

# “Construcción de índices ambientales sintéticos, como aporte a la información para ciudades resilientes”

Convenio 016/2012

1.Revisión, depuración, propuesta de indicadores del actual OAB. 2.Diseño de índices ambientales sintéticos para Bogotá.

Arq. Mg. GADS Laura C. Osorio M.

Geog. Mg. MAD Beatriz E. Alzate

Est. Mg. Est. José F. Zea



Subdirección de Planeación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ

Instituto de estudios Ambientales – IDEA –

# 1. Revisión, depuración, propuesta de indicadores del actual OAB.

---



Subdirección de Planeación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ

Instituto de estudios Ambientales – IDEA –

# METODOLOGÍA

1

- Revisión y Evaluación de los indicadores simples al aire del OAB
- 145 indicadores revisados y evaluados

2

- Propuesta de mejoramiento de indicadores
- Nuevas fórmulas o nueva clasificación.

3

- Listado consolidado de indicadores candidatos a ser agregados en índices



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ  
HUMANANA

Subdirección de Planeación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ

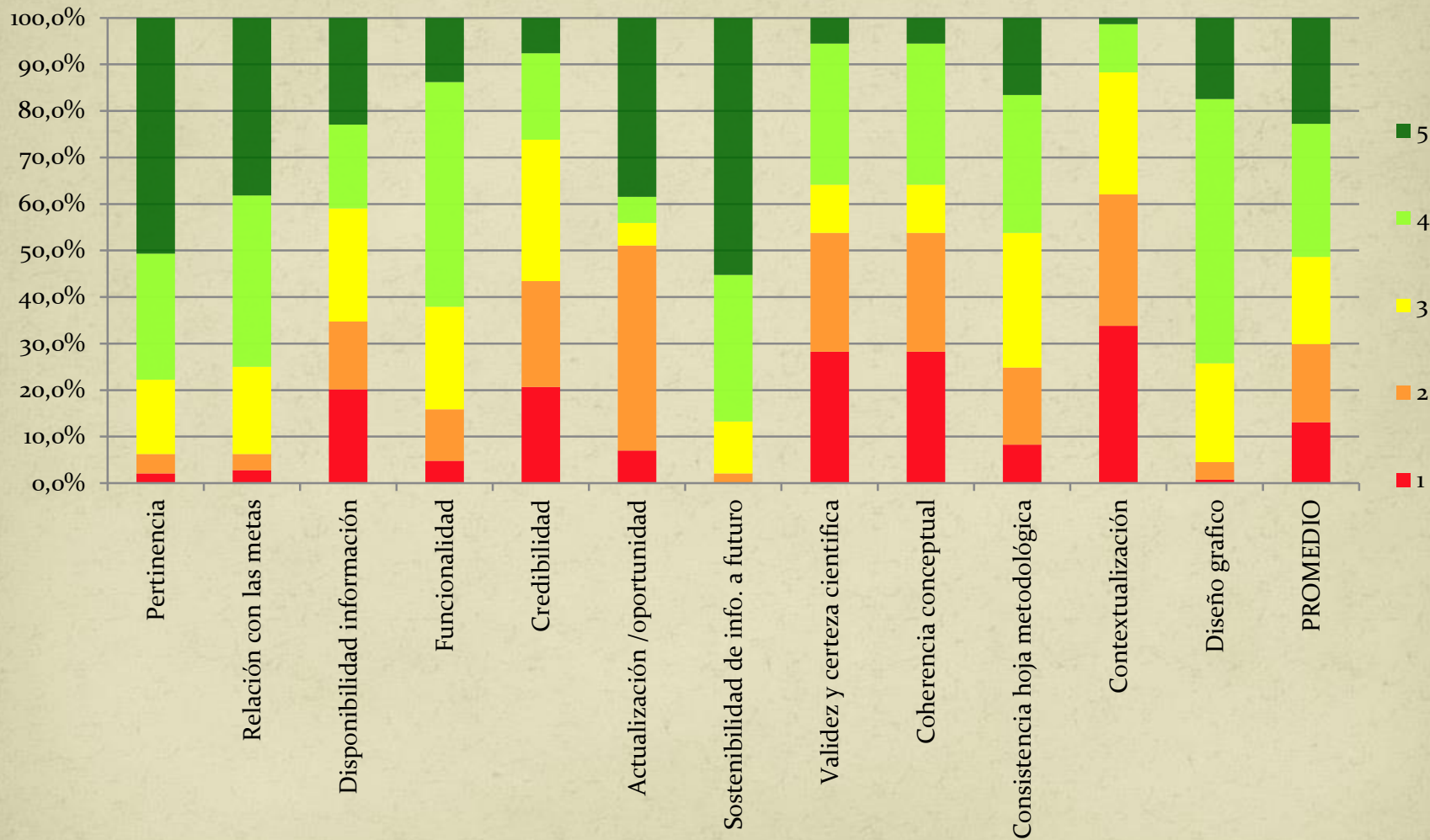
Instituto de estudios Ambientales – IDEA –



# CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE INDICADORES

Relevancia <b>0.25</b>		Viabilidad técnica <b>0.36</b>					Conceptuales <b>0.24</b>		Formales <b>0.15</b>		
0,15	0,1	0,08	0,1	0,1	0,08	0,06	0,12	0,12	0,05	0,05	0,05
Pertinencia Política	Relación con las metas	Disponibilidad información	Funcionalidad	Credibilidad	Actualización /oportunidad	Sostenibilidad de la información a futuro	Validez y certeza científica	Coherencia conceptual (variable no un valor)	Consistencia hoja metodológica	Contextualización	Diseño grafico

# Porcentajes de calificación de los diversos criterios evaluados

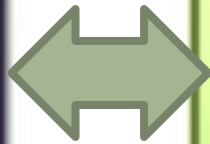
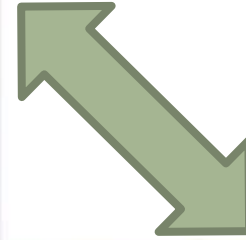
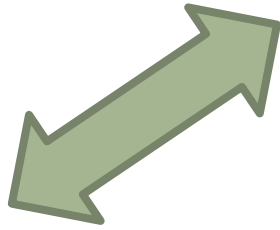


# Indicadores recomendados como Centrales por sus altas calidades

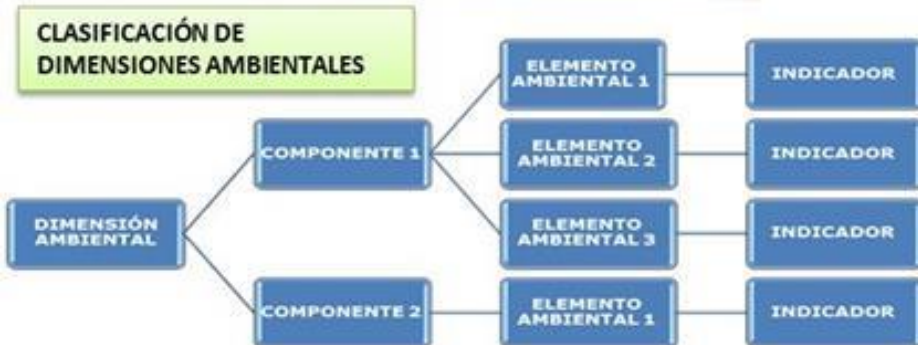
Elemento Ambiental	Número de indicadores	Porcentaje
AIRE	12	19,7
AGUA	10	16,4
ECOSISTEMAS Y ÁREAS DE PROTECCIÓN	6	9,8
ECOURBANISMO	6	9,8
CONTROL DE RUIDO	5	8,2
SALUD PÚBLICA AMBIENTAL	5	8,2
CALIDAD HÁBITAT	3	4,9
CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA	3	4,9
ATMÓSFERA	2	3,3
CONTROL DE LA CALIDAD VISUAL	2	3,3
CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA	1	1,6
EDUCACIÓN AMBIENTAL, CULTURA Y PARTICIPACIÓN	1	1,6
ESPACIO PÚBLICO	1	1,6
GESTIÓN AMBIENTAL INSTITUCIONAL	1	1,6
SERVICIOS PÚBLICOS	1	1,6
SUELO	1	1,6
TENENCIA DE LA TIERRA	1	1,6
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>100,0</b>



Ordenar por TEMAS que se relacionan.



**CLASIFICACIÓN DE DIMENSIONES AMBIENTALES**







## Porcentajes de indicadores y datos ordenados bajo el marco P-E-I-R

Número de indicadores	Porcentaje	P-E-I-R	NO son IND.	SI
60	41,40%	ESTADO	30	30
10	6,90%	IMPACTO	6	4
62	42,80%	RESPUESTA	42	20
13	8,90%	PRESIÓN	5	8
<b>145</b>	<b>100%</b>		<b>83</b>	<b>62</b>

Podían estar muy bien calificados pero no ser indicadores. Para los que resultaron NO ser indicadores, se propusieron mejoras en sus fórmulas, algunos se cambiaron a la categoría de datos.

No hubo descartados.

# 2. Diseño de índices ambientales sintéticos para Bogotá.

## Metodología

Resultados: índices, hojas metodológicas  
Aportes a indicadores de Resiliencia Urbana



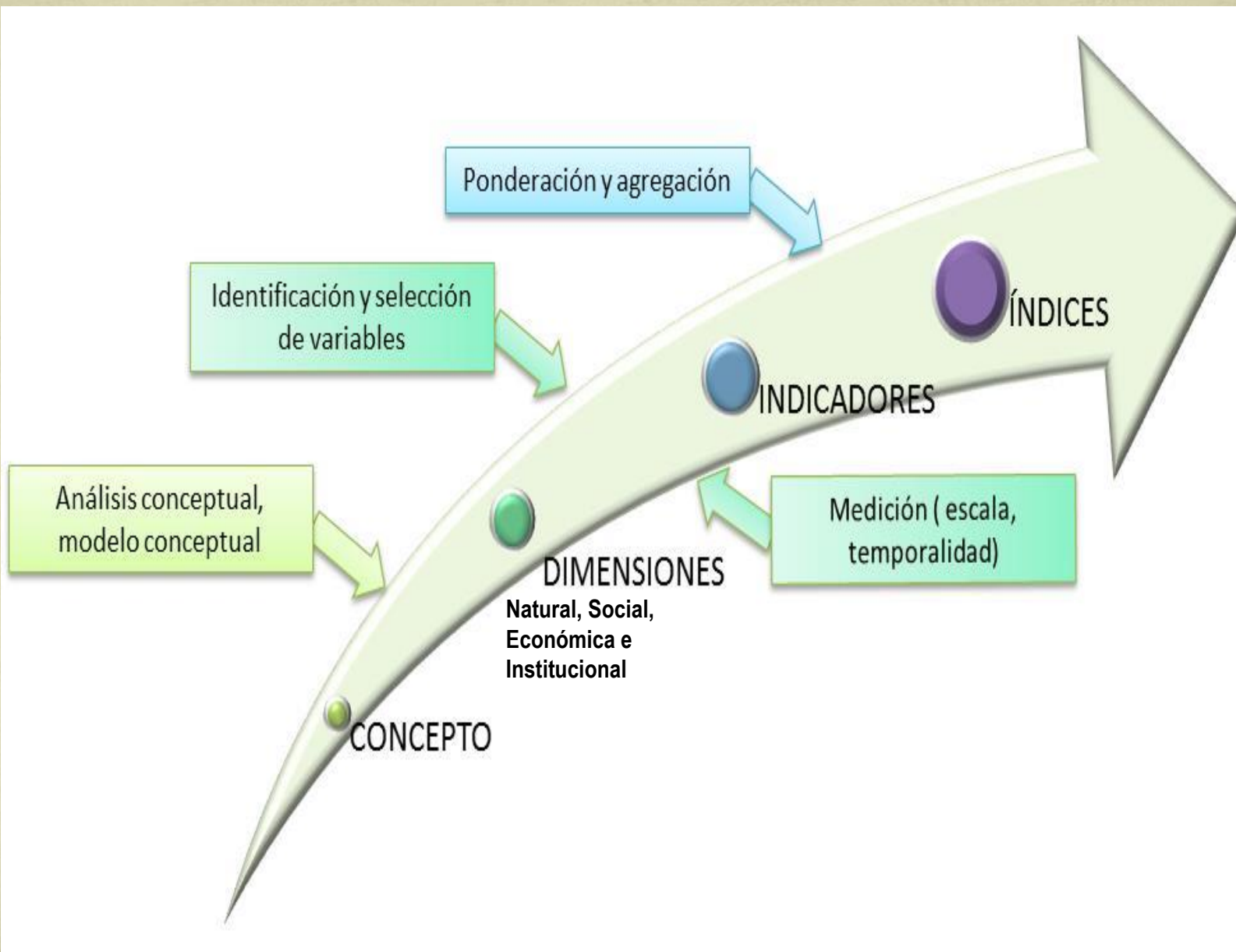
Subdirección de Planeación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ

Instituto de estudios Ambientales – IDEA –

# ETAPAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICES SINTÉTICOS





# FUNCIONES DE LOS ÍNDICES SINTÉTICOS

Winograd (2006): **los indicadores e índices se elaboran para cumplir las funciones de simplificación, cuantificación, análisis y comunicación, permitiendo entender fenómenos complejos haciéndolos operables y comprensibles.**

-> **Selección de indicadores que reflejen la totalidad, o que por lo menos sean representativos de dicha totalidad, y que ellos puedan interpretarse como síntesis de una realidad compleja.**

pueden verse desde **tres categorías** diferentes de funciones:

- Son **información para el proceso de la gestión**, que permite hacer comparaciones frente a los objetivos de dicho proceso.
- Los indicadores como información a la cual se le asigna un **significado** o trascendencia mayor que su valor observado o real.
- Y, la más compleja, los índices que se construyen para lograr **reducción en el volumen de datos** acerca de las variables particulares que tienen un significado o trascendencia.

# Objetivos y consideraciones de la construcción de los índices sintéticos

El objetivo al construir estos índices se centra en:

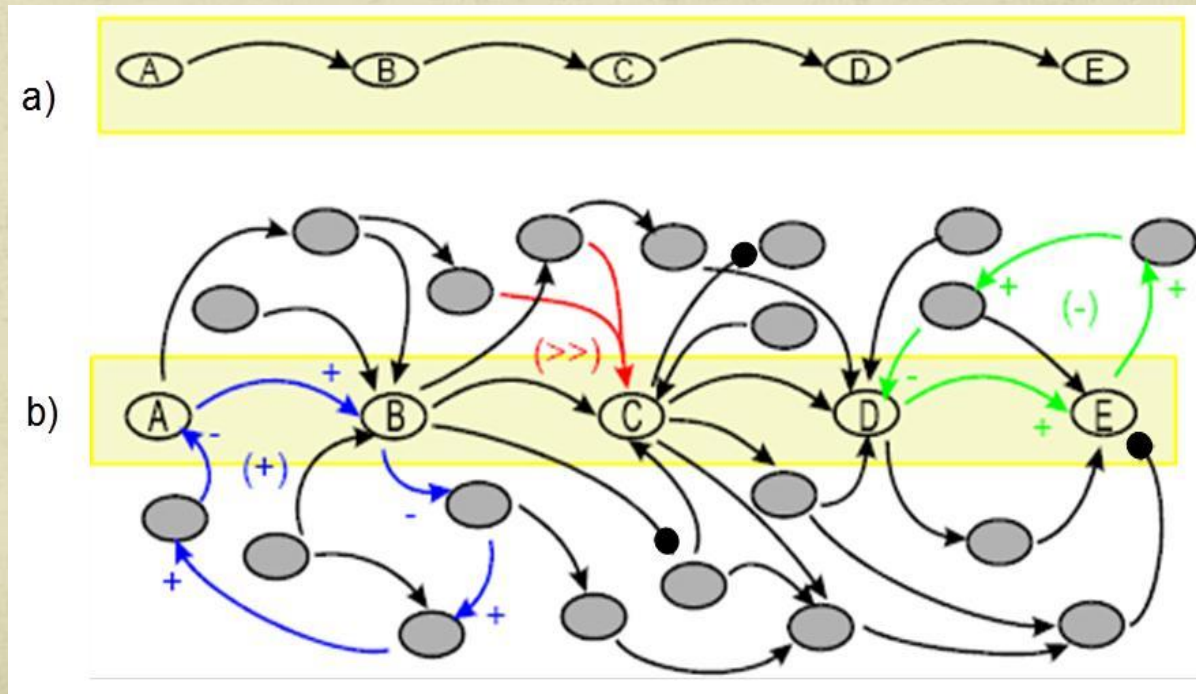
1. Abstracter los fenómenos complejos y dinámicos naturales o antropogénicos de **transformación ambiental**, que incluyan las características temporales de tendencias específicas del desarrollo de las interacciones sociedad-ecosistema
2. Caracterizar desarrollos nocivos de la interacción sociedad – ecosistema que constituyan una base para medir e indicar la **calidad ambiental**
3. Comprender su importancia para la **gestión ambiental** y las implicancias de ésta para el mejoramiento de dicha calidad.
4. Los índices e indicadores deben ser un **medio** de acceso a información ambiental urbana y rural, que faciliten la **participación** y, finalmente, el empoderamiento de las comunidades



# Objetivos y consideraciones de la construcción de los índices sintéticos

El modelo tomará en consideración que:

1. Esos índices, debido al tipo de agregación estadística que se llevará a cabo, **no** abordan una realidad que consiste en intrincadas relaciones causa-efecto (b.) que se representarían mejor en forma de red y que resulta difícil, aislar; sino que usarán **secuencias lineales o causales** (a. cadenas causales), que es el enfoque más utilizado para analizar esas interrelaciones, más no el que más fielmente discretiza la realidad.





# Consideraciones para la construcción de los índices ambientales sintéticos

Desde un enfoque ambientalista, una de las funciones del medio ambiente para la actividad humana es ser **soporte de vida**, al tiempo que define la **calidad** de ésta. Los ecosistemas naturales cumplen funciones esenciales para mantener la vida a través de múltiples servicios ambientales.

La contaminación de los recursos naturales (agua, aire, suelo) o el agotamiento de la biodiversidad, redundan en el deterioro de la calidad de vida e impacta el bienestar social (castro, 2002).

-> Se ajusta mejor a lo que tiene actualmente el OAB

# Concepto de ambiente urbano

Existen **diversos enfoques que interpretan el ambiente urbano**, entre ellos se destacan (según Castro 2002):

**El enfoque ecológico**, que enfatiza la ciudad como un sistema complejo caracterizado por procesos continuos de cambio y desarrollo. Para ello considera aspectos tales como consumo de energía y recursos naturales y producción de residuos en términos de flujos o cadena (ciclos o circuitos) hasta niveles de contaminación o desequilibrios. Bajo este enfoque fueron desarrollados los conceptos de capacidad de carga y huella ecológica

**La visión sistémica**, procesos de cambio y desarrollo de las ciudades, considerándolas sistemas complejos mediante la teoría de sistemas, permite analizar separadamente los elementos e interrelaciones existentes en cada subsistema, pasando a continuación, mediante la **agregación** de sus componentes y el **análisis de la sinergia**, a la definición del sistema global urbano.

Esta última coherente con la **resiliencia urbana** está vinculada a conceptos dinámicos como los procesos de desarrollo y de crecimiento urbano. Las ciudades deberán ser capaces de resistir impactos, responder, recuperarse y aprender de esto para mejorar.



# Ámbitos que estructuran el ambiente urbano

ÁMBITOS	TEMÁTICAS
<b>ÁMBITO FÍSICO-AMBIENTAL</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agua (Disponibilidad, abastecimiento y consumo; calidad y tratamiento)</li><li>• Ciclo de materiales (Entradas, salidas, generación de residuos, tratamiento y reciclaje, balance ecológico)</li><li>• Ruido</li><li>• Aire (contaminación)</li><li>• Suelo (presión sobre el suelo)</li><li>• Biodiversidad</li><li>• Entorno natural (Calidad, deforestación y desertización)</li><li>• Ciclo de la energía (Producción y distribución, consumo, ahorro energético y energías alternativas)</li></ul>
<b>ÁMBITO TERRITORIAL-URBANO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Suelo urbano (Superficie, distribución de usos urbanos, áreas urbanas abandonadas, áreas de expansión urbana, distribución de usos urbanos)</li><li>• Transporte y Movilidad (infraestructuras de transporte, volumen de tráfico y congestión)</li><li>• Vivienda (tamaño, tipología, equipamiento)</li><li>• Equipamiento urbano (espacios abiertos, salud, telecomunicaciones, aparcamiento, mercado, ocio, cultural, educativo, deportivo, administrativo)</li><li>• Sistema Verde (cantidad, accesibilidad, calidad)</li></ul>
<b>ÁMBITO SOCIO-ECONÓMICO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Población (población total, densidad)</li><li>• Educación e información (educación e información ambiental)</li><li>• Salud pública y seguridad ciudadana</li><li>• Participación y diversidad social (actividad social, Solidaridad, asociaciones)</li><li>• Renta y consumo (renta, bienestar, consumo y ahorro, vivienda)</li><li>• Actividad económica y empleo (mercado de vivienda, empleo, distribución sectorial, sector público)</li><li>• Tecnología y gestión del medio ambiente (administración, empresas)</li></ul>

**Pertinencia de los índices sintéticos del ambiente urbano: cuando se trabaja con variables representativas de cada temática**  
**Si no, visión parcial e incompleta y vacío conceptual por indicadores no representativos de las variables centrales que caracterizan el ambiente urbano**

No todos los ámbitos están representados por los indicadores actuales, candidatos a sintéticos, que publica el Observatorio.



# Criterios de depuración

- Se **descartan** los indicadores y valores que tengan **problemas de validez conceptual**, que no tengan relación con el medio ambiente que tomen valores constantes (especialmente los valores tomados de una norma), los que tengan problemas con la metodología estadística y no tengan al menos cuatro valores publicados.
- Se evalúa la **potencialidad de agregación** del indicador en términos de los siguientes criterios, Gallopin (1999):
  - Ser su procedimiento de cálculo objetivo y científico
  - Estar relacionado con unos objetivos claros y científicos
  - Tener una interpretación clara y entendible para los no científicos
  - Han de cubrir el funcionamiento, la dinámica y la estructura como un todo
  - Han de estar basados en unos parámetros cuyos valores sean estables en un período suficientemente largo.
- Los indicadores que tengan un valor normativo son los mejores candidatos para construcción del índice sintético, existen algunas limitantes para elaborar estos índices a través de técnicas multivariadas.

# Propuestas de estandarización

- Para las variables que tengan **un valor normativo** se propone **relativizarla con respecto a este valor**.
- Para las variables **sin una normatividad** clara se propone **relativizarlo con respecto a una línea base** (el valor de hace cinco años), con lo cual se podrá estudiar como ha sido la evolución del indicador. Una vez realizado esto se configura el índice de tal manera que los años en que ocurrieron evoluciones deseados el índice tomen valores altos (por ejemplo cercanos a uno).
- Algunas variables como precipitación requerirán de **análisis de series temporales** para definir en que períodos hubo mayores cambios climáticos o comportamientos atípicos.



# Ponderación de los índices estandarizados

- Una vez realizado el proceso de estandarización, se requiere elaborar la agregación de los indicadores simples para la conformación del índice sintético, para esto existen las siguientes alternativas:
- Criterios de expertos
- Método estadístico multivariado: requiere información a nivel de individuos para establecer los pesos a través de una técnica multivariada.
- Igual ponderación



# RESULTADOS: Agregación de indicadores simples en índices y subíndices sintéticos

**ÍNDICE DE CALIDAD  
AMBIENTAL DE BOGOTÁ**

**ÍNDICE IMPACTO  
AMBIENTAL SOBRE LA  
SALUD PÚBLICA**

**ÍNDICE DE GESTIÓN  
AMBIENTAL**

# ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL

SUBÍNDICE DE PRESIÓN AMBIENTAL	SUBÍNDICE DE PRESIÓN DEL AGUA	Carga de Sólidos Suspendidos Totales Transportados al Río Bogotá
		Carga de Materia Orgánica (DBO Demanda Biológica de Oxígeno) Aportada al Río Bogotá
	OTROS INDICADORES	Disposición de Residuos en el Relleno Sanitario Doña Juana Per Cápita
		Numero de Días que se Excede la Norma de Material Particulado, Mensual
SUBÍNDICE DEL ESTADO AMBIENTAL	SUBÍNDICE DEL ESTADO DEL AGUA	Agua Superficial Indicadores en Corrientes - Río Fucha
		Agua Superficial Indicadores en Corrientes - Río Salitre
		Agua Superficial Indicadores en Corrientes - Canal Torca
		Agua Superficial Indicadores en Corrientes - Río Tunjuelo
	SUBÍNDICE DEL ESTADO DEL AIRE	Material Particulado Inferior a 10 Micras ( $\mu$ ) Promedio Anual
		Dióxido de Azufre Promedio Anual
		Dióxido de Nitrógeno
		Monóxido de Carbono por 1 hora
		Ozono Promedio 8 horas
	OTROS INDICADORES	Árboles por habitante
		Zonas Verdes Efectivas Per Cápita
Número de Vehículos Particulares		

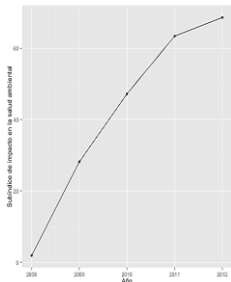
# ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA SALUD PÚBLICA

<b>INDICADORES</b>	Tasa de Mortalidad por Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) en Niños Menores de 5 Años
	Tasa de Mortalidad por Neumonía en Menores de 5 años
	Prevalencia de Sibilancias (silbidos en el pecho en niños lactantes) en Menores de 5 años Debido al Material Particulado
	Casos Atendidos en Salas de Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA)
	Tasa Mortalidad Infantil



# ÍNDICE DE GESTIÓN AMBIENTAL

<b>SUBÍNDICE DE GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL</b>	Reducción Acumulada Anual de Vertimientos, Programa de Excelencia Ambiental Distrital -PREAD-
	Reducción Acumulada de Generación de Residuos Peligrosos, Programa de Excelencia Ambiental Distrital – PREAD
	Empresas en Proceso de Autogestión Ambiental.
	Ahorro Acumulado en el Consumo de Energía Programa de Excelencia Ambiental Distrital – PREAD
	Ahorro Acumulado en el Consumo de Agua Programa de Excelencia Ambiental Distrital – PREAD
	Radicación de Trámites Ambientales
<b>SUBÍNDICE DE SANEAMIENTO, ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO</b>	Cobertura del Sistema de Alcantarillado Pluvial
	Cobertura del Servicio de Alcantarillado
	Cobertura del Servicio de Acueducto Residencial
<b>OTROS INDICADORES</b>	Aceites Usados Movilizados
	Kilómetros de Río con Calidad Mejorada para los Ríos Torca, Salitre, Fucha y Tunjuelo
	PIGA, Consumo per Cápita de agua en Las Entidades Públicas Distritales
	PIGA, Consumo per Cápita de energía (kWh/persona) en las entidades públicas distritales.
	Personas vinculadas a estrategias de educación ambiental
<b>SUBÍNDICE DE GESTIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS</b>	Acciones de Restauración, Recuperación y Rehabilitación Ecológica en Áreas de la Estructura Ecológica Principal del Distrito Capital.
	Certificados de Conservación Ambiental Expedidos
	Áreas en Proceso de Restauración Ecológica
<b>SUBÍNDICE DE GESTIÓN ARBOLADO URBANO</b>	Número de Árboles Jóvenes Mantenidos al Año de la Siembra
	Árboles plantados AP

Nombre del índice		ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA SALUD PÚBLICA											
Elemento ambiental		Impacto social											
Tema		Salud pública ambiental											
Descripción PEIR		Índice de impacto											
Año de referencia		2008-2012											
Definición del índice		Cuantifica los efectos que provoca el estado del medioambiente alterado sobre la salud de las personas, en relación con diversas enfermedades asociadas a la contaminación del aire y del agua											
Subíndices y variables que lo componen	ÍNDICE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA SALUD PÚBLICA	Tasa de Mortalidad por Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) en Niños Menores de 5 Años											
		Tasa de Mortalidad por Neumonía en Menores de 5 años											
		Prevalencia de Sibilancias (sibidos en el pecho en niños lactantes) en Menores de 5 años Debido al Material Particulado											
		Casos Atendidos en Salas de Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA)											
		Tasa Mortalidad Infantil											
Fórmula del índice		$I = W1*I1+W2*I2+...w5*I5$ con los pesos $w_i$ y las variables $I_i$ definidas en la tabla anterior											
Procedimiento de cálculo	Cada variable que compone el indicador se estandariza utilizando una transformación, posteriormente los valores estandarizados son agregados utilizando como ponderadores los pesos construidos a partir de criterios establecidos: Juicio de expertos, sostenibilidad de los datos, calidad de los datos subyacentes, importancia social e información útil que brinda cada indicador. <i>Ver tabla</i>												
	Variable	Método de estandarización según valores normativo, valor objetivo/meta, serie histórica	Fórmulas de estandarización										
	Tasa de Mortalidad por Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) en Niños Menores de 5 Años (x1)	1 (por 100.000 habitantes)	$I1 = \exp((1.35-x1)/0.05)/(1+\exp((1.35-x1)/0.05))$										
	Tasa de Mortalidad por Neumonía en Menores de 5 años (x2)	9 (por cada 100.000 niños)	$I2 = \exp((15-x2)/0.869)/(1+\exp((15-x2)/0.869))$										
	Prevalencia de Sibilancias (sibidos en el pecho en niños lactantes) en Menores de 5 años Debido al Material Particulado (x3)	Serie histórica	$I3 = \exp((51.7-x3)/12.7760870553538)/(1+\exp((51.7-x3)/12.78))$										
	Casos Atendidos en Salas de Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) (x4)	Serie histórica	$I4 = \exp((31447.6-x4)/3324.295)/(1+\exp((31447.6-x4)/3324.295))$										
Tasa Mortalidad Infantil (x5)	8 (Nacidos vivos por 1000)	$I5 = \exp((10.65-x5)/0.384)/(1+\exp((10.65-x5)/0.384))$											
Presentación gráfica	 <table border="1" data-bbox="550 628 705 756"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Ipsaludambien</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2008,00</td> <td>1,90</td> </tr> <tr> <td>2009,00</td> <td>28,17</td> </tr> <tr> <td>2010,00</td> <td>47,22</td> </tr> <tr> <td>2012,00</td> <td>68,63</td> </tr> </tbody> </table>			Año	Ipsaludambien	2008,00	1,90	2009,00	28,17	2010,00	47,22	2012,00	68,63
	Año	Ipsaludambien											
2008,00	1,90												
2009,00	28,17												
2010,00	47,22												
2012,00	68,63												
Actualización del índice	Anual												
Uso e interpretación	El índice toma valores entre cero y 100, siendo cero el peor desempeño del índice y 100 el mejor desempeño del mismo. Se podrá usar en la toma de decisiones como señal de los efectos que el deterioro ambiental está causando en la salud humana												
Significado de las tendencias	El índice de impacto ambiental en la salud pública ha tendido a disminuir notablemente, manteniendo esta tendencia en el 2012												
Información adicional y comentarios	<p>Se debe complementar con indicadores para evaluar el impacto ambiental. La relación ambiente salud debe incorporar todos los elementos en la cadena multicausal de la enfermedad, en términos de exposición a factores ambientales, pero también de vulnerabilidad de la población (estado nutricional, estado inmunológico, factores socioeconómicos, vulnerabilidad territorial). También se debe tener en cuenta que la relación ambiente salud no es relación unicausal directa sino que está mediada por múltiples procesos jerarquizados en un enfoque de determinación social.</p> <p>Por tanto el modelo de enfermedad respiratoria debe incorporar factores meteorológicos, contaminación del aire, condiciones socioeconómicas, estado huésped y casos o tasa de enfermedad, desde una mirada transdisciplinaria e intersectorial.</p> <p>Actualmente el sector salud tiene a disposición una serie de índices (calidad del aire, Índice de Riesgo de Agua Potable para Consumo Humano IRCA, Índice UV) que pueden dar cuenta de las condiciones de exposición y la vulnerabilidad de la población. Parte de esta información es divulgada por el Observatorio de Salud ambiental y por el Área de Vigilancia en Salud Pública de los hospitales adscritos a la red pública.</p> <p>El indicador más completo para las condiciones socioeconómicas es el índice de pobreza multidimensional, que es responsabilidad de la Secretaría Distrital de Planeación.</p> <p>Por otro lado con el apoyo de expertos de las universidades, se está intentando adaptar la metodología de carga de la enfermedad de la OMS, para la evaluación del impacto social en salud y económico de la contaminación ambiental en Bogotá.</p> <p>Para una primera fase de desarrollo este indicador se puede dejar así. Posteriormente va a requerir un desarrollo mucho más completo que será notificado oficialmente cuando se lleve a cabo.</p> <p>De otro lado del sector salud falta el Índice de Riesgo de Agua Potable para Consumo Humano IRCA, que se relaciona en nuevos indicadores (anotación de la secretaria de salud a la propuesta de nuevos indicadores).</p> <p>*Al indicador simple EDA se le completó su serie de datos (faltante para el 2012) utilizando un modelo estadístico con la información histórica disponible desde el 2004. El método empleado fue regresión local polinomial</p>												

# Hojas metodológicas

# Aportes a indicadores de Resiliencia Urbana

- El Observatorio Ambiental de Bogotá tiene información de alta calidad, validada y confiable
- Hay información de la ciudad y en algunos indicadores localmente.
- Ya ha determinado sus debilidades y está trabajando en ese sentido (Mejorando actuales o Nuevos indicadores)
- La resiliencia urbana tiene implicaciones ambientales, sociales, económicas, institucionales, de gestión: interrelacionadas
- La estadística, los indicadores ambientales simples y los índices de calidad ambiental, de impacto sobre la salud pública y de gestión ambiental, en el OAB, aportan a la definición de la Resiliencia en la ciudad.