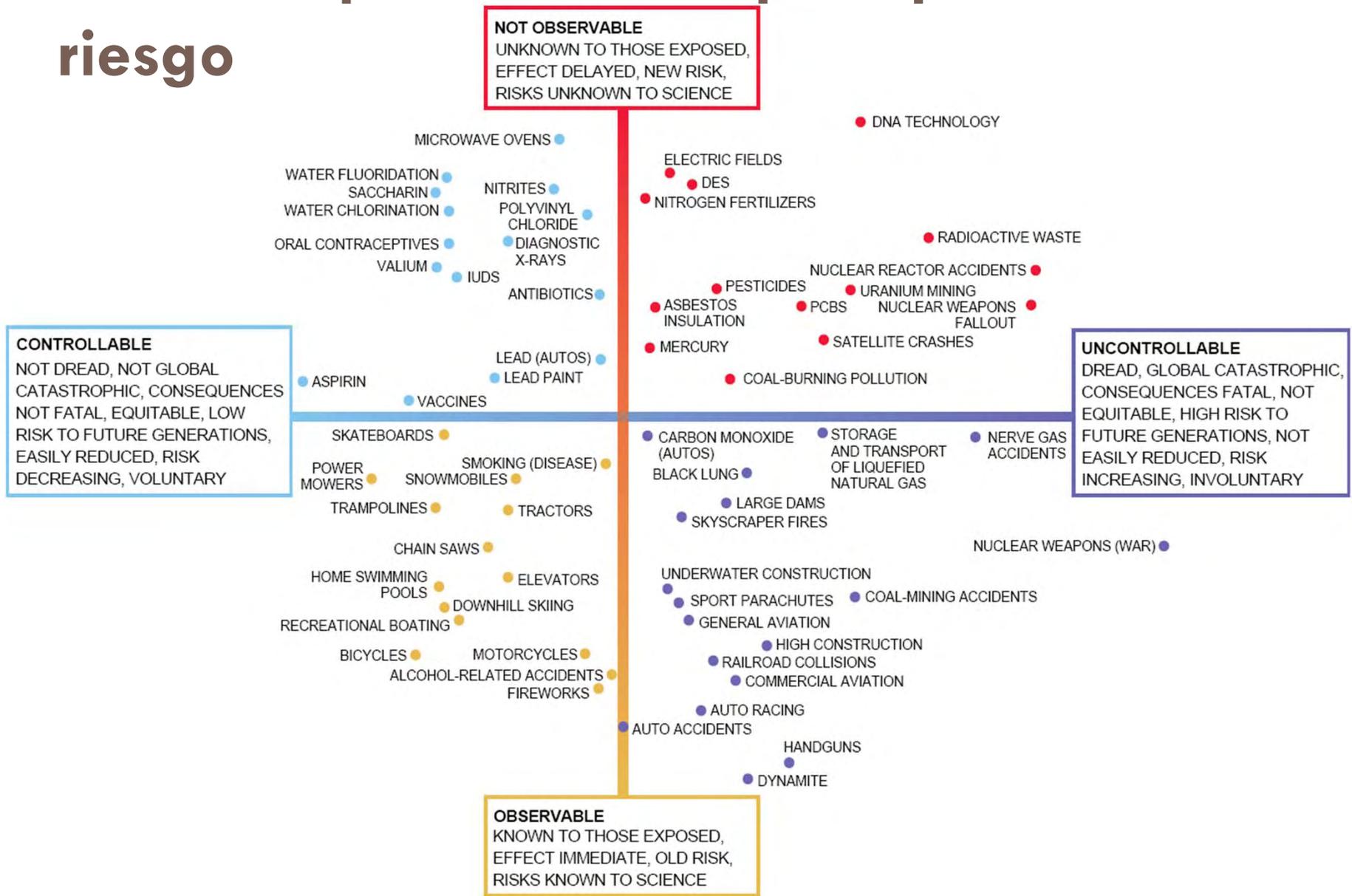


Procesos de Percepción

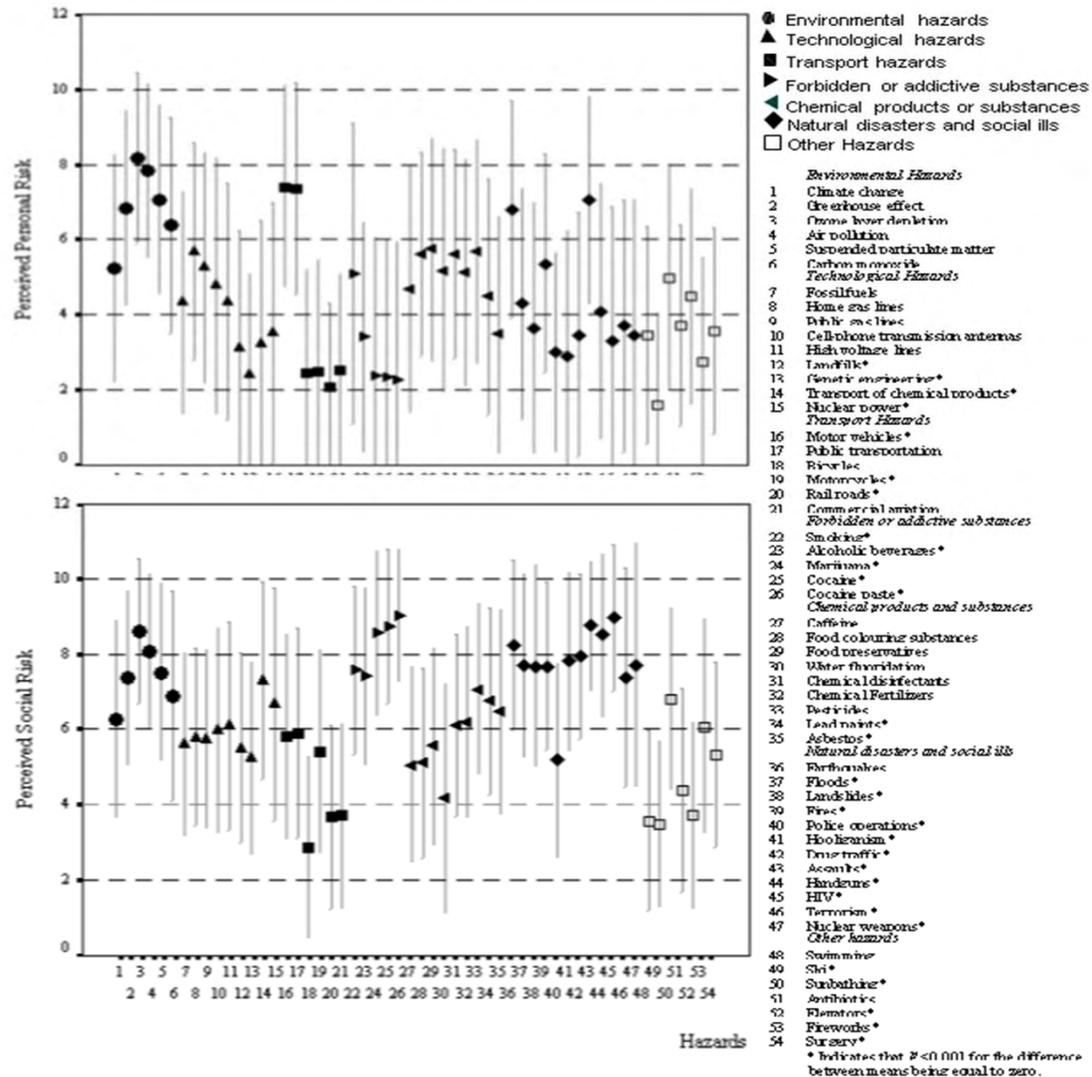


Morgan, M. G. (1993). "Risk assessment and management." *Scientific American* July: 32-41.

Factores que afectan la percepcion del riesgo



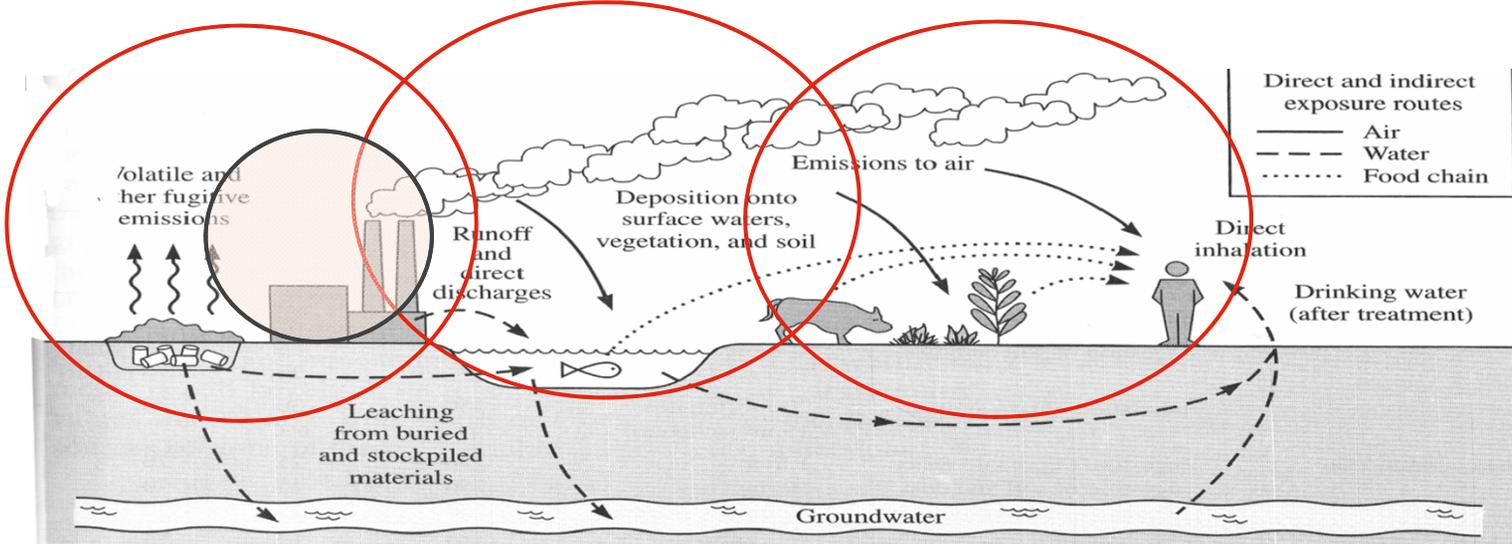
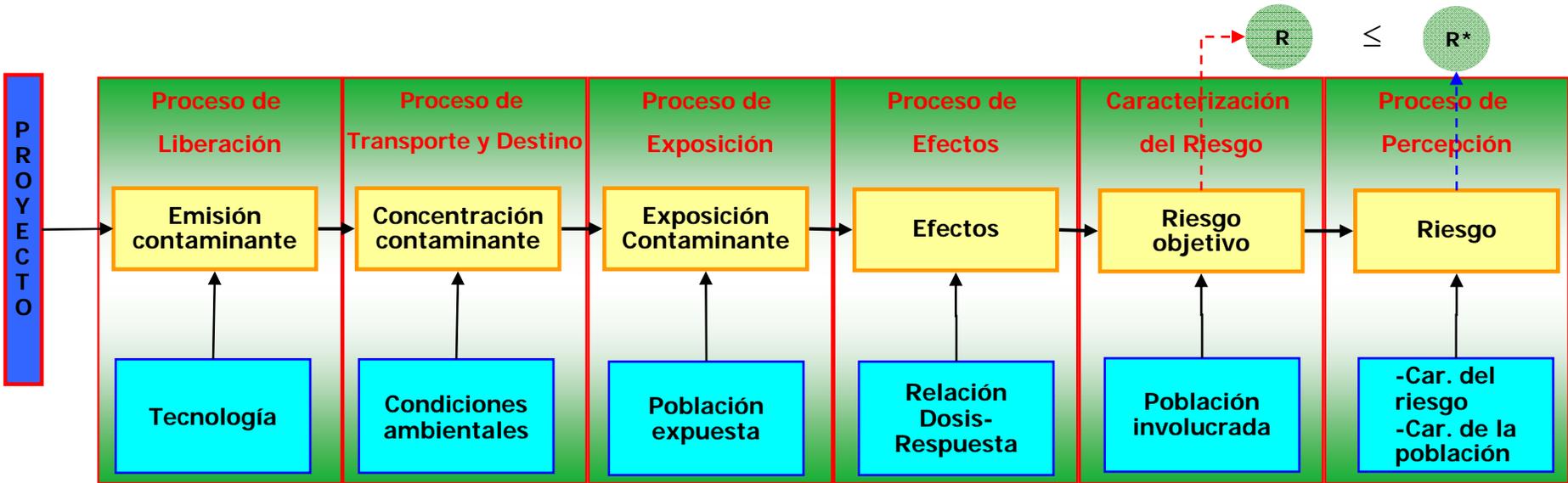
Riesgo Percibido. Región Metropolitana.



Fuente: Bronfman, N. C. and L. A. Cifuentes (2003). "Risk Perception in a Developing Country: The Case of Chile." Risk Analysis 23(6): 1271-1285.

Resumen

Marco de Trabajo de la Evaluación de Riesgos



Procesos:

□ **Liberación**

- Cuales son los agentes de riesgo?
- Cuales son los procesos por los cuales se libera el agente de riesgo?

□ **Exposición**

- Cuales son los receptores de interés (Humanos; Fauna, Biota,...)?
- Cuales son los procesos de transporte, transformación y destino para que el agente de riesgo entre en contacto con los receptores?

□ **Efectos**

- Cuales son las subpoblaciones de interés?
- Cuales son los efectos de interés?
 - Fatales, No fatales
 - Inmediatos, demorados

□ **Caracterización del riesgo**

- Cuales es la dimensión temporal?
- Cual es el alcance geográfico?

Resumen: Estimación del Riesgo

El riesgo objetivo asociado a la liberación de un componente P que afecta un receptor R, a través de un contaminante secundario C, esta dado por:

$$\text{Riesgo}_{C,A}^{P,R} = RU_C^R \left[\frac{R}{\text{ppm}} \right] \cdot \text{Act}_A \left[\frac{\text{act}}{\text{día}} \right] \cdot FE_A^P \left[\frac{g}{\text{act}} \right] \cdot FEC_C^P \left[\frac{\text{ppm}}{g/\text{día}} \right] \cdot \text{Pob}_C^R [p]$$

Donde:

P : contaminante primario

C : contaminante secundario

R : receptor

A : actividad

El riesgo total de la actividad esta dado por la suma sobre todos los contaminantes primarios, secundarios y receptores:

$$\text{Riesgo}_A = \sum_P \sum_C \sum_R \text{Riesgo}_{C,A}^{P,R}$$

Componentes del Riesgo

$$\text{Riesgo}_{C,A}^{P,R} = RU_C^R \left[\frac{R}{ppm} \right] \cdot \underbrace{\text{Act}_A \left[\frac{\text{act}}{\text{día}} \right] \cdot FE_A^P \left[\frac{g}{\text{act}} \right] \cdot FEC_C^P \left[\frac{ppm}{g/\text{día}} \right]}_{\text{Emission}^P} \cdot \text{Pob}_C^R [p]$$

$$RU_C^R \left[\frac{R}{ppm} \right] \cdot \underbrace{\text{Emission}^P \left[\frac{g}{\text{día}} \right] \cdot FEC_C^P \left[\frac{ppm}{g/\text{día}} \right]}_{\text{Conc}_C} \cdot \text{Pob}_C^R [p]$$

$$RU_C^R \left[\frac{R}{ppm} \right] \cdot \underbrace{\text{Conc}_C [ppm] \cdot \text{Pob}_C^R [p]}_{\text{Exposición}^R}$$

$$\text{Riesgo}_{C,A}^{P,R} = RU_C^R \left[\frac{R}{ppm} \right] \cdot \text{Exposición}^R [ppm \cdot p]$$

Componentes del Riesgo

El riesgo depende de las características de:

- El Proyecto
- El Entorno
- Los Agentes de riesgo liberados por el proyecto y transformados en el entorno

$$Riesgo_{C,A}^{P,R} = \underbrace{RU_C^R \left[\frac{R}{ppm} \right]}_{\text{Agente de Riesgo}} \cdot \underbrace{Act_A \left[\frac{act}{día} \right] \cdot FE_A^P \left[\frac{g}{act} \right]}_{\text{Proyecto}} \cdot \underbrace{FEC_C^P \left[\frac{ppm}{g/día} \right] \cdot Pob_C^R [p]}_{\text{Entorno}}$$

Componentes del Riesgo

$$Riesgo_{C,A}^{P,R} = RU_C^R \left[\frac{R}{ppm} \right] \cdot Act_A \left[\frac{act}{día} \right] \cdot FE_A^P \left[\frac{g}{act} \right] \cdot FEC_C^P \left[\frac{ppm}{g/día} \right] \cdot Pob_C^R [p]$$

Riesgo Unitario: depende de ...

Liberacion

Exposicion:

Aun para actividades similares, cada uno de estos parametros puede variar fuertemente

Ejemplo: Riesgos de Centrales Térmicas



- El análisis de los impactos sociales de las centrales de generación térmica, usado como antecedente para la dictación de la norma de emisiones, ilustra las diferentes etapas del análisis de riesgo y sus complejidades.
- Se estimó la liberación, exposición, efectos y riesgo para cada una de las chimeneas de todas las plantas térmicas existentes en el país.
- Los resultados muestran la variabilidad de las diferentes etapas de la estimación del riesgo.

Riesgo de Centrales Termicas

$$\text{Riesgo} = \text{Gen} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{ano}} \right] \cdot \sum_{MP, SO_2, NO_x} \left\{ \text{FE}^P \left[\frac{\text{ton}}{\text{MWh}} \right] \cdot \text{FEC}_{PM_{2.5}}^P \left[\frac{\text{ug} / \text{m}^3}{\text{ton/ano}} \right] \right\} \beta_{mort} \left[\frac{\Delta\%}{\text{ug} / \text{m}^3} \right] \cdot \text{Pob} [\text{hab}] \cdot \text{TM} \left[\frac{\text{casos}}{\text{hab}} \right]$$

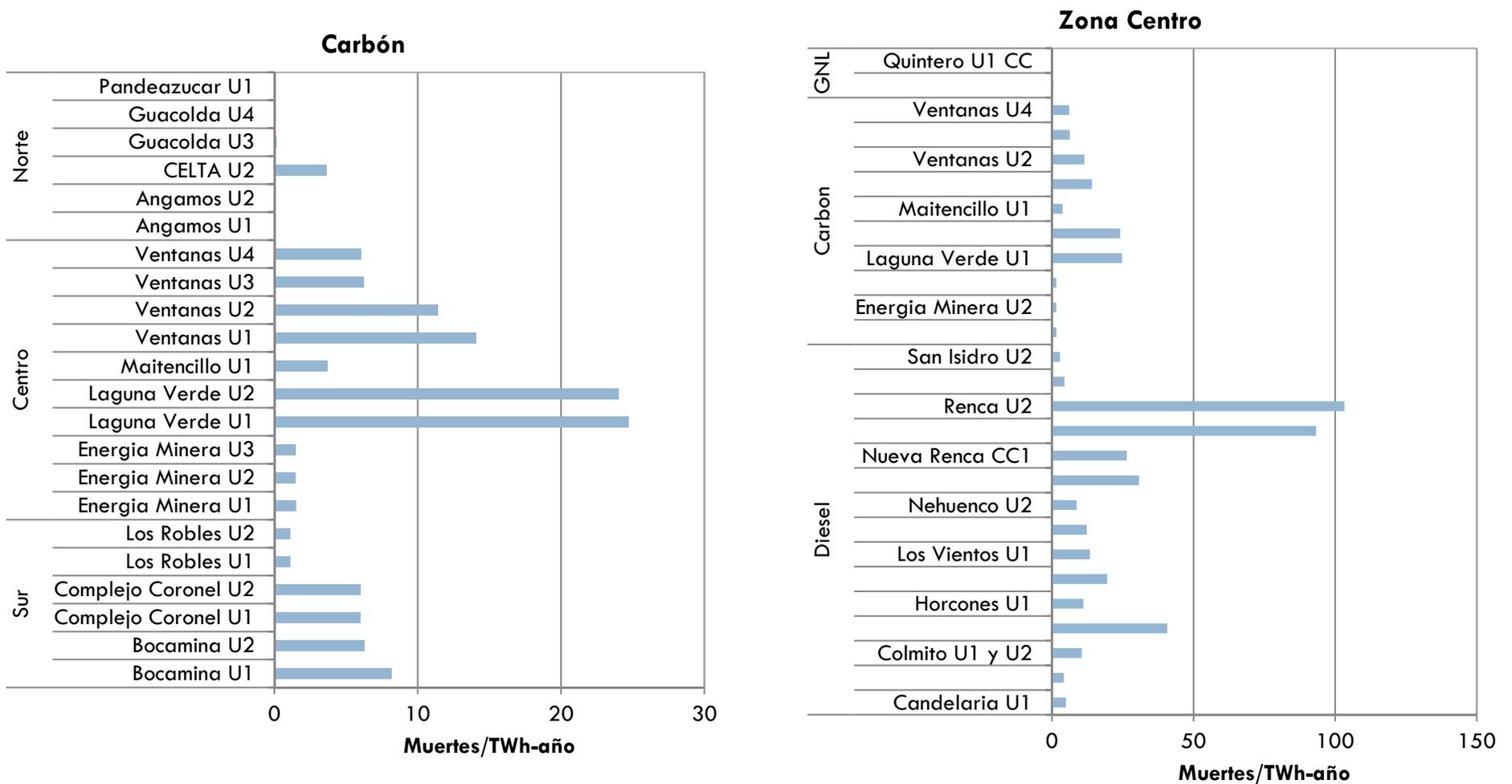
Riesgo Unitario: depende de ...

Liberacion

Exposicion:

Aun para actividades similares, cada uno de estos parametros puede variar fuertemente

Riesgo de cada chimenea

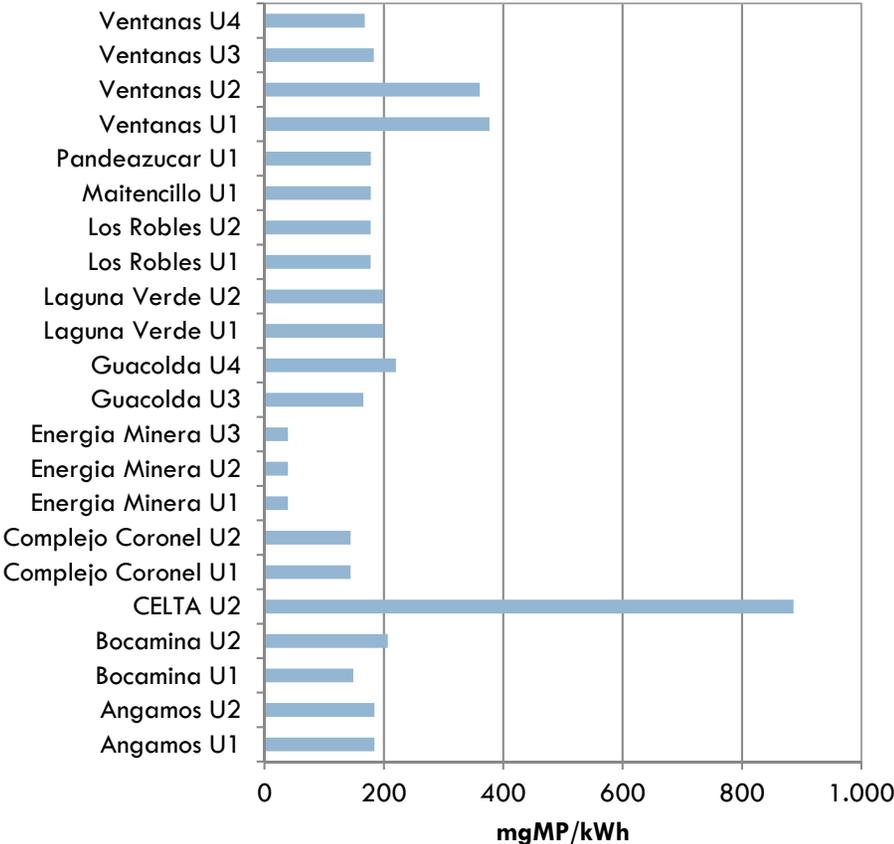


Fuente: MG y Cifuentes, 2010. Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de una Norma de Emisión para Termoeléctricas

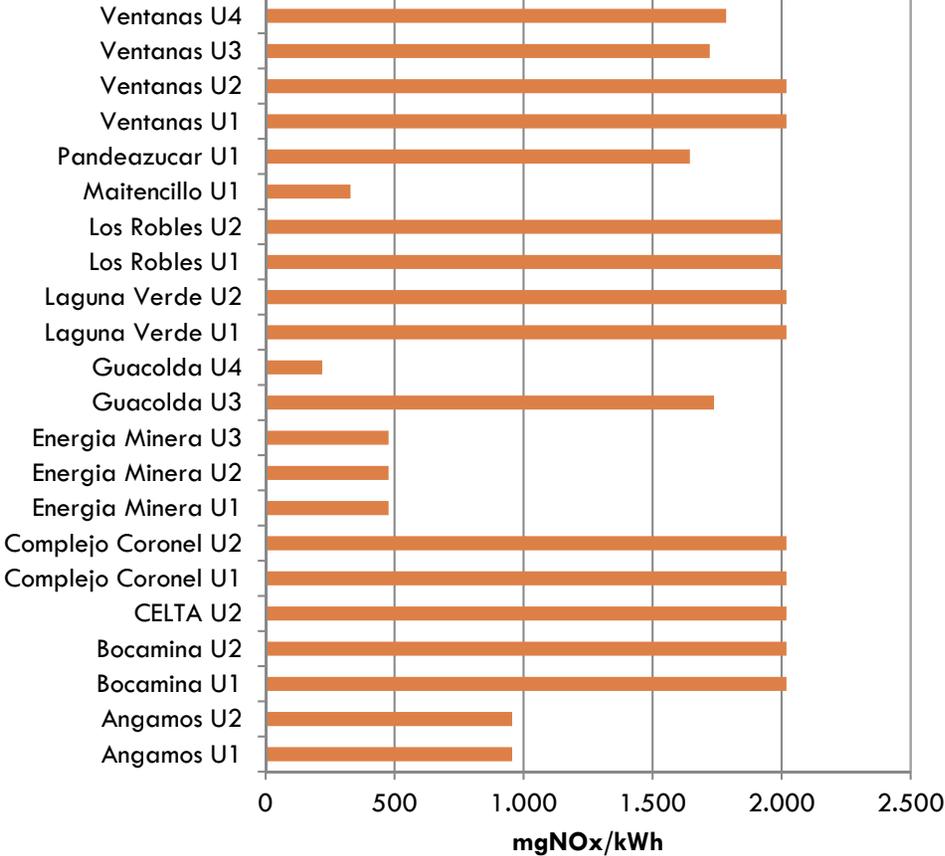
Factor de Emisión de Plantas - Carbón



FE MP

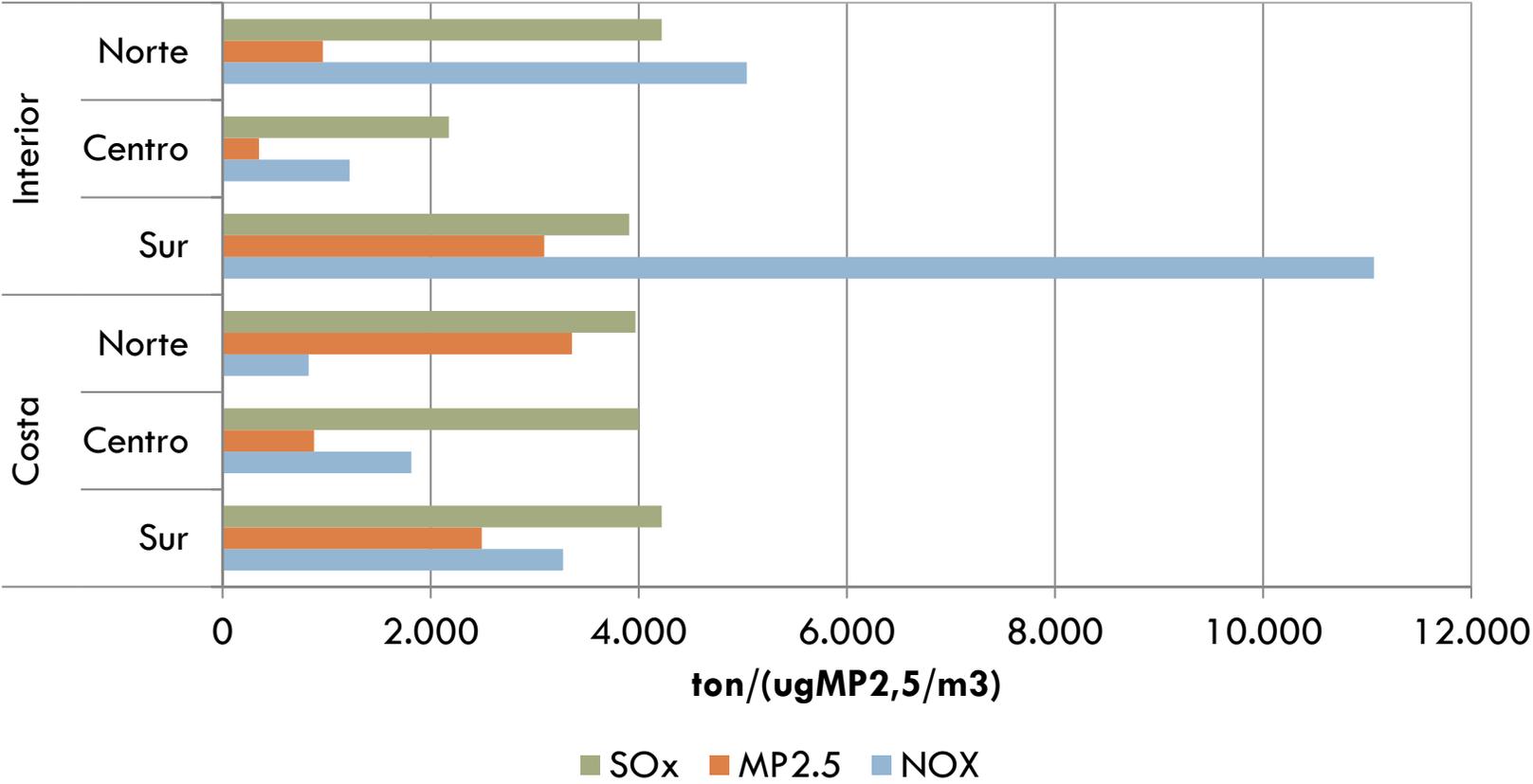


FE NOx



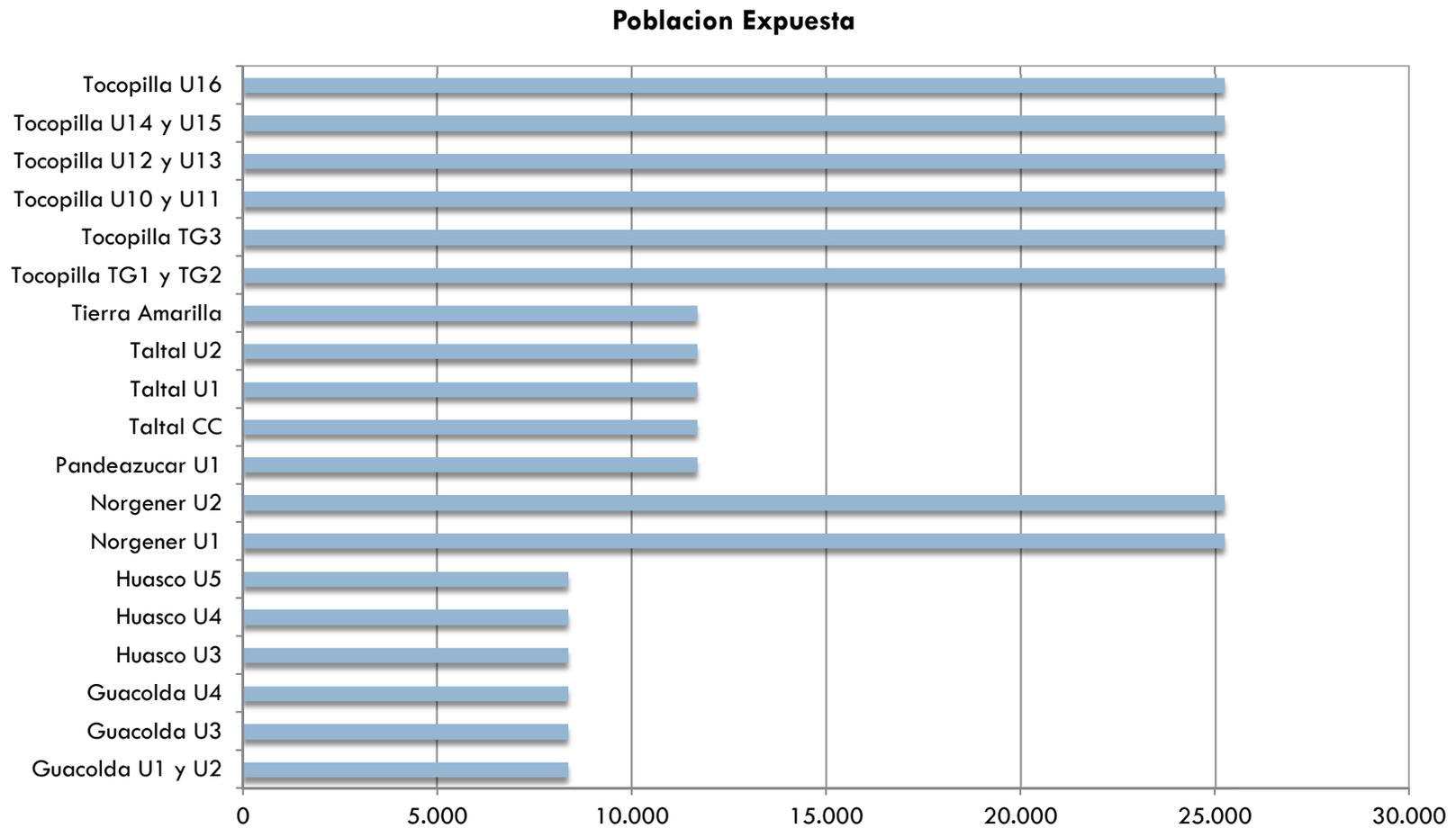
Fuente: MG y Cifuentes, 2010. Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de una Norma de Emisión para Termoeléctricas

FEC de algunas ubicaciones



Fuente: Análisis Técnico-Económico de las Nuevas Normas de Emisión para Fuentes Móviles a Nivel Nacional

Población Afectada

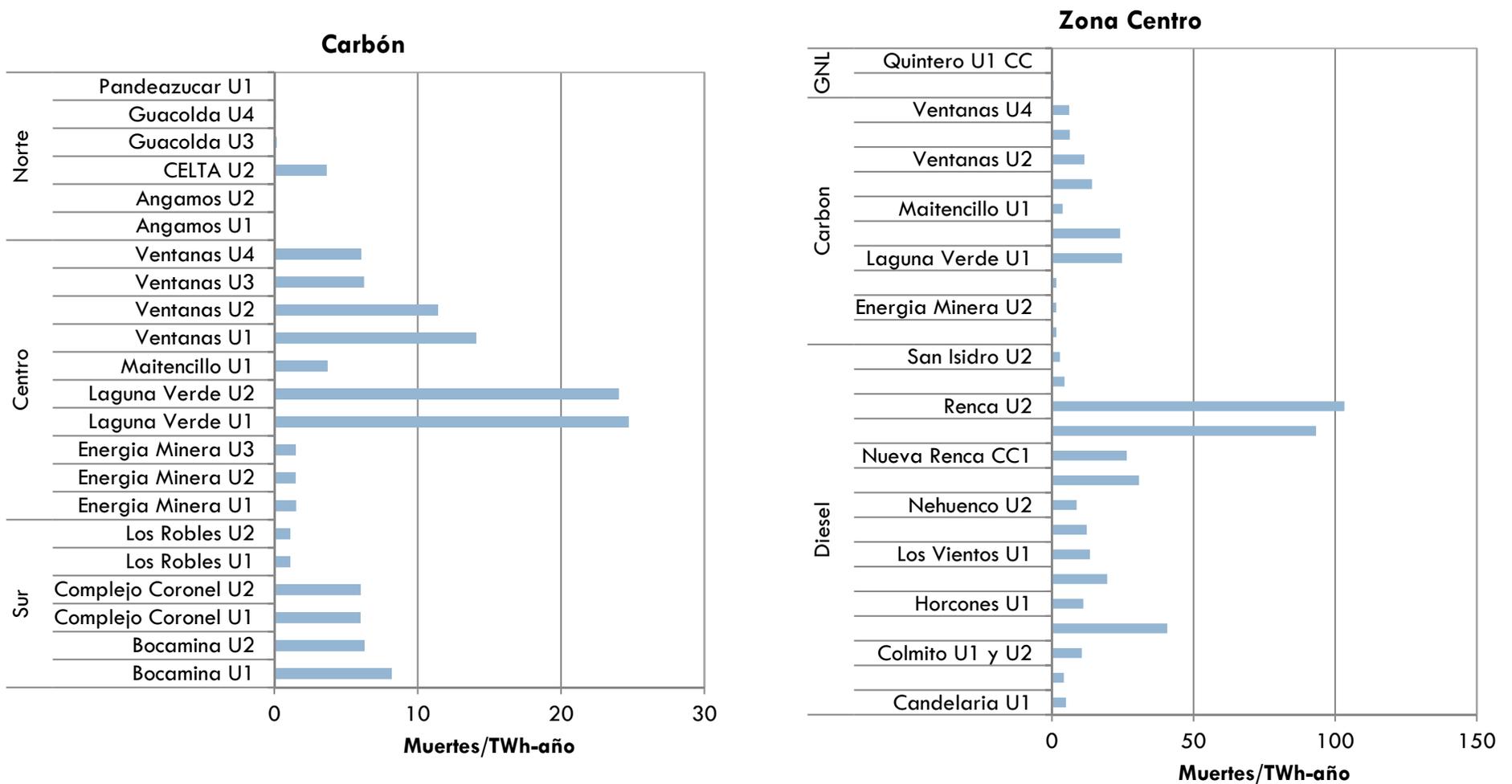


Fuente: MG y Cifuentes, 2010. Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de una Norma de Emisión para Termoeléctricas

Esto da origen a resultados con alta
variabilidad:



Riesgo de cada chimenea



Fuente: MG y Cifuentes, 2010. Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de una Norma de Emisión para Termoeléctricas

Comentarios



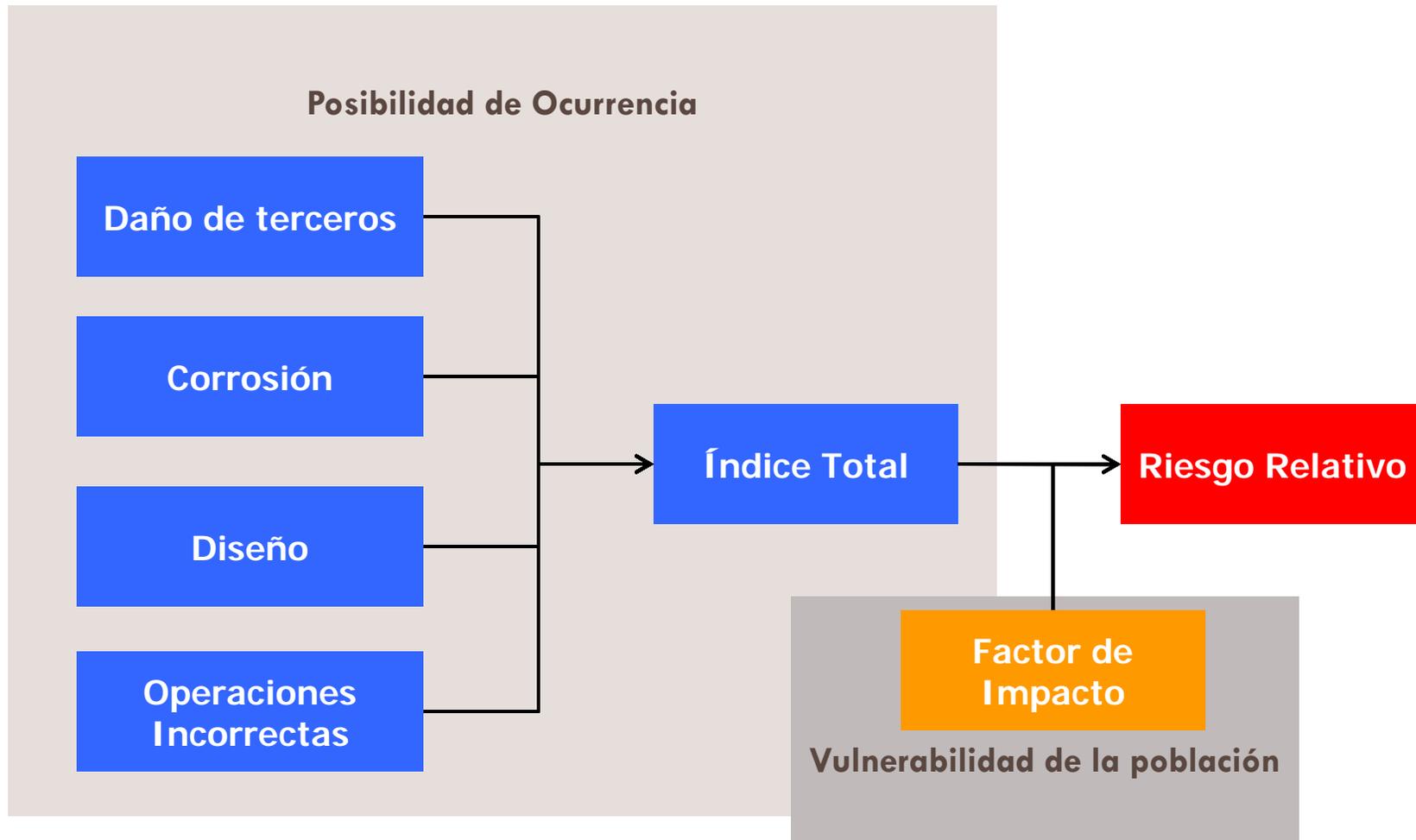
- El modelo de riesgo muestra que es posible estimar el riesgo para cada proyecto en particular.
- Pero se requiere de un análisis complejo, aun para un sector ampliamente estudiado.
- Como se puede realizar este análisis para todo el universo de fuentes con RCA?

Modelo de Riesgo Relativo para Chile

- En la práctica es imposible realizar estos cálculos para cada una de las 12.000 actividades con RCA.
- Se requiere un modelo aproximado, que tomando características conocidas de la actividad o proyecto, estime su riesgo.
- Con este riesgo, se pueden jerarquizar las actividades para programar las actividades de fiscalización.

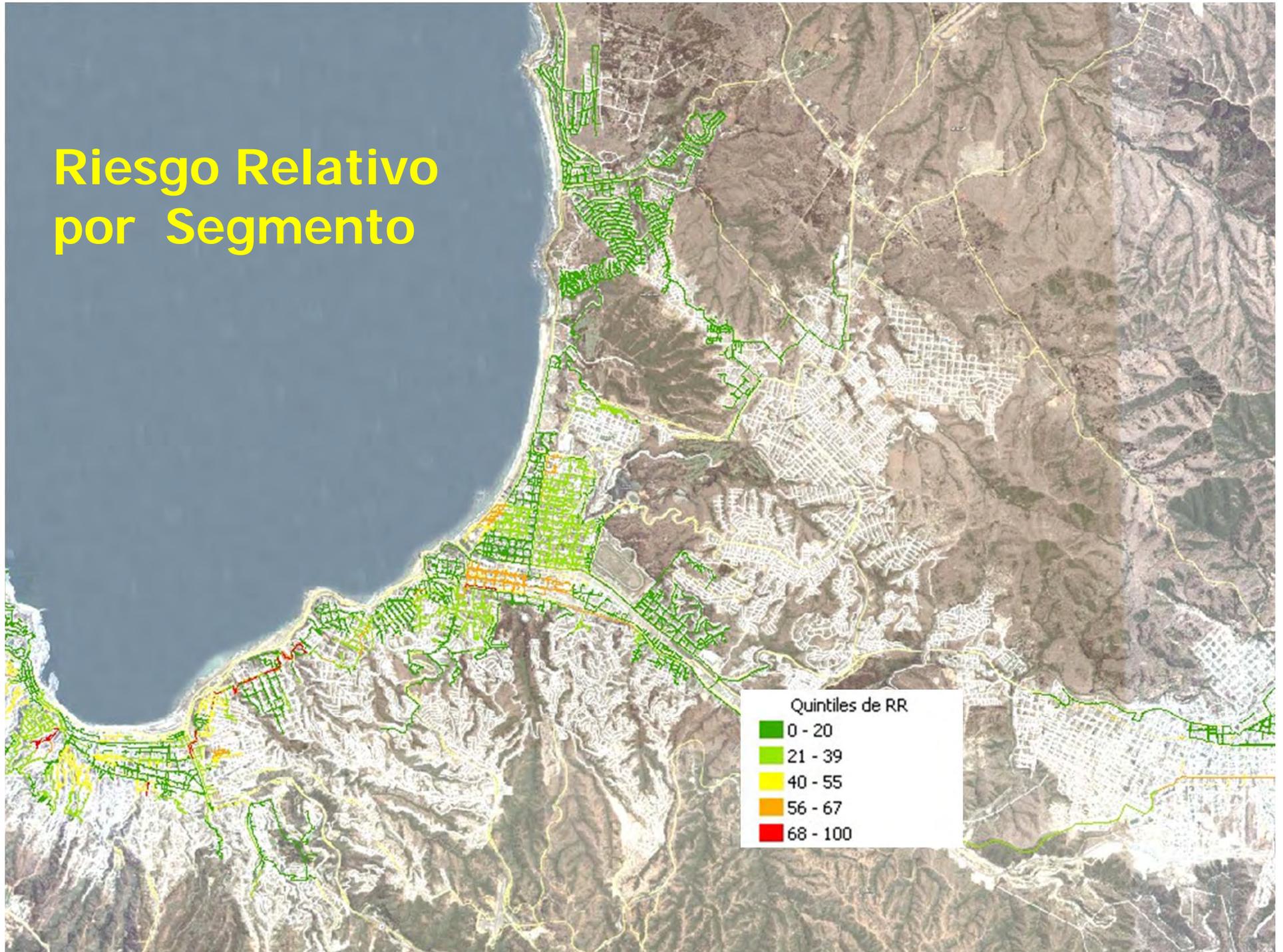


Evaluación de Riesgo Relativo de Redes de Distribución de Gas



Fuente :Muhlbauer, W. K. (2004). Pipeline Risk Management Manual: Ideas, Techniques and Resources. Amsterdam, Elsevier.

Riesgo Relativo por Segmento





Muchas gracias