

# Modelo de Representación del Riesgo Ambiental de Proyectos o Actividades con RCA a Nivel Nacional

Cuidando la salud  
de las personas  
y el medio ambiente



Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

Santiago, Chile, 7 de mayo de 2012

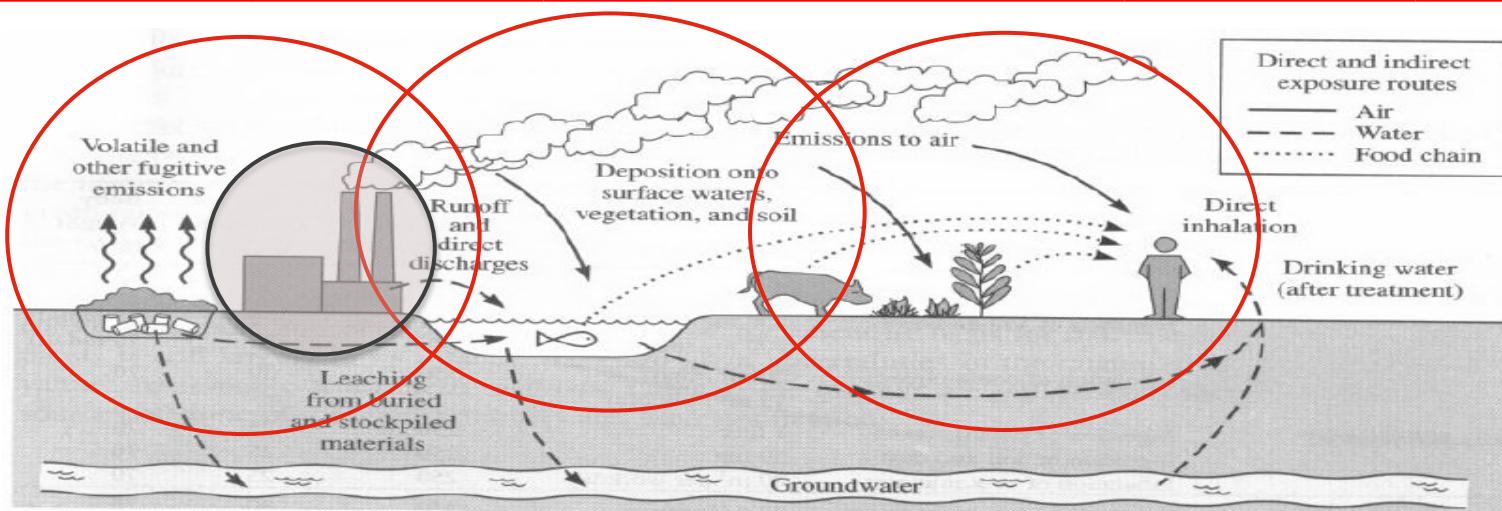
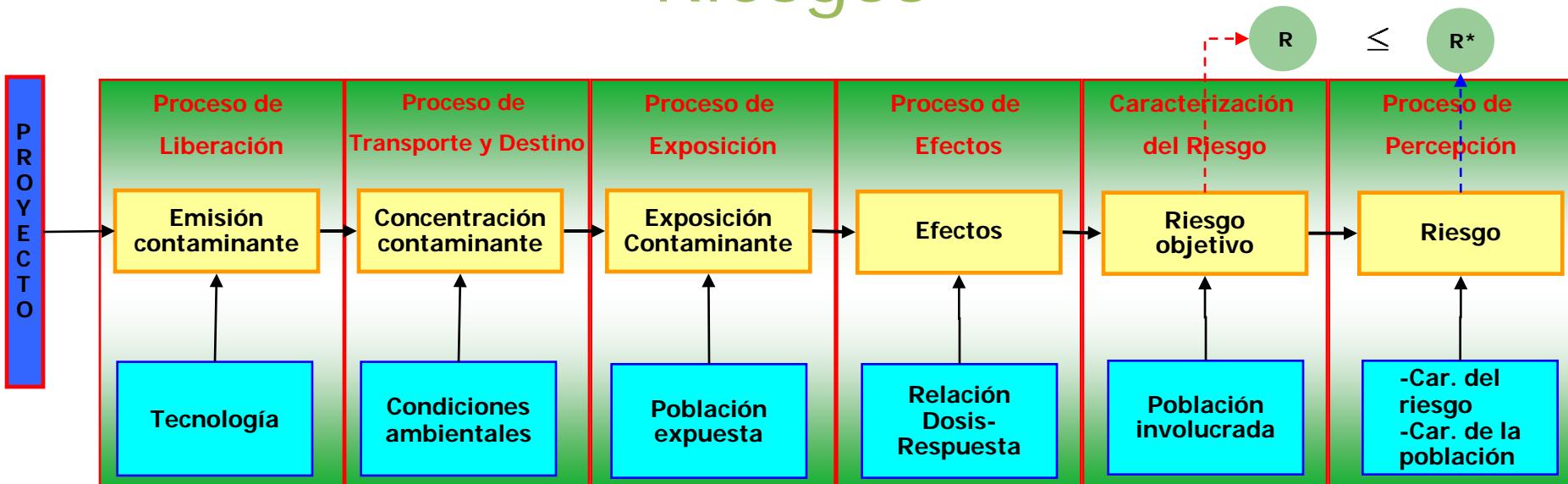
# Modelo de Riesgo Ambiental Relativo para Chile

- Conceptualización General
- Índices de Riesgo:
  - Liberación
  - Características del Entorno
  - Percepción de Riesgo
  - Riesgo Ambiental Relativo
- Conclusiones

# Conceptualización General



# Marco de Trabajo de la Evaluación de Riesgos



# La evaluación del riesgo incluye varios procesos

- Proceso de Liberación
  - Emisiones de agentes de riesgo
- Proceso de Exposición:
  - Transporte y destino del agente de riesgo
  - Población o elementos ambientales expuestos
- Proceso de Efectos
  - Relaciones dosis-respuesta
  - Co-causas
- Procesos de Percepción
  - Características de los efectos del riesgo
  - Características de la población afectada

# Una evaluación de riesgo comienza por definir el ámbito

- **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?
    - Catastróficos, inequitativos, ...
    - Inmediatos, demorados
- **Caracterización del riesgo**
  - Cuales es la dimensión temporal?
  - Cual es el alcance geográfico?

# 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:*

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

Donde:

P : contaminante primario

C : contaminante secundario

R : receptor

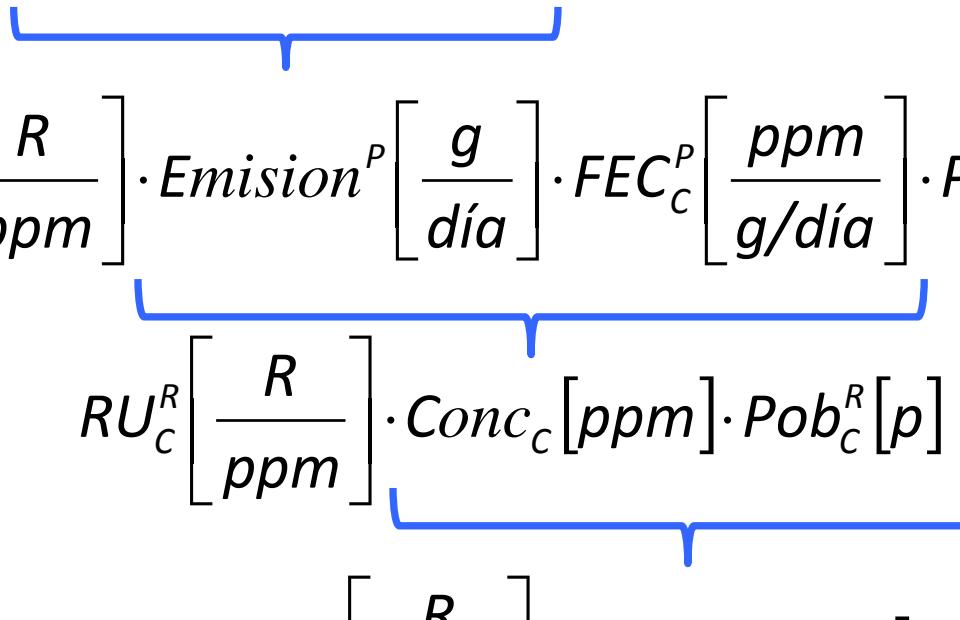
A : actividad

*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

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

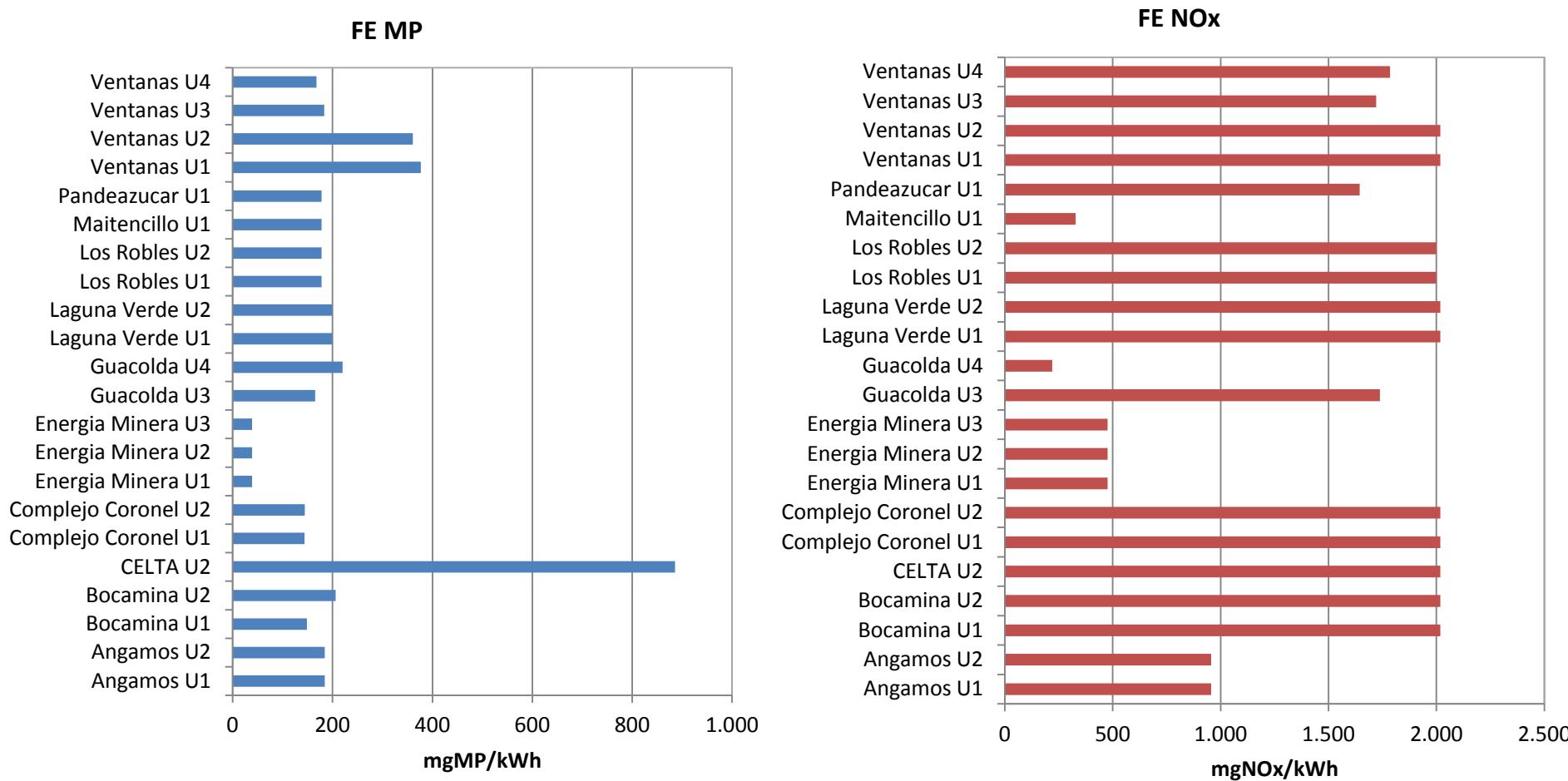


$$RU_C^R \left[ \frac{R}{ppm} \right] \cdot Emision^P \left[ \frac{g}{día} \right] \cdot FEC_C^P \left[ \frac{ppm}{g/día} \right] \cdot Pob_C^R [p]$$
$$RU_C^R \left[ \frac{R}{ppm} \right] \cdot Conc_C [ppm] \cdot Pob_C^R [p]$$
$$Riesgo_{C,A}^{P,R} = RU_C^R \left[ \frac{R}{ppm} \right] \cdot Exposición_C^R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

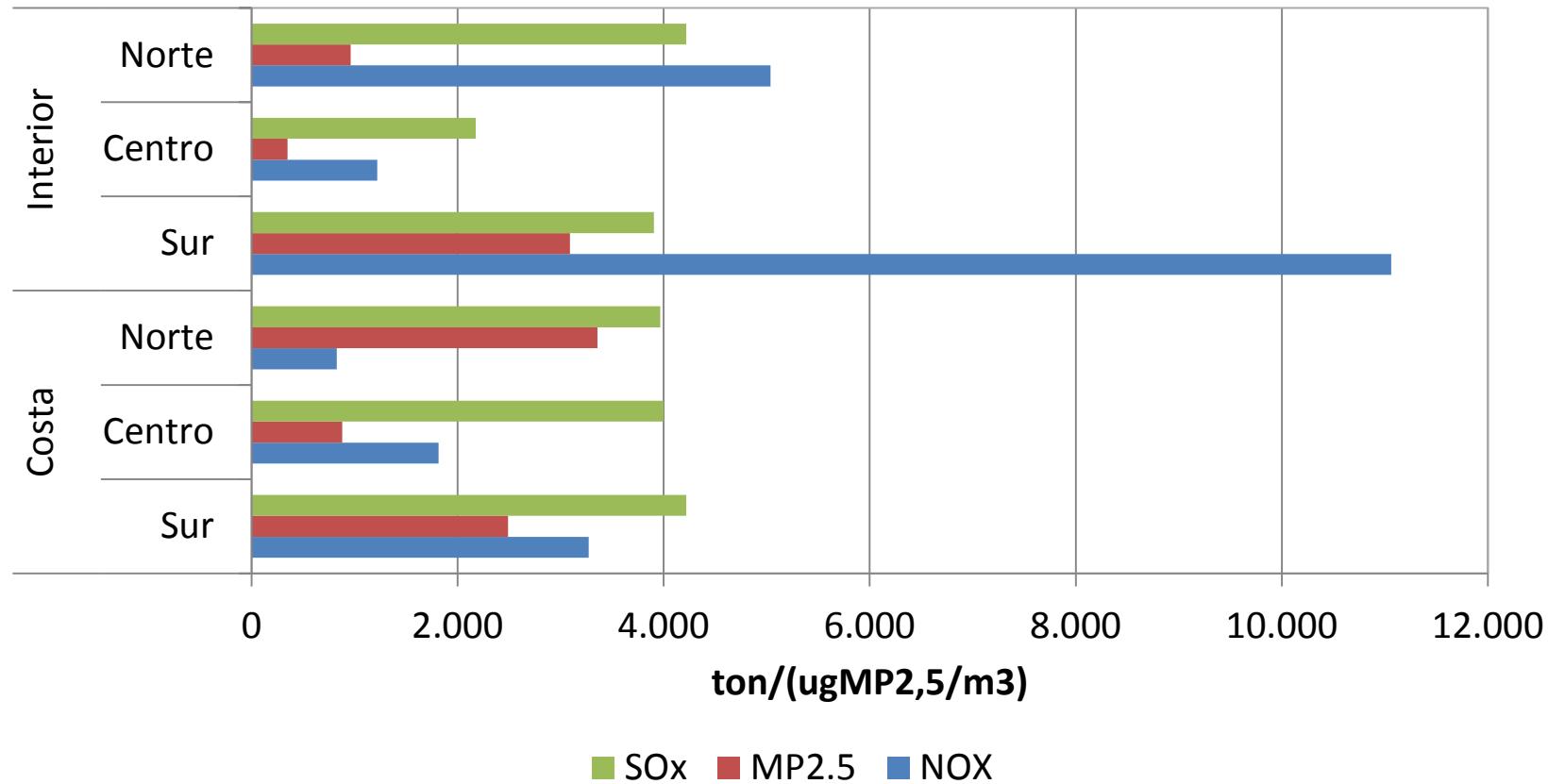
# Ejemplo: Riesgos de Centrales Térmicas

- 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.

# Factor de Emisión de Plantas - Carbón

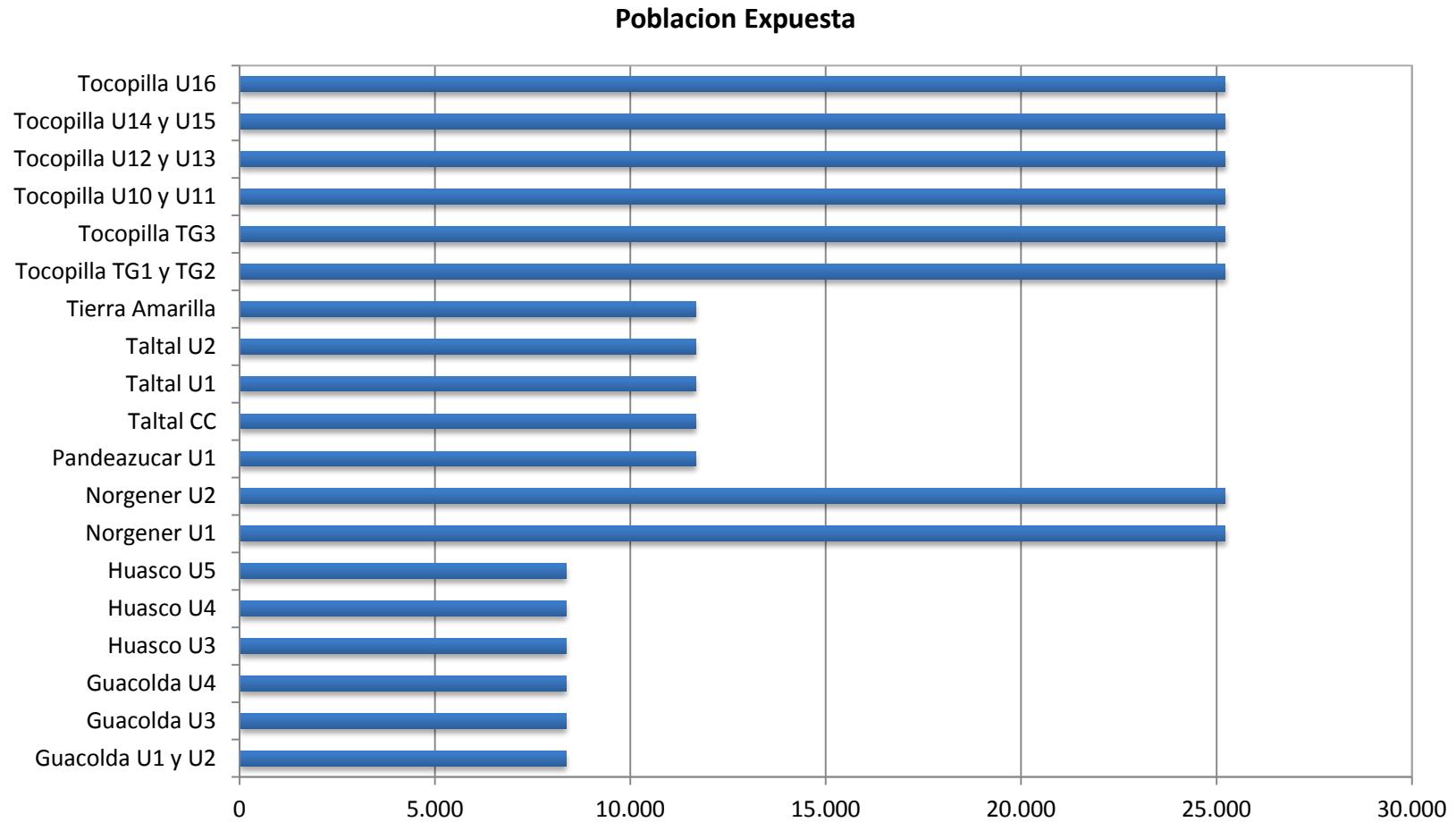


# FEC de algunas ubicaciones



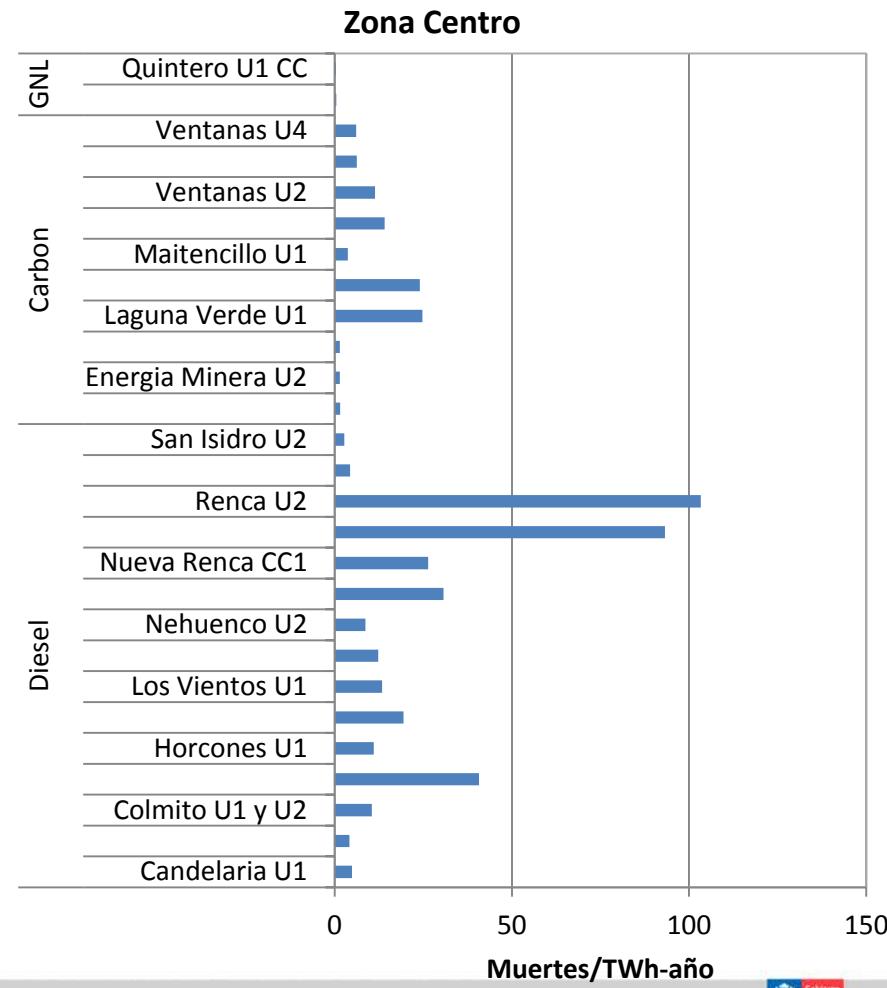
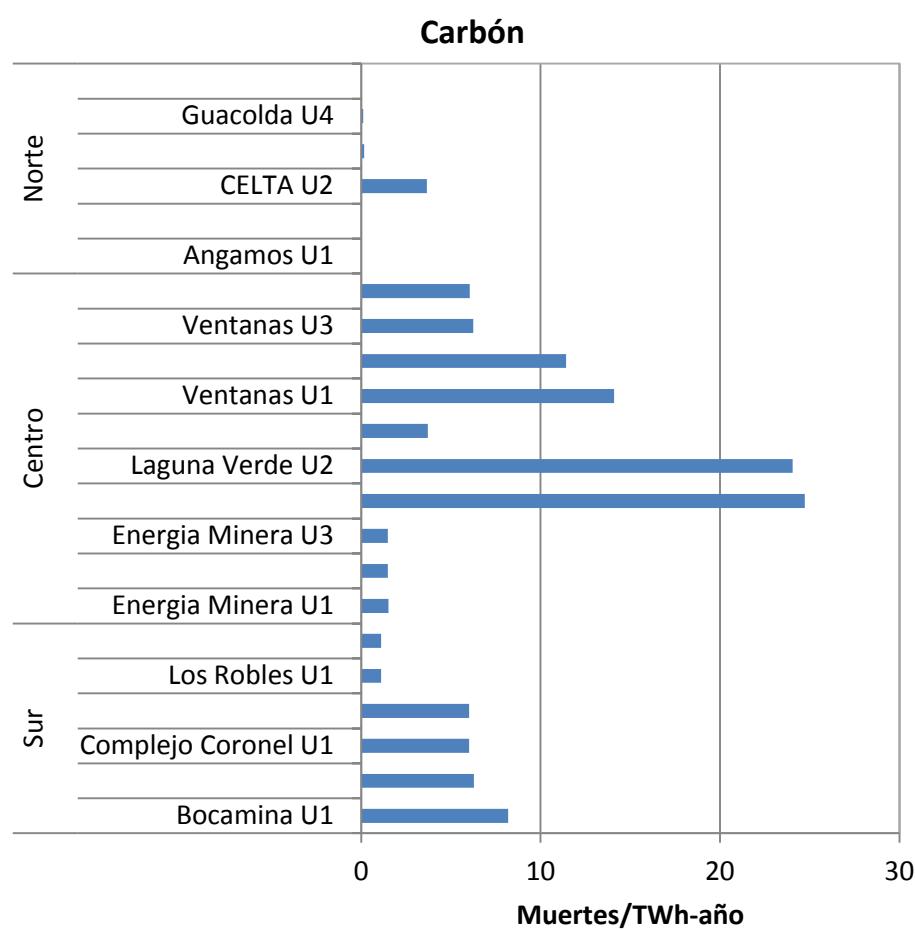
Fuente: Análisis Técnico-Económico de las Nuevas Normas de Emisión para Fuentes Móviles a Nivel Nacional

# Población Afectada



Esto da origen a resultados con  
alta variabilidad:

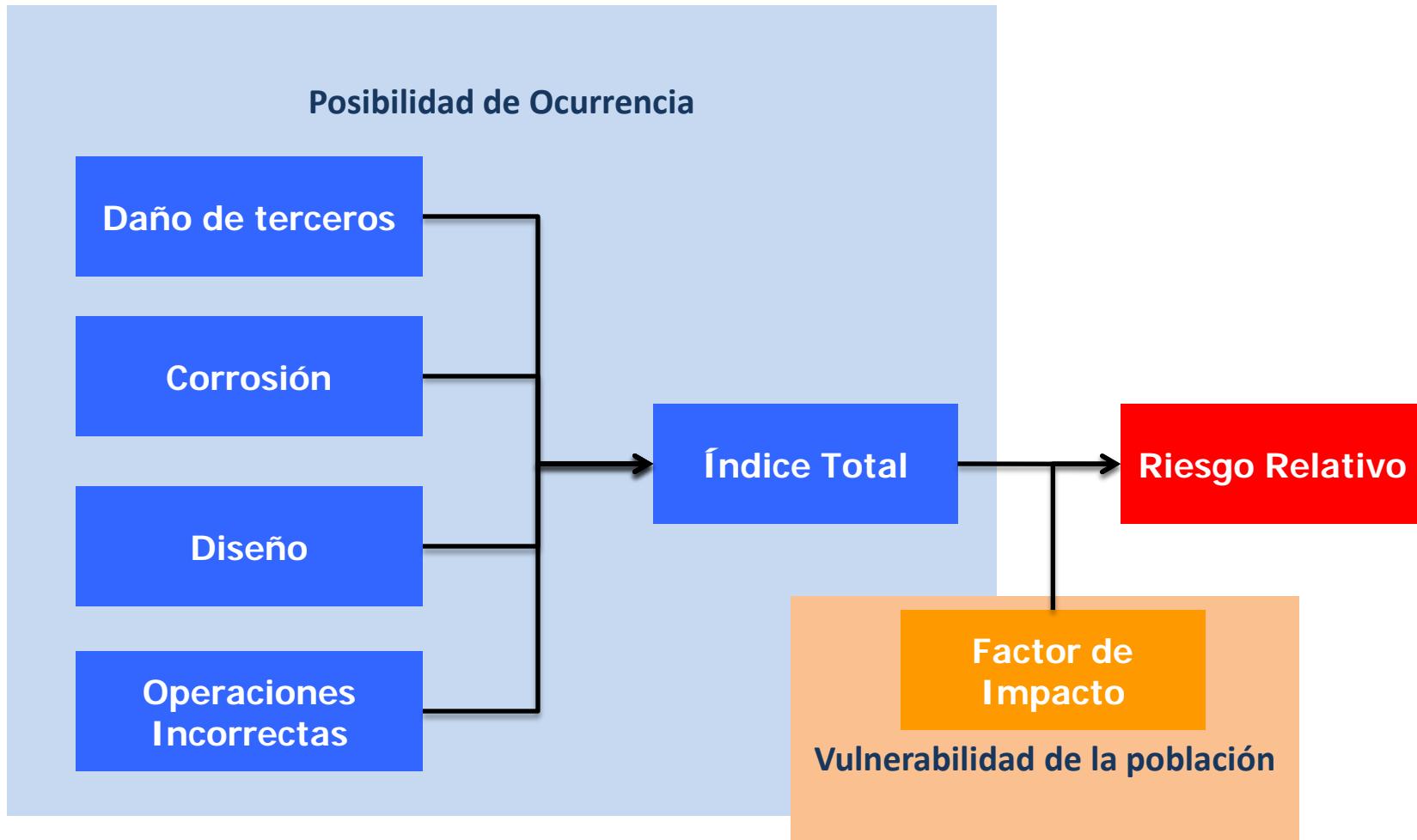
# Riesgo de cada chimenea



# Conclusiones

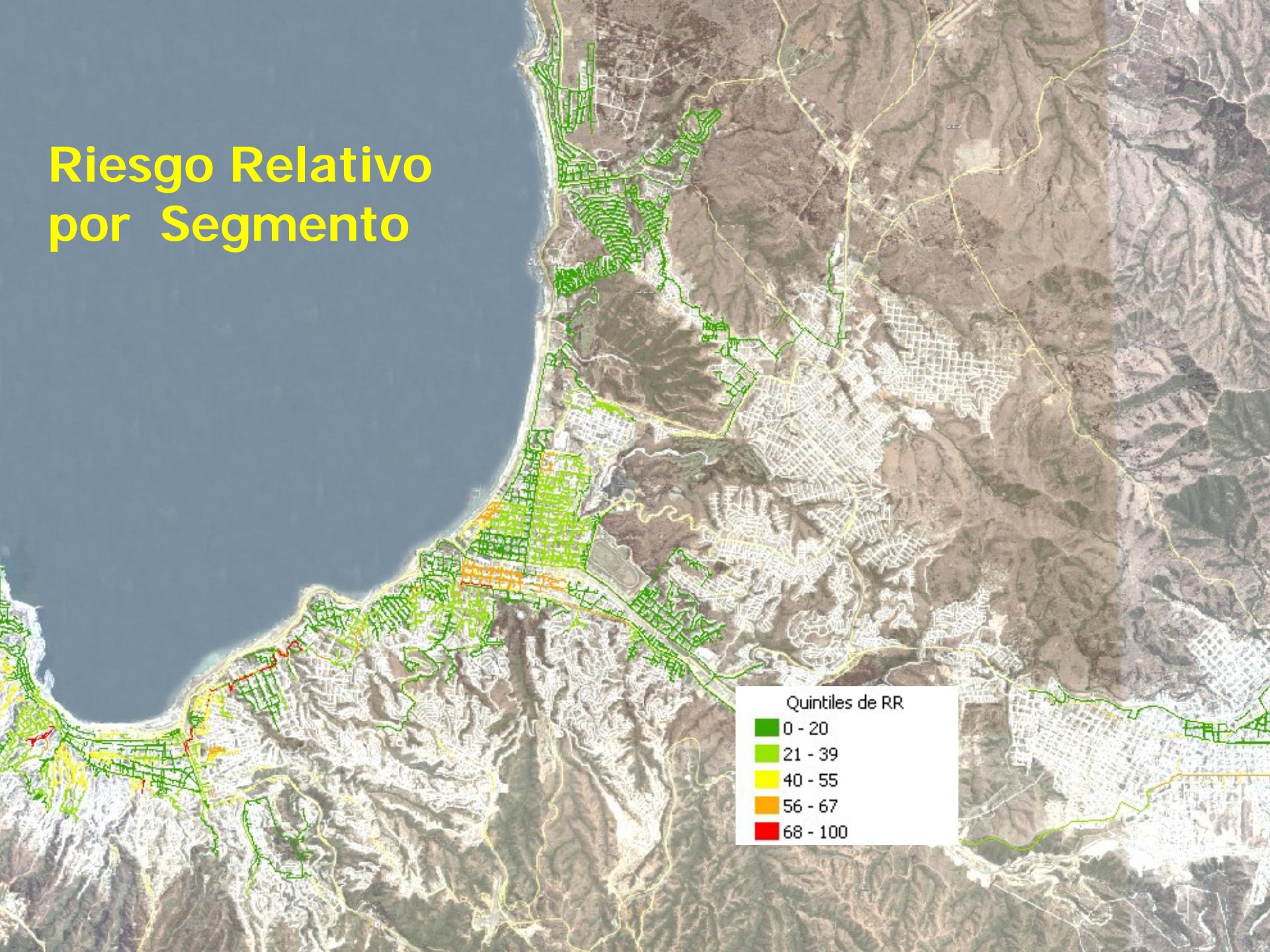
- El modelo de riesgo muestra que es posible estimar el riesgo para cada proyecto en particular.
- Pero se requiere de un análisis complejo, aun para un sector ampliamente estudiado.
- Como se puede realizar este análisis para todo el universo de fuentes con RCA?

# 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



# 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.



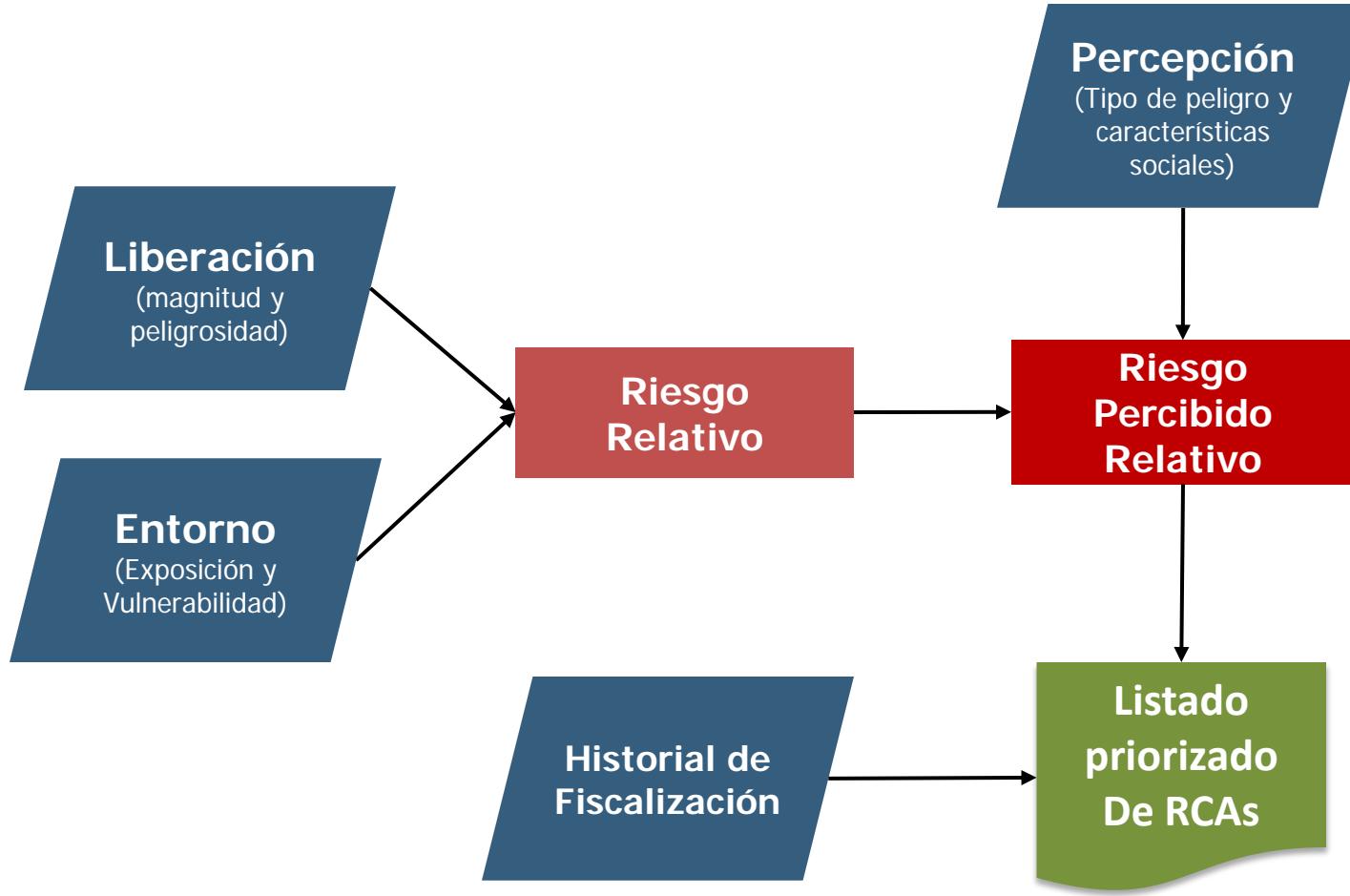
# Factores que condicionan el riesgo:

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

The diagram illustrates the components of the Risk formula grouped by context:

- Agente de Riesgo**: Groups the first two terms:  $RU_C^R \left[ \frac{R}{ppm} \right]$  and  $Act_A \left[ \frac{act}{día} \right]$ .
- Proyecto**: Groups the third term:  $FE_A^P \left[ \frac{g}{act} \right]$ .
- Entorno**: Groups the last two terms:  $FEC_C^P \left[ \frac{ppm}{g/día} \right]$  and  $Pob_C^R [p]$ .

# Modelo de Priorización de Riesgo Relativo



# Índices de Liberación y Entorno

- **Liberación:** potencial de liberación de agentes de riesgo al medio ambiente

- Magnitud y peligrosidad de liberaciones
- Monitoreo Ambiental
- Calidad Ambiental Base
- Historial de Incumplimiento

-Emisiones al Aire  
-Descargas al Agua/Alcantarillados  
-Generación de Residuos

Ajustes al índice

- **Entorno:** componentes ambientales potencialmente expuestos a los agentes de riesgo liberados

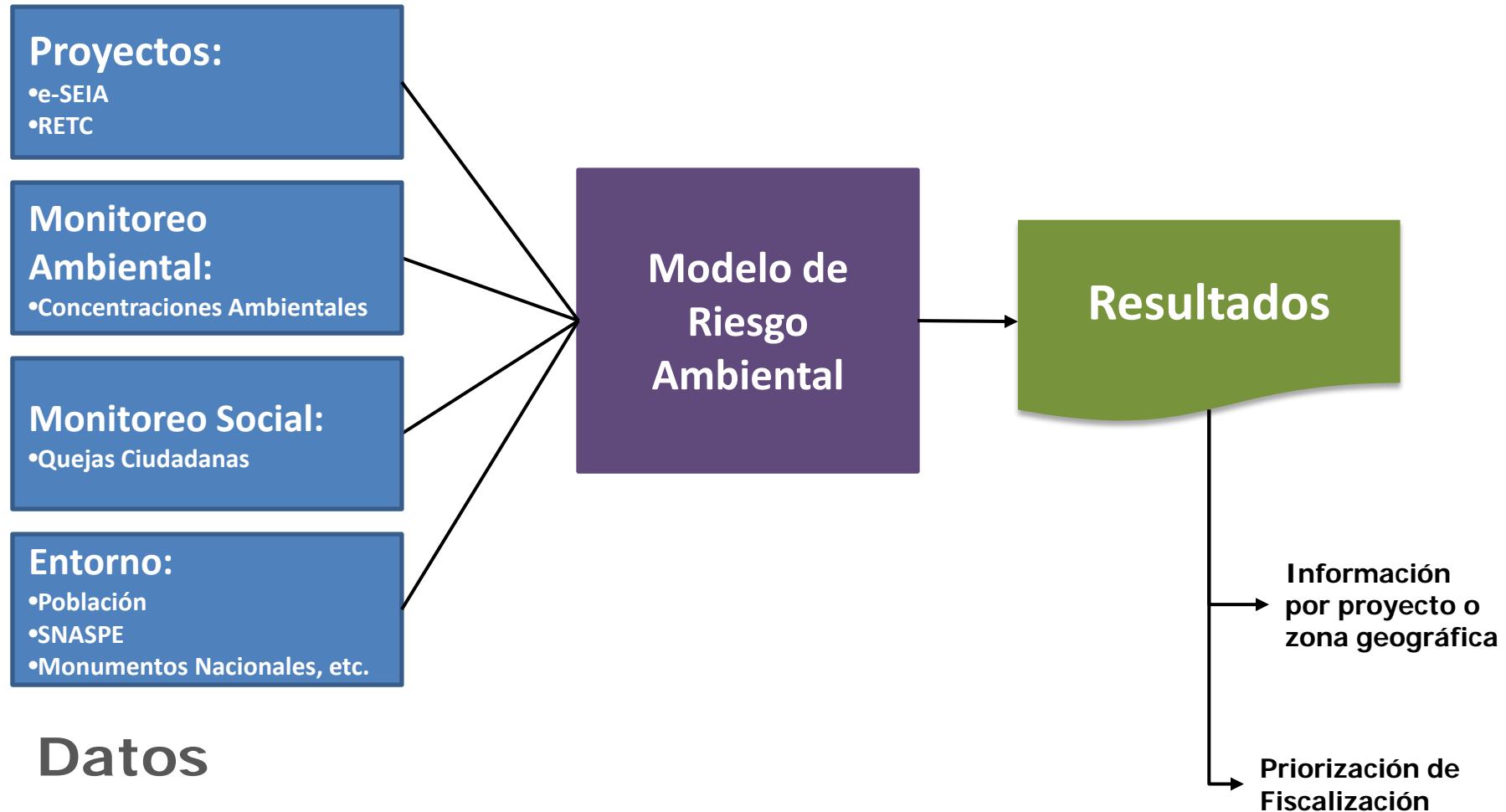
- Cantidad de componentes
- Vulnerabilidad de las componentes

-Población Humana  
-Ecosistemas  
-Patrimonio Cultural

# Índices de Percepción

- **Percepción:** percepción de la población con respecto a potenciales efectos producidos por actividad:
  - Tipo de peligro
  - Características sociales

# Modelo Operacional



# Imputación de datos faltantes

- Para que el modelo de riesgo funcione, es fundamental estimar el riesgo de todas las fuentes (ya que es un modelo de riesgo relativo)
- Si no existen datos, es necesario completar los datos con la mejor información disponible.
- En general, se usa el siguiente protocolo de imputación:
  1. Datos reales
  2. Datos de la regulación
  3. Datos característicos del sector industrial o entorno (comuna o region).

# Calculo de Indices de Riesgo

A continuación se describe el cálculo de cada índice de riesgo

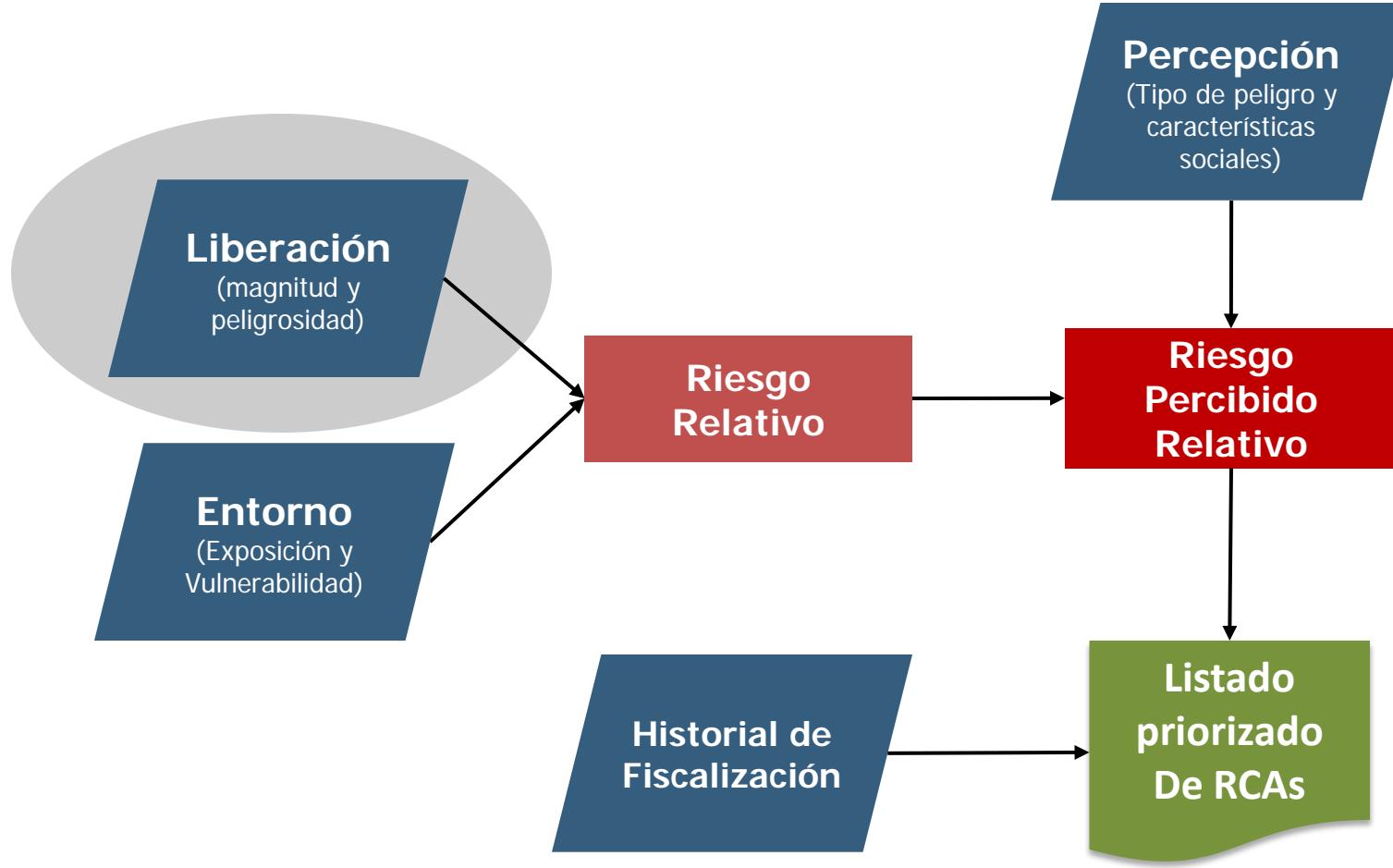
# Índices de Riesgo



# ÍNDICE DE LIBERACIÓN

- Puntaje de Liberación
- Ajuste Historial de Incumplimiento
- Ajuste Calidad Ambiental Base
- Ajuste Monitoreo Ambiental

# Modelo de Priorización de Fiscalización

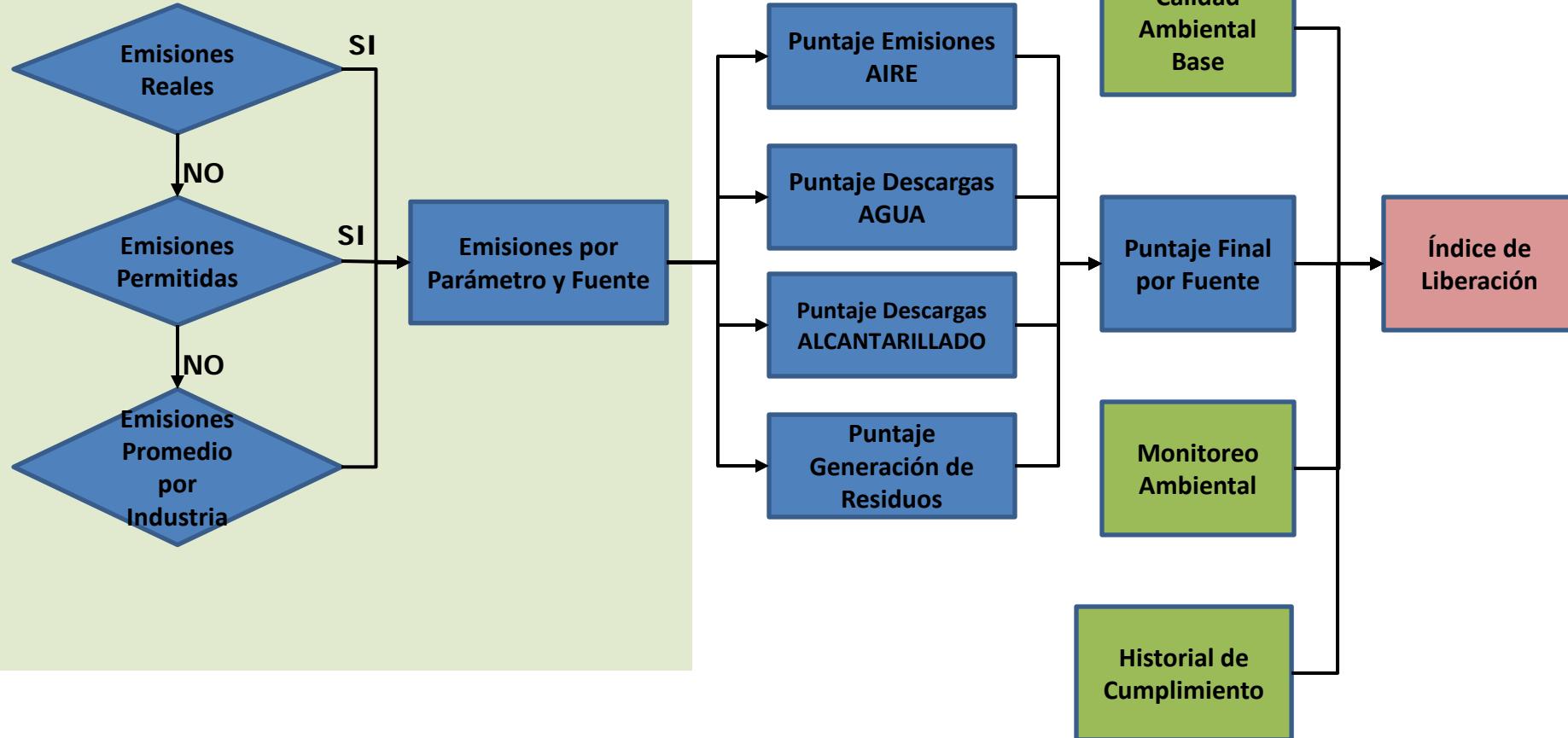


# Índice de Liberación

- **Representa el potencial de liberación de agentes de riesgo al medio ambiente**
- Tipos de liberaciones consideradas:
  - Emisiones al Aire
  - Descargas al Agua
  - Descargas al Alcantarillado
  - Generación de Residuos
- Se consideran dos dimensiones:
  - **Magnitud** de la liberación
  - **Peligrosidad** del agente de riesgo
- Se realizan los siguientes ajustes:
  - Calidad Ambiental Base
  - Monitoreo Ambiental
  - Historial de Incumplimiento

# Estimación del Índice de Liberación

## Datos de Emisiones



# Estimacion: Magnitud de la Liberación

	<b>Nivel</b>	<b>Definición</b>	<b>Fuentes de Datos</b>
<b>1</b>	Liberaciones reales	$E_R$ (parámetro, fuente)	<ul style="list-style-type: none"><li>• RETC</li><li>• Monitoreo</li></ul>
<b>2</b>	Liberaciones permitidas	$E_P$ (parámetro, fuente) ó $E_P$ (parámetro, sector geográfico)	<ul style="list-style-type: none"><li>• RCA</li><li>• Normas de emisión</li><li>• PPA o PDA</li></ul>
<b>3</b>	Liberaciones promedio por tipo de industria ajustada por inversión	$E$ (parámetro, CIIU)	<ul style="list-style-type: none"><li>• RETC</li><li>• e-SEIA</li></ul>

Fuente: Elaboración Propia

# Ejemplo Estimación de Liberaciones

Escenario	Contaminante	Emisión Real	Emisión Permitida		Emisión Promedio por CIIU	Liberación Final kg/año
			Fuente	Sector		
			(kg/año)			
1	MP2,5	1.000	1.500	1.800	1.800	1.000
	NOX	No emite	20.000	25.000	27.000	0
	SOX	40.000	10.000	15.000	18.000	40.000
2	MP2,5	S/I	1.500	1.800	2.000	1.800
	NOX	S/I	20.000	25.000	30.000	25.000
	SOX	S/I	10.000	15.000	20.000	15.000
3	MP2,5	S/I	S/I	S/I	2.200	2.200
	NOX	S/I	S/I	S/I	33.000	33.000
	SOX	S/I	S/I	S/I	22.000	22.000

Fuente: Elaboración Propia

# Peligrosidad del agente liberado

- La peligrosidad de los agentes de riesgo se representa a partir de los umbrales de liberación para cada agente de riesgo.
- Este umbral representa el nivel de tolerancia o aceptación por parte de la sociedad. Su valor relativo es un reflejo de la peligrosidad.
- Se propone utilizar los umbrales aceptados según el **Registro Europeo de Emisiones y Transferencia de Contaminantes** (E-PRTR, por sus siglas en inglés “European Pollutant Release and Transfer Register”).

# Ecuación Puntaje de Liberación

$$Pje\_lib_{c,m}^i = \frac{Lib_{c,m}^i}{Umb_{c,m}}$$

Donde,

- $Lib_{c,m}^i$ : corresponde a la liberación del agente de riesgo c en el medio m para el proyecto o actividad i.
- $Umb_{c,m}^i$ : corresponde al umbral de liberación del agente de riesgo c en el medio m.

# Ejemplo: Estimación Puntaje de Liberación

Escenario	Contaminante	Liberación (kg/año)	Umbrales * (kg/año)	Puntaje (Lib/Umbrales)	Puntaje Liberación Aire
1	MP2,5	1.000	20.000	0,05	1,32
	NOX	0	100.000	0	
	SOX	40.000	150.000	0,27	
2	MP2,5	1.800	20.000	0,09	1,44
	NOX	25.000	100.000	0,25	
	SOX	15.000	150.000	0,1	
3	MP2,5	2.200	20.000	0,11	1,59
	NOX	33.000	100.000	0,33	
	SOX	22.000	150.000	0,15	

\*Fuente: EU-PARLIAMENT and EU-COUNCIL 2006. European Pollutant Release and Transfer Register

- Puntaje Agregado = 1 + sum(p, c)

# Ajuste por Historial de Incumplimiento

Se realiza un ajuste a este índice, “castigando” el puntaje de liberación de acuerdo al historial de incumplimiento:

¿Durante los últimos **3 años**, se detectó algún incumplimiento debido a emisiones o descargas en el proyecto o actividad?

NIVEL	Descripción	Fuentes de Datos
1	Historial de incumplimiento.	Historial de incumplimiento
2	De acuerdo al % de "no conformidades" asociadas al proceso de fiscalización.	Resultado Fiscalización
3	Historial de Sanciones como proxy al incumplimiento de las liberaciones. O en su defecto, un mayor riesgo de incumplimiento.	Historial de Sanciones

# Ajuste Historial Incumplimiento

- Ajuste por Monto de Sanción (como proxy del incumplimiento):

Criterio	Ajuste
Sin sanción, ni amonestación	1
Amonestación	1,1
<250 UTM	1,2 – 1,3
>250 UTM	1,3 – 1,5

- En caso de existir sanción: Se estima su ajuste normalizando los montos de sanción:
  - Para montos < 250 UTM entre 1,2 y 1,3
  - Para montos > 250 UTM entre 1,3 y 1,5

# Ajuste por Calidad Ambiental Base

- Este ponderador aumenta el valor del índice de liberación en función de la calidad ambiental base del entorno en que está emplazado el proyecto.
- La calidad ambiental nos indica en que zona hay que tener mayor atención.



# Composición del Ajuste por Calidad Ambiental Base

- Fuentes de información primaria: áreas establecidas como:
  - Latentes
  - Saturadas
  - Plan de Prevención Ambiental (PPA)
  - Plan de Descontaminación Ambiental (PDA)

# Ponderadores de ajuste por Calidad Ambiental Base

- Se proponen los siguientes ponderadores:

Calidad Ambiental Base	Puntaje
Cumplimiento	1
Zona Latente	1,1
Zona Saturada	1,3
Zona PPDA	1,5

# Ajuste por Monitoreo Ambiental

- Este ponderador aumenta el valor del índice de liberación en función del monitoreo de calidad ambiental:
  - Monitoreo Técnico (monitores)
  - Monitoreo Social (denuncia ciudadana)
- La calidad ambiental podría ser un indicador indirecto de incumplimiento de alguno de los proyectos localizados dentro de la zona.
- Ej: Si un monitor ambiental detecta superación en las normas de calidad ambiental, esto podría indicar:
  - Uno o más proyectos no están cumpliendo con normas de emisión
  - Condiciones meteorológicas desfavorables

# Composición del Ajuste de Monitoreo

- Fuentes de información primaria:
  - Monitoreo Técnico:
    - Información de Estaciones de Monitoreo según cada RCA asociadas a cada proyecto.
    - Información de Estaciones de Monitoreo para el periodo anterior al año de fiscalización
  - Monitoreo Social:
    - Información proveniente del sistema de denuncia de la SMA

# Ajuste de Monitoreo Ambiental

- Para este ajuste los niveles de información están asociados a la localización geográfica del proyecto, y por lo tanto los monitores contenidos en su área de influencia

NIVEL	Descripción	Fuentes de Datos
1	Este nivel contiene la información entregada por los monitores que tiene asociado cada proyecto según la RCA que le corresponda, además de las alertas declaradas por la SMA en sus sistemas.	Monitores según RCA
2	Es aquel que asigna a un proyecto la información de monitoreo ambiental de la(s) comuna(s) en donde éste se encuentra.	Información disponible para la(s) comuna(s)

# Monitoreo de Denuncia

- En proceso.

# Ajuste Monitoreo Ambiental

Puntajes Propuestos:

Criterio	Puntaje
Calidad Ambiental Base Buena	1
Denuncias	1,3
Incumplimiento en Estaciones de Monitoreo	1,5

# Cálculo Índice de Liberación

$$Pje\_lib\_cons_m^i = Pje\_lib_m^i \cdot Pond_{Inc}^i \cdot Pond_{CAB,m}^i \cdot Pond_{Mon,m}^i$$

Donde,

$Pje\_lib_m^i$  : puntaje de liberación en el medio  $m$  para el proyecto/actividad  $i$

$Pond_{Inc}^i$  : ponderador de incumplimiento para el proyecto/actividad  $i$

$Pond_{CAB,m}^i$  : ponderador de calidad ambiental base en el medio  $m$  para el proyecto/actividad  $i$

$Pond_{Mon,m}^i$  : ponderador de monitoreo ambiental en el medio  $m$  para el proyecto/actividad  $i$

Finalmente, el valor del índice de liberación se estima normalizando los valores del puntaje de liberación para un mínimo de 1 y un máximo de 100.

# Ejemplo Índice de Liberación

Escenarios	Medio	Puntaje Liberación Medio	Ajuste Incumplimiento	Ajuste Calidad Ambiental Base	Ajuste Monitoreo	Puntaje Liberación Consolidado	Puntaje Liberación Final	Índice de Liberación
1	Aire	1,32	1	1	1	1,32	1,32	1
	Agua	1		1	1	1		
	Alcantarillado	1		1	1	1		
	Residuos	1		1	1	1		
2	Aire	1,44	1	1	1	1,44	1,44	46
	Agua	1		1	1	1		
	Alcantarillado	1		1	1	1		
	Residuos	1		1	1	1		
3	Aire	1,59	1	1	1	1,59	1,59	100
	Agua	1		1	1	1		
	Alcantarillado	1		1	1	1		
	Residuos	1		1	1	1		

$$Pje\_lib_{Final}^i = \prod_m Pje\_lib\_cons_m^i$$

# Ejemplo Índice de Liberación

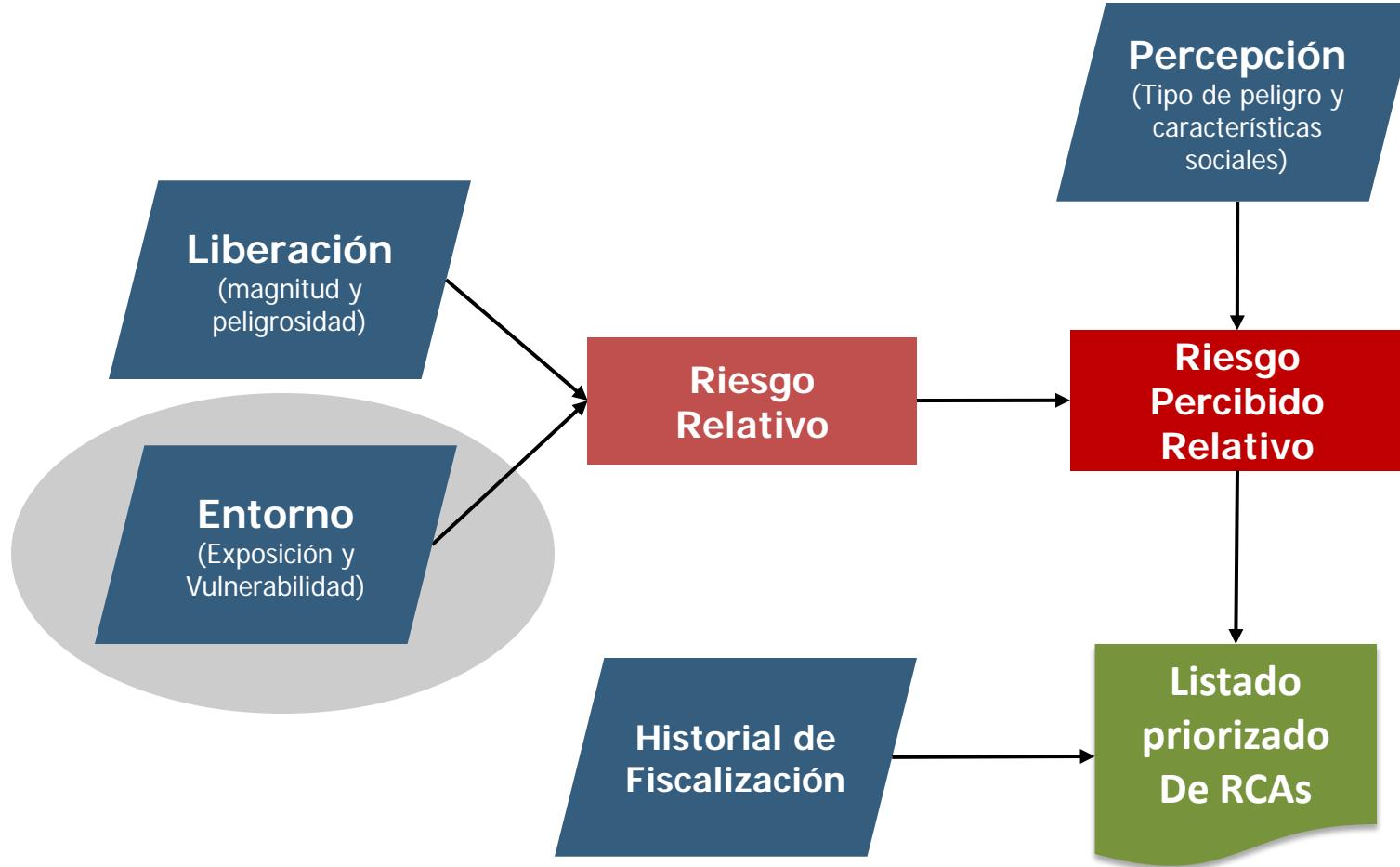
Escenarios	Medio	Puntaje Liberación Medio	Ajuste Incumplimiento	Ajuste Calidad Ambiental Base	Ajuste Monitoreo	Puntaje Liberación Consolidado	Puntaje Liberación Final	Índice de Liberación
1	Aire	1,32	1	1	1	1,32	1,32	1
	Agua	1		1	1	1		
	Alcantarillado	1		1	1	1		
	Residuos	1		1	1	1		
2	Aire	1,44	1,1	1	1	1,58	2,11	100
	Agua	1		1	1	1,1		
	Alcantarillado	1		1	1	1,1		
	Residuos	1		1	1	1,1		
3	Aire	1,59	1	1	1	1,59	1,59	35
	Agua	1		1	1	1		
	Alcantarillado	1		1	1	1		
	Residuos	1		1	1	1		

$$Pje\_lib_{Final}^i = \prod_m Pje\_lib\_cons_m^i$$

# ÍNDICE DE CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO



# Modelo de Priorización de Fiscalización



# Índice de Características del Entorno

- Este índice tiene como finalidad la caracterización del entorno inmediato de cada proyecto, concentrándose en los siguientes receptores:
  - Población humana
  - Ecosistemas
  - Patrimonio cultural
- El índice está construido a partir de los siguientes subíndices:
  - Exposición
  - Vulnerabilidad

# Subíndice de Exposición

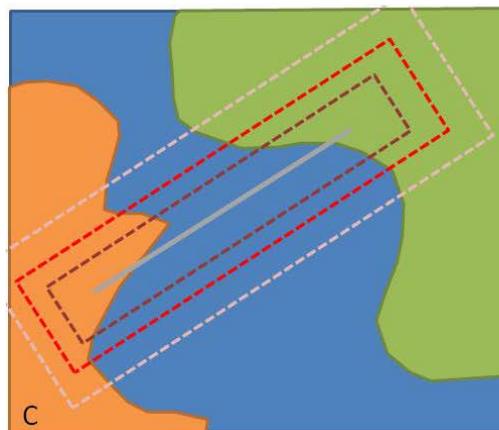
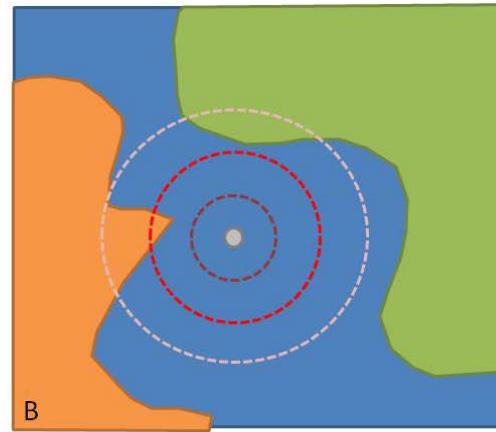
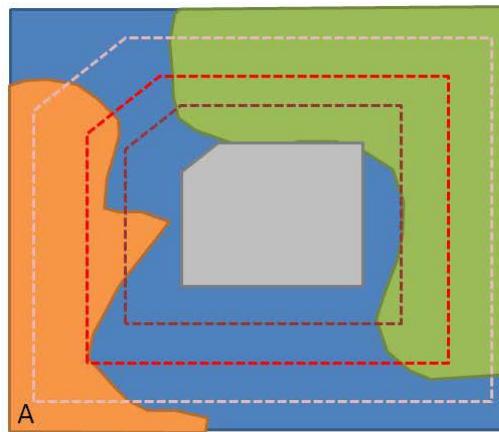
- Caracteriza los niveles de exposición que presentan los distintos componentes medioambientales que puedan potencialmente verse afectados por un proyecto.
- Está representado por:
  - Ubicación de la instalación
  - Extensión del área de influencia
  - Proximidad a receptores de interés

# Estimación del subíndice de Exposición

- Se consideran 3 *buffer* de diferente extensión, que representan 3 niveles de exposición:
  - 250 metros
  - 1.000 metros
  - 4.000 metros

Se le asigna un puntaje a cada *buffer*
- Para la estimación del índice, existen 3 niveles de información, asociados a la localización del proyecto:
  - **Nivel 1:** información ideal, espacialización de las instalaciones en polígonos georeferenciados
  - **Nivel 2:** puntos o líneas georeferenciadas
  - **Nivel 3:** ubicación comunal del proyecto (asignación de valores máximos comunales)

# Representación esquemática representación espacial proyectos



## Leyenda:

- Proyecto Polígono
- Proyecto Punto
- Proyecto Línea
- Buffer 1
- Buffer 2
- Buffer 3
- Componente MA 1
- Componente MA 2
- Componente MA 3

Fuente: Elaboración Propia

# Puntajes subíndice Exposición: *Buffer*

- Si existen receptores dentro del buffer, se activa un puntaje para ese receptor.
- El puntaje para cada buffer esta dado por la siguiente tabla:

Proximidad (m)	Puntaje
<250	10
250 – 1000	6
1.000– 4.000	1

# Cálculo del subíndice de Exposición

- Ejemplo asignación de puntajes subíndice de Exposición

	¿Existen elementos contenidos en el <i>buffer</i> ?		
Receptor	Buffer		
	250	1000	4000
Población Humana	si	si	Si
Ecosistemas	no	si	no
Patrimonio Cultural	no	no	si



	Tabla de puntajes	<i>Puntaje subíndice de Exposición</i>		
Receptor	Buffer			
	250	1000	4000	
Población Humana	10	6	1	
Ecosistemas	0	6	0	
Patrimonio Cultural	0	0	1	

# Subíndice de Vulnerabilidad

- Caracteriza la vulnerabilidad de los distintos elementos del medio ambiente en el cual el proyecto o actividad está inserto, representados como lo receptores de interés:
  - Población humana
  - Ecosistemas
  - Patrimonio Cultural

# Subíndice Vulnerabilidad

## Tipos de Receptor

Población Humana	Receptor Ecosistémico	Receptor Cultural
<ul style="list-style-type: none"><li>• Población urbana</li><li>• Población rural</li><li>• Composición etárea</li><li>• Composición socioeconómica</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Áreas Protegidas SNASPE</li><li>• Áreas Protegidas Privadas</li><li>• Santuarios de la Naturaleza</li><li>• Sitios RAMSAR</li><li>• Cuerpos de agua</li><li>• Bosques Nativos</li><li>• Áreas Marinas Costeras Protegidas</li><li>• Acuíferos y Vegas protegidas</li><li>• Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Monumentos Nacionales</li><li>• Mercedes Indígenas</li><li>• Áreas de Desarrollo Indígena</li><li>• Sitios de Interés turístico</li><li>• Lugares de Interés Histórico Científico</li></ul>

Fuente: Elaboración Propia

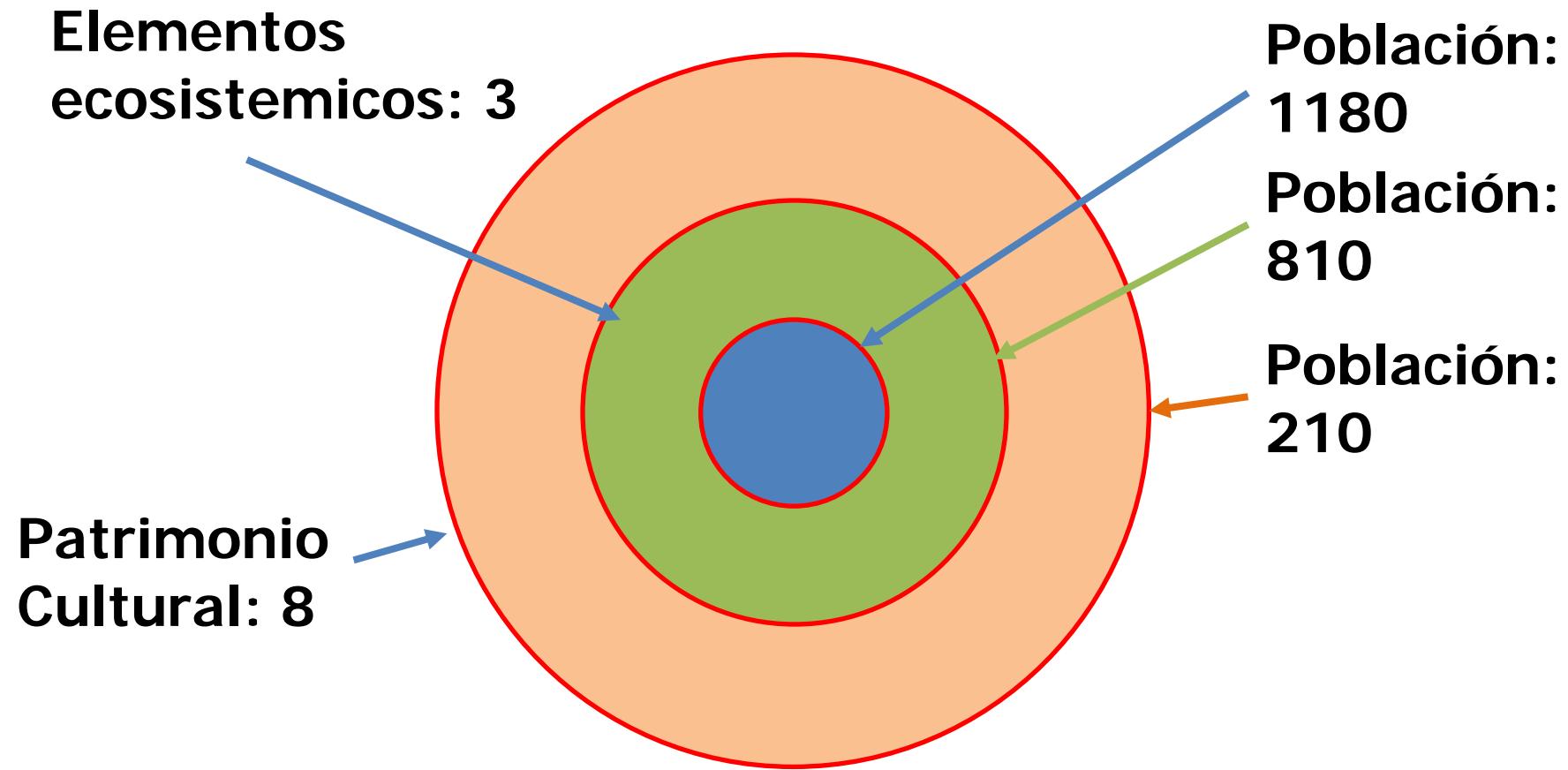
# Subíndice de Vulnerabilidad – Ajustes Población Humana

Grupo Etario	Grupo socioeconómico		
	Indigente	Pobre	No pobre
Menores	1	3	2
Adultos	1	3	2
Adultos Mayores	2	6	4

Fuente: Elaboración Propia en base a Superintendencia de Salud (2010)

Grupos Etarios	Nivel socioeconómico
<b>Menores:</b> <18 años	<b>Indigente:</b> < 1 canasta básica por persona
<b>Adultos:</b> 18-65 años	<b>Pobre:</b> 1-2 canastas básicas por persona
<b>Adultos mayores:</b> >65 años	<b>No pobre:</b> > 2 canastas básicas por persona
	Fuente: CASEN 2009

# Ejemplo Estimación Subíndice de vulnerabilidad



# Cálculo del subíndice de Vulnerabilidad: Población Humana

- Ejemplo asignación de puntajes subíndice de Vulnerabilidad: Receptor Población

Población Humana	Puntaje Ajuste	No. Habitantes dentro del buffer		
		Buffer		
		250	1.000	4.000
Menores no pobres	1	60	40	10
Menores pobres	2	100	50	20
Menores indigentes	3	20	10	5
Adultos no pobres	1	240	140	30
Adultos pobres	2	400	300	50
Adultos indigentes	3	100	50	10
Adultos mayores no pobres	2	70	80	30
Adultos mayores pobres	4	130	115	40
Adultos mayores indigentes	6	60	25	15

->

Puntaje desagregado subíndice Vulnerabilidad		
Buffer		
250	1.000	4.000
60	40	10
200	100	40
60	30	15
240	140	30
800	600	100
300	150	30
140	160	60
520	460	160
360	150	90

Puntaje Final Puntaje subíndice Vulnerabilidad	2.680	1.830	535

$$I_{Vuln-PH}^i = \sum_{j,k} Pob_{j,k}^i \cdot PA_{Vuln,j,k}^i$$

# Cálculo del subíndice de Vulnerabilidad: Ecosistemas y Patrimonio Cultural

- Ejemplo asignación de puntajes subíndice de Vulnerabilidad: Receptor Ecosistémico y Patrimonio Cultural

Capas Sensibles	Puntaje Ajuste	Elementos dentro del buffer		
		Buffer		
		250	1000	4000
Receptor Ecosistémico				
Tipo 1	1	0	0	0
Tipo 2	1	0	2	0
Tipo 3	1	0	1	0
Tipo 4	1	0	0	0
Receptor Patrimonio Cultural				
Capa 1	1	0	0	0
Capa 2	1	0	0	5
Capa 3	1	0	0	3
Capa 4	1	0	0	0

Puntaje Final subíndice Vulnerabilidad		
Buffer		
250	1000	4000
0	3	0
0	0	8

$$I_{Vuln-R}^i = \sum_c \text{Elem}_{c,R}^i PA_{c,R}$$

# Cálculo del Índice de Características del Entorno por Receptor

- Este índice se calcula con un algoritmo que integra los subíndices Exposición y Vulnerabilidad
- Considera tanto las características de los componentes medioambientales como una ponderación de los mismos según su nivel de exposición (representada por el *buffer* en el que se encuentra dicha componente)

# Cálculo del Índice de Características del Entorno por Receptor Cont.

- El puntaje de características del entorno estará dado por la suma ponderada entre los subíndices de Exposición y Vulnerabilidad, agregada para los tres *buffer*

Receptor	I-Exposición			I-Vuln			Puntaje Caract. Entorno
	250	1.000	4.000	250	1.000	4.000	
Población Humana	10	6	1	2.680	1.830	535	38.315
Ecosistemas	0	6	0	0	3	0	18
Patrimonio Cultural	0	0	1	0	0	8	8

# Normalización del Índice de Características del Entorno

- Para cada receptor: el valor del índice de características del entorno se normaliza para receptor, para cada proyecto, considerando todo el universo de proyectos o actividades consideradas.
- El índice normalizado tiene un valor entre 1 y 100.
- Ejemplo: suponiendo valores máximos de 118.000, 32 y 35 para los tres receptores, y valores mínimos de 1.000, 1 y 5, el puntaje normalizado según valores del ejemplo anterior:

Receptor	Puntaje Caract. Entorno	Pje-CE Mínimo	Pje-CE Máximo	Pje-Ce Normalizado (1-100)
Población Humana	42.600	1.000	118.000	32,6
Ecosistemas	18	1	32	55,3
Patrimonio Cultural	8	5	35	10,9

# Índice de Características del Entorno Final

- Finalmente, el índice de características del entorno se estima como el promedio de los puntajes normalizados para cada receptor:

$$I_{CE}^i = \frac{1}{3} \cdot (I^{Poblacion} + I^{Ecosistemas} + I^{PatCultural})$$

# Ejemplo: Índice de Características del Entorno

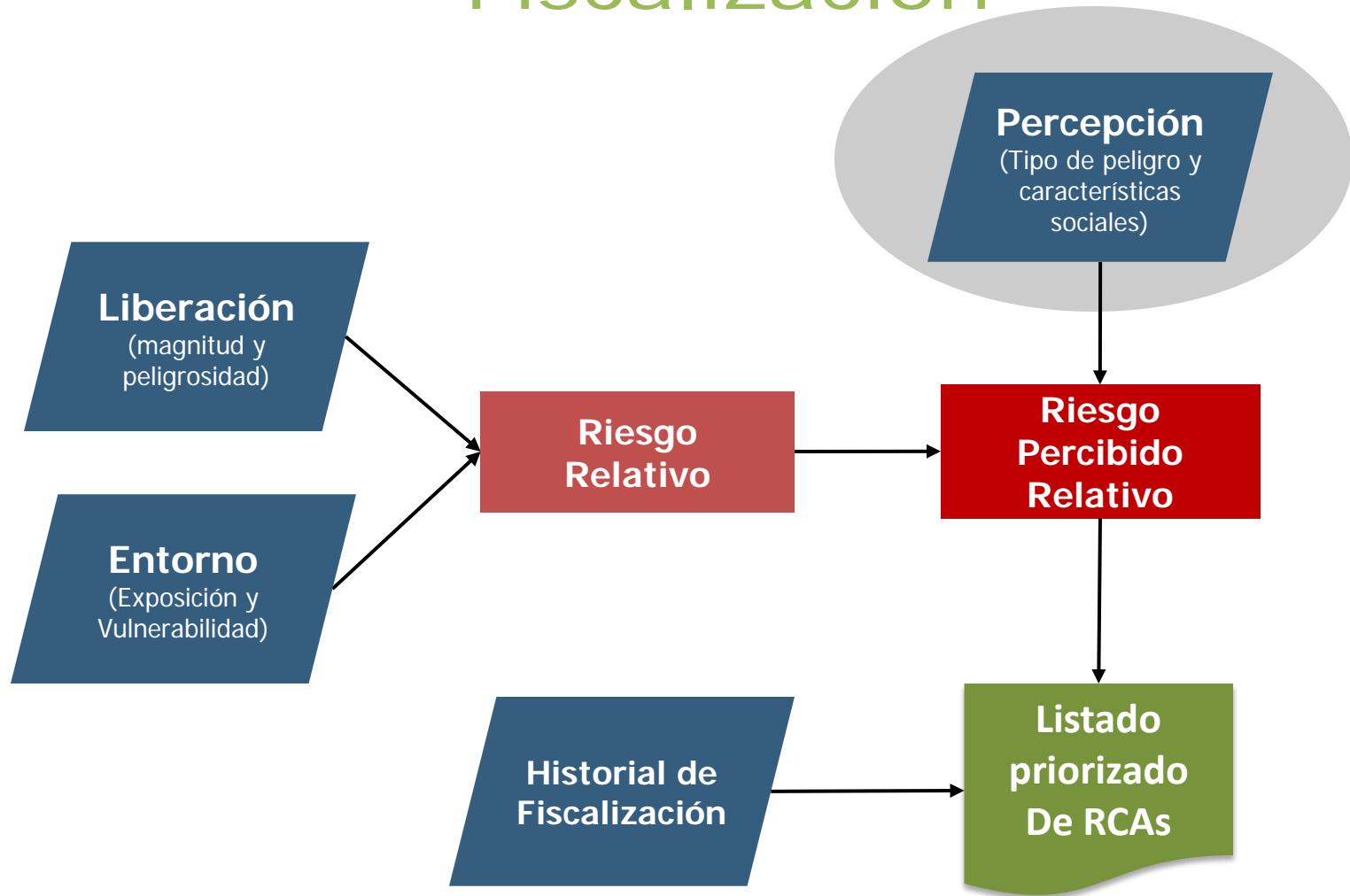
- Según el ejemplo seguido, donde existían expuestos:
  - 2.200 personas
  - 12 elementos ecosistémicos
  - 18 elementos del patrimonio cultural

Receptor	I-TyDyE			I-Vuln			Pje-CE Normalizado (1-100)	Ponderador	I-CE
	250	1.000	4.000	250	1.000	4.000			
Población Humana	10	6	1	3.000	2.000	600	38.315	<b>32,6</b>	1/3
Ecosistemas	0	6	0	6	3	3	18	<b>55,3</b>	1/3
Patrimonio Cultural	0	0	1	5	5	8	8	<b>10,9</b>	1/3

# ÍNDICE DE PERCEPCIÓN DEL RIESGO

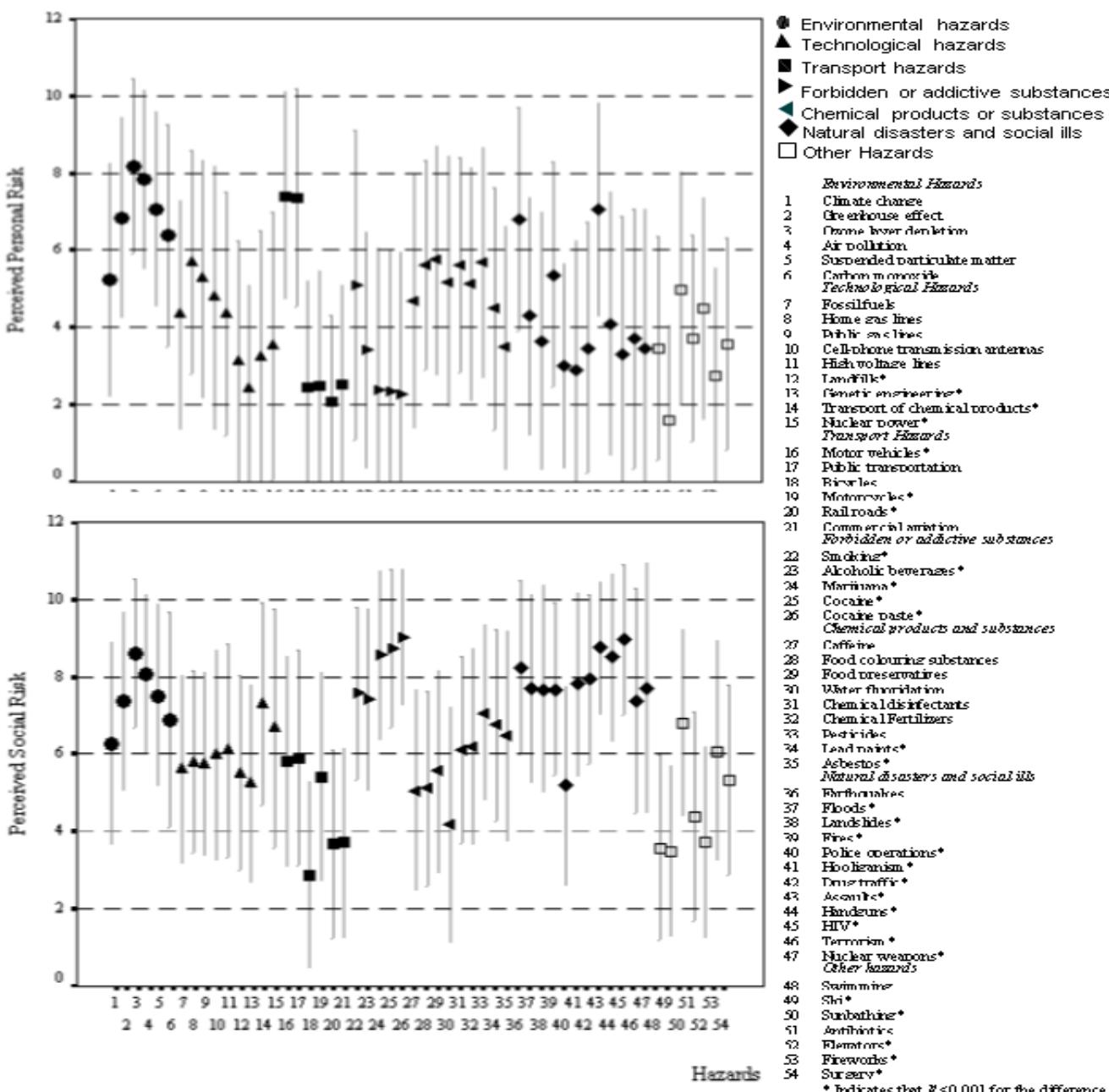


# Modelo de Priorización de Fiscalización



# Índice de Percepción de Riesgo

- Este índice corresponde a la caracterización de los riesgos que percibe la población, que en muchos casos difieren del riesgo real. Las percepciones son las que finalmente gobiernan la conducta de comunidad y la aceptabilidad del riesgo.
- Idealmente está caracterizado por los siguientes factores psicométricos:
  - Terribilidad: ¿qué tan incontrolable es la situación?
  - Grado de conocimiento y de observabilidad del riesgo
  - Cantidad de población afectada
- Bronfman y Cifuentes (2003):
  - Estudio de percepción de riesgo en chile
  - Se estima el riesgo social percibido asociado a: peligros ambientales, peligros tecnológicos, productos y sustancias químicas, etc.



# Índice de Percepción de Riesgo – Peligros considerados

Peligros Ambientales	Peligros Tecnológicos	Productos y Sustancias Químicas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Contaminación Atmosférica</li><li>• Monóxido de Carbono</li><li>• Cambio Climático</li><li>• Efecto Invernadero</li><li>• Destrucción de la capa de ozono</li><li>• Partículas en suspensión</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Antenas de retransmisión de celulares</li><li>• Combustibles fósiles</li><li>• Ingeniería genética</li><li>• Líneas de alta tensión</li><li>• Rellenos sanitarios</li><li>• Energía nuclear</li><li>• Cañerías de distribución de gas</li><li>• Transporte de productos químicos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cafeína</li><li>• Desinfectantes químicos</li><li>• Fertilizantes químicos</li><li>• Colorantes de comida</li><li>• Preservantes de comida</li><li>• Pinturas con plomo</li><li>• Pesticidas</li><li>• Fluorización del agua potable</li></ul>

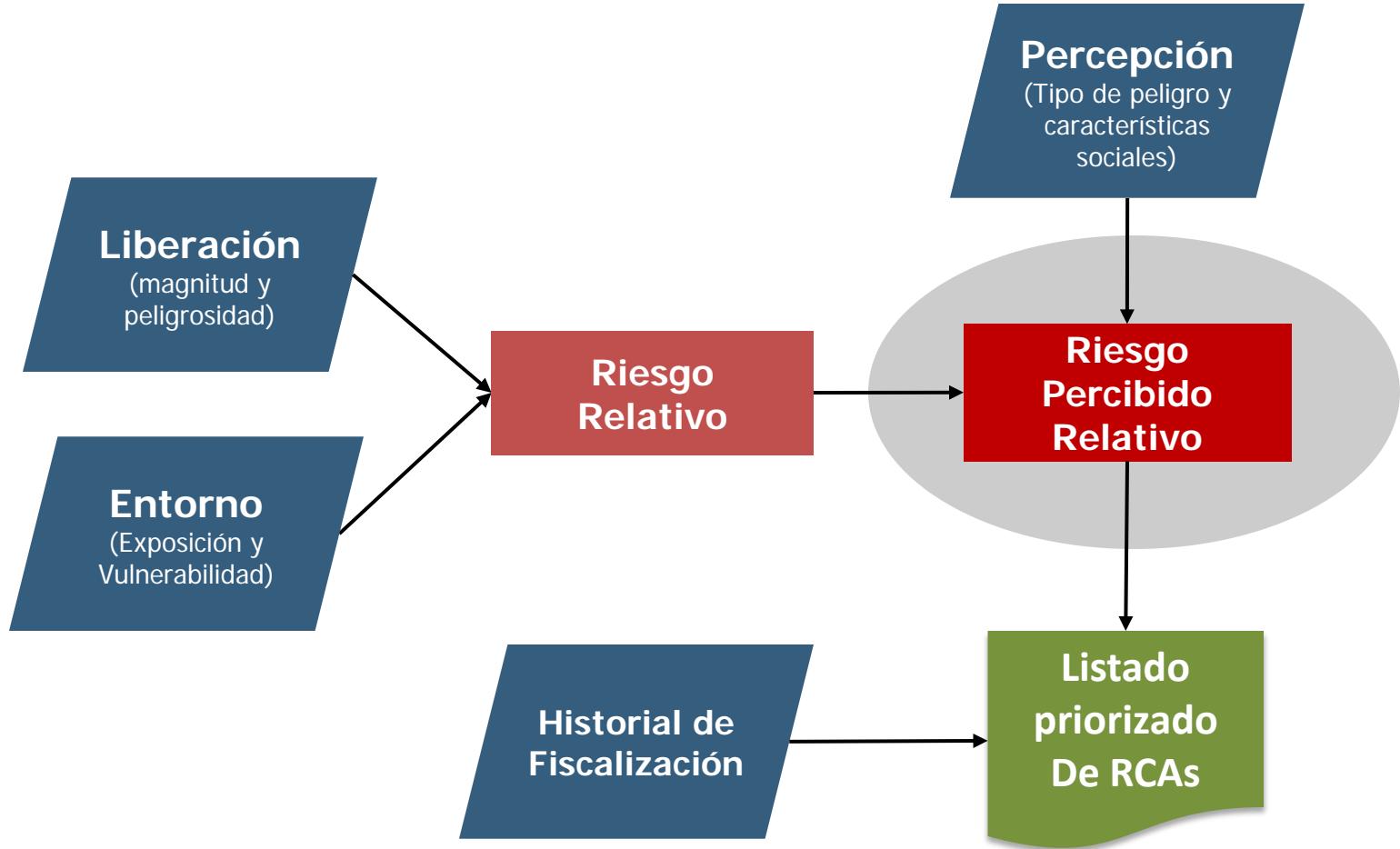
# Estimación del Índice de Percepción de Riesgo

- Para cada tipología de proyecto definida en el SEIA (RCA), se identificaron todos los peligros potencialmente asociados a ella.
- Para cada peligro se tomó el puntaje de riesgo social estimado en B&C 2003.
- A cada tipología se le asignó el máximo puntaje de todos los peligros asociados
- El índice de percepción de riesgo se estima para cada tipología de proyecto:

$$I_{Perc}^i = \frac{RS^i}{\underset{i}{\text{promedio}}(RS^i)}$$

# ÍNDICE DE RIESGO AMBIENTAL RELATIVO

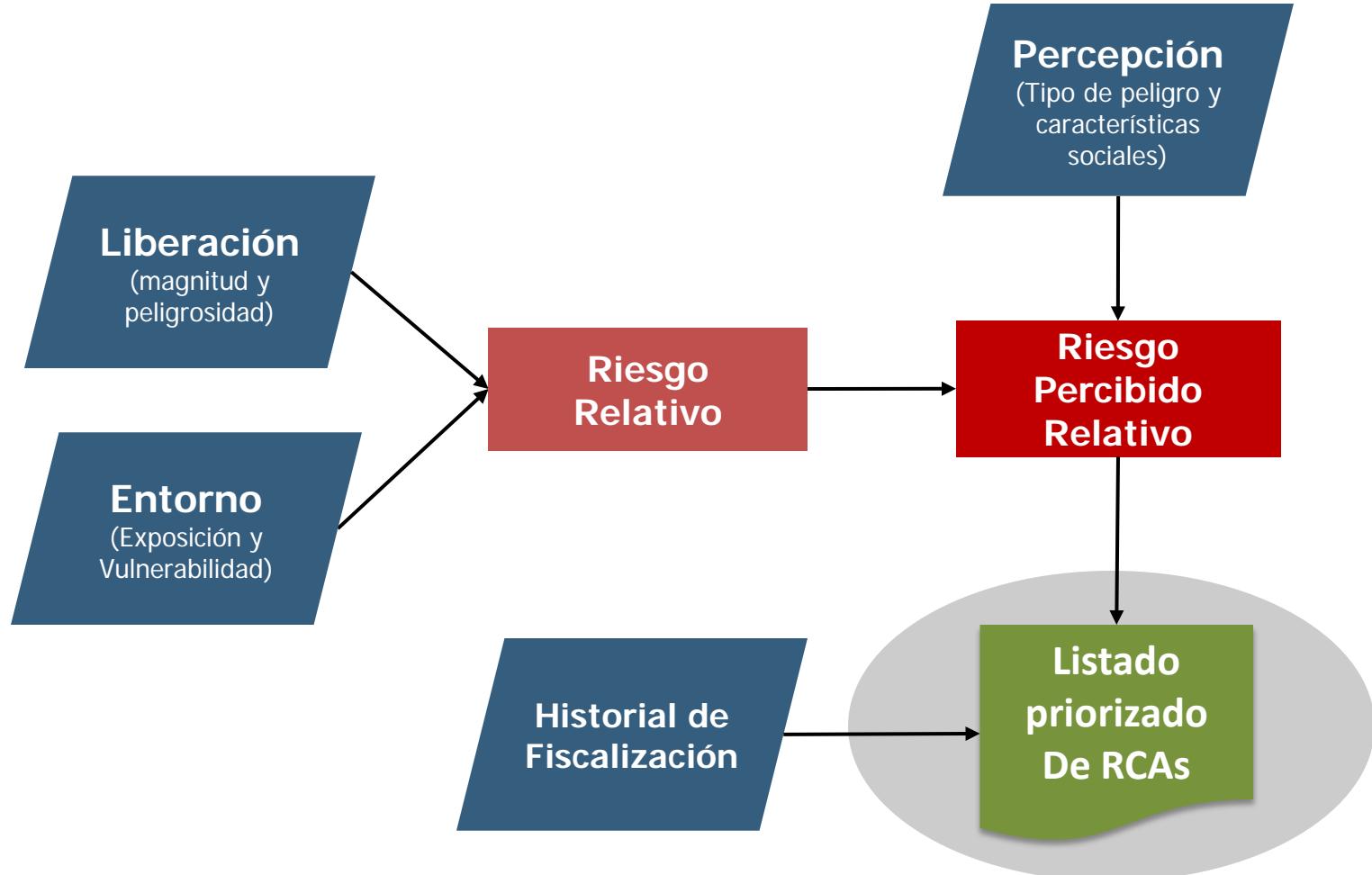
# Modelo de Priorización de Fiscalización



# Ejemplo Estimación Riesgo Relativo

Escenario	Índice de Liberación	Índice de Características del Entorno	Índice Total	Índice de Percepción de Riesgo	Riesgo Relativo	Riesgo Relativo Normalizado
1	1	32,9	34,1	1,06	34,9	1
2	46	32,9	1.569	1,06	1.613	46
3	100	32,9	3.410	1,06	3.490	100

# Modelo de Priorización de Fiscalización



# Historial de Fiscalización

- Mediante el historial de fiscalización se realiza un ajuste al orden de las prioridades dependiente del tiempo que ha transcurrido desde la última fiscalización, aumentando la prioridad si ha transcurrido mucho tiempo.
- Este ajuste entrega finalmente un listado de prioridades de actividades de fiscalización.

# Ajuste Histórico de Fiscalización

- El Riesgo Relativo permitirá realizar un ranking de las actividades o proyectos que presentan un mayor riesgo para el medio ambiente y la salud de las personas
- Éste se ajusta según el tiempo de fiscalización:

Tiempo transcurrido desde última fiscalización (años)	Ponderador de ajuste
1	1
2	1,1
$\geq 3$	1,2

- El Riesgo Relativo ajustado estará dado por:

$$RR_{ajustado}^i = RR^i \cdot Ajuste_{Fisc}^i$$

# Robustez del modelo frente a la falta de información

- El modelo está conceptualizado y la herramienta programada para funcionar con distintos niveles de información.
- Cuando la información no existe, se asignan valores promedio por comuna y tipo de proyecto
- Resultados se van refinando a medida que la calidad de información disponible mejora

# Comentarios Finales

- El desafío de estimar el riesgo relativo de 12.000 proyectos no es trivial. (tan solo conseguir la información requerida para estos proyectos es una tarea titánica).
- El modelo presentado aquí pretende jerarquizar, de la mejor manera posible, los proyectos considerando la información disponible en forma realista.
- El modelo considera la información disponible actualmente para todos los proyectos, incluyendo información espacial.

# Comentarios Finales (cont.)

- Los parámetros del modelo se han determinado en base a la mejor información disponible, y en base al mejor conocimiento disponible, pero son modificables de acuerdo a nuevos antecedentes.
- El modelo constituye la primera aproximación objetiva y no-discrecional a la difícil tarea de priorización de actividades de fiscalización.
- El modelo tiene debilidades y es mejorable. (Estamos seguros de eso!)

# Recomendaciones

- Es recomendable revisar la bondad del modelo aplicandolo a un conjunto de proyectos interesantes, discutiendo sus resultados con un amplio espectro de actores.
- Es fundamental establecer un proceso de **mejora continua** en paralelo a la aplicación del modelo, analizando los resultados de su aplicación en la realidad.



# Muchas gracias