CAMBIO CLIMÁTICO

# ¿Una caja de pandora?

**Cambio Climático: ¿Una caja de Pandora?**

**Director General**
Luís Alfonso Escobar Trujillo

**Coordinación editorial**
Oficina Asesora de Comunicaciones

**Textos**
Carlos Costa Posada
Daniel Hermelin Bravo
Iván Darío Correa Arango
Michel Hermelin Arbaux
Óscar Mejía Rivera
Roberto Lorduy Gómez

CORANTIOQUIA no se responsabiliza de las opiniones expresadas por los autores en sus ensayos.

**Diseño, diagramación e impresión**

punto tres
diseño y producción gráfica

**Ilustraciones**
Felipe Osorio Puerta
Laura Montoya Castañeda
Mateo Isaza Toro

ISBN 978-958-97427-7-8
Primera Edición
Medellín,Colombia
2008

**CORANTIOQUIA**
Carrera 65 No 44A 32
PBX 493 8888
Fax 493 8800
Línea Verde 018000 414123
corantioquia@corantioquia.gov.co
Medellín, Colombia

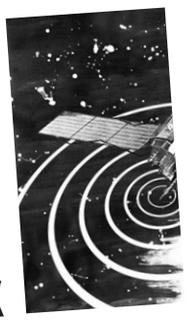
**Distribución gratuita**

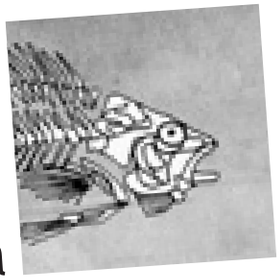
Permitida la reproducción total o parcial de esta publicación con fines pedagógicos, citando las fuentes respectivas.

Esta publicación está impresa en papel ecológico.

# Presentación
**Luís Alfonso Escobar Trujillo** pág. 6

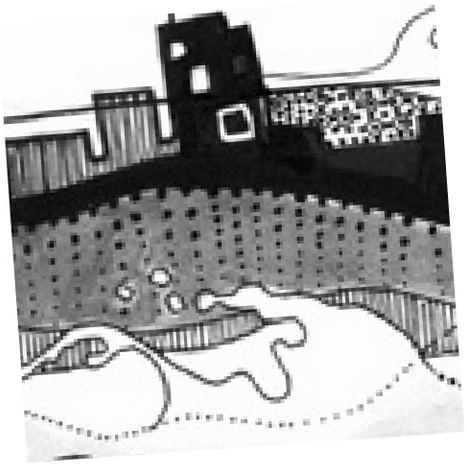
# Generalidades sobre el Cambio Climático
Subdirección de Calidad Ambiental, **CORANTIOQUIA** pág. 8

# Cambios climáticos en el pasado

Michel Hermelin Arbaux pág. 10

# La adaptación al cambio climático en Colombia

Carlos Costa Posada pág. 18

## Implicaciones del ascenso del nivel del mar sobre los litorales de Colombia

Iván Darío Correa Arango
Roberto Lorduy Gómez



pág.26

## El recurso hídrico en la jurisdicción de CORANTIOQUIA

Óscar Mejía Rivera

pág.40

## Comunicación, medio ambiente y cambio climático: retos para Colombia

Daniel Hermelin Bravo

pág. 60

## ÍNDEX *de autores*

pág.74

## glosario*

pág. 76

# Presentación

La síntesis de la segunda evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) –cuerpo internacional con delegados científicos de diferentes países, que desde 1988 evalúa el calentamiento global- estableció que:

> *"Durante las últimas décadas se han hecho evidentes dos importantes factores en la relación entre humanos y el clima mundial. Primero, las actividades humanas, que incluyen quema de combustibles fósiles y cambios en uso de tierras y agricultura, están aumentando las concentraciones de gases invernadero (que tienden a aumentar la temperatura atmosférica) y en algunas regiones, aerosoles (que tienden a enfriar la atmósfera). Se proyecta que estos cambios, juntos, modificarán el clima regional y global al igual que parámetros relacionados con el clima, tales como temperatura, precipitación, humedad de suelos y nivel del mar. Segundo, algunas comunidades humanas se han hecho más vulnerables a riesgos entre los cuales se encuentran: tormentas, inundaciones y sequías; debido al aumento de densidad de población en áreas riesgosas tales como cuencas de ríos y planicies costeras. Se han identificado cambios serios, como el aumento, en algunas áreas, de la incidencia de eventos de alta temperatura, inundaciones, incremento de pestes, cambios en la composición, estructura y funcionamiento ecológico".*
> (Pace Energy Project, 1997)

Al producir bienes y servicios que modifican químicamente la atmósfera, el suelo y el agua, las actividades económicas afectan los recursos naturales de diferentes maneras. A la vez, con algunas actividades se altera de forma física la cubierta vegetal de la Tierra y la vida silvestre.

Algunas instituciones internacionales han promovido durante las tres últimas décadas diferentes reuniones y conferencias dirigidas a analizar aspectos relacionados con la sostenibilidad del planeta y la posibilidad de acceder de modo permanente a los recursos naturales y a gozar de un ambiente sano. A pesar de que ha habido cierto progreso, en la actualidad existen muchas dificultades, especialmente en materia conceptual. Se ha analizado principalmente el sistema de medición actual del Producto Interno Bruto (PIB) y se ha criticado porque no representa el verdadero ingreso sostenible de un país, dado que posee limitaciones en cuanto al tratamiento de los costos de protección ambiental y a la medición real del agotamiento y degradación del capital natural.

Después de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (1992) donde fue discutido por primera vez por un grupo de naciones, lo peligroso de seguir explotando los recursos naturales más allá de los límites de lo razonable para la supervivencia humana, casi todos los países del mundo se comprometieron a buscar el desarrollo sin poner en peligro dichos recursos.

Antes de la Cumbre, la Comisión Brundtland publicó un documento en 1986, donde proporcionó la famosa definición de desarrollo sostenible que declara: "es necesario buscar satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las de las futuras generaciones". Este término que se había mencionado con anterioridad en la Declaración de Cocoyoc sobre Ambiente y Desarrollo, a principios de 1970, ha sido la marca registrada de organizaciones internacionales dedicadas a buscar beneficios ambientales y de desarrollo.

El concepto "desarrollo sostenible" sugiere que la lección de ecología puede y debe ser aplicada a los procesos económicos. Según Bowers (1997) algunas de las preguntas que se puede hacer la economía con respecto a la definición de desarrollo sostenible, son las siguientes: ¿es el desarrollo sostenible compatible con el crecimiento económico continuo? ¿requiere sacrificios de las actuales generaciones, o simplemente modificar la manera en la cual se comportan en sus actividades? ¿cómo se distribuirán los costos del desarrollo sostenible entre los países? y, dentro de ellos, ¿cómo serán distribuidos los costos entre los diferentes estratos de la sociedad? ¿desarrollo sostenible significa que a los países del Tercer Mundo se les negará la oportunidad de alcanzar los niveles de ingreso per cápita experimentados por los países desarrollados? ¿cuáles son los recursos que las futuras generaciones necesitarán? ¿cómo decidimos cuáles de las actividades actuales son compatibles con el desarrollo sostenible? ¿cuál política debe ser adoptada para lograr el desarrollo sostenible?

Una sola ciencia no puede contestar completamente esas preguntas, ya que cada una involucra amplios asuntos sociales que difícilmente se contestan sin tener un debate extenso entre varias disciplinas. No obstante, las ciencias de la tierra, del agua y de la atmósfera, tienen mucho que contribuir a la respuesta de cada una de esas preguntas. Los problemas demográficos no pueden ser atendidos como problemas sociales o económicos exclusivamente, se requiere de la mirada de la ciencia para analizar las verdaderas implicaciones sobre el ecosistema global.

Puede decirse, en términos generales, que la humanidad tiene tres importantes tareas en el debate sobre desarrollo sostenible: la primera, examinar los costos y beneficios de lograr objetivos sostenibles tales como limitar la emisión de gases de invernadero o la conservación de la biodiversidad; la segunda, valorar la efectividad de instrumentos alternativos de política para lograr los objetivos de sostenibilidad (cómo se comportará la gente cuando se enfrente con diferentes tipos de impuestos y subsidios o estándares ambientales); y por último, evaluar los costos y beneficios de los instrumentos alternativos de política.

Por otra parte, la libertad cultural debe ser adoptada como uno más de los derechos humanos básicos y como un requisito para conseguir el desarrollo de las cada vez más diversas sociedades del siglo XXI.

Si se asevera la importancia de las tareas mencionadas, cabe tener en cuenta que desde el punto de vista económico, cada generación recibe un determinado capital y, a su vez, toma decisiones sobre consumo, uso de los recursos e inversión, y lega a sus sucesores un nuevo monto de capital diferente al que heredó. En algunos casos será factible sustituir capital físico o conocimiento por ciertos recursos naturales o servicios ambientales. En otros casos, cuando lo anterior no es posible, la única opción es garantizar la conservación de estos recursos y servicios. Así que la sostenibilidad debe ser vista como el conjunto de decisiones sobre consumo e inversión que una sociedad toma a lo largo del tiempo.

Finalmente, es preciso recordar que el desarrollo, más que aumentar el ingreso nacional, es "un proceso destinado a ampliar las alternativas de la gente" (Amartya Zen).

**Luís Alfonso Escobar Trujillo**
*Director General*

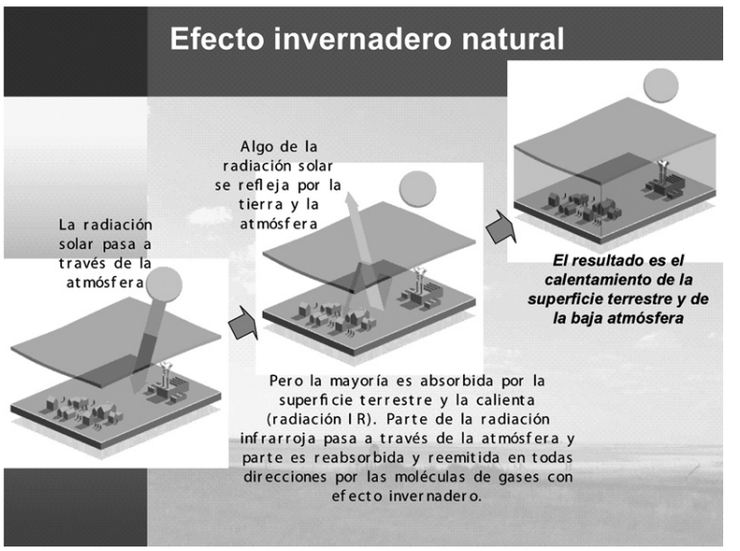
# Generalidades *sobre el* Cambio Climático

Subdirección de Calidad Ambiental,
**CORANTIOQUIA**

**La atmósfera es un componente vital para el ambiente de los humanos y de los seres vivos, en general.** Transmite y altera la energía solar que controla el clima terrestre, confiere armonía, colorido y diversidad a los días y las noches, actúa como escudo protector contra los peligrosos impactos de meteoritos y la radiación penetrante de los rayos ultravioleta del sol; sustenta el vuelo de las aves, los insectos y los aviones, transporta semillas y esporas. Sus gases suministran las materias primas sin las cuales no existiría la vida.

El tema del cambio climático es reconocido como uno de los grandes problemas emergentes del mundo actual, que requiere de más y mejores acciones de la comunidad internacional, al igual que la pobreza, la hambruna y la carrera armamentista.

El clima siempre ha variado, el problema del cambio climático es que desde principios del siglo xx, el ritmo de estas variaciones se ha acelerado, a tal grado que afecta actualmente la vida en el planeta. El calentamiento global y su efecto directo, el cambio climático, preo-cupa al mundo y ocupa buena parte de los esfuerzos de la comunidad científica internacional para estudiarlo, en tanto pone en riesgo el futuro de la humanidad, porque el incremento de la concentración de Gases Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera terrestre está provocando alteraciones en el clima.




**Fuente: Conferencia Cambio Climático, reunión en Argentina, 2006.**

El efecto invernadero es un fenómeno natural que permite la vida en la Tierra. Es causado por una serie de gases que se encuen-

tran en la atmósfera, provocando que parte del calor del sol que nuestro planeta refleja quede atrapado manteniendo la temperatura media global en 15°C, favorable a la vida como se conoce hoy.

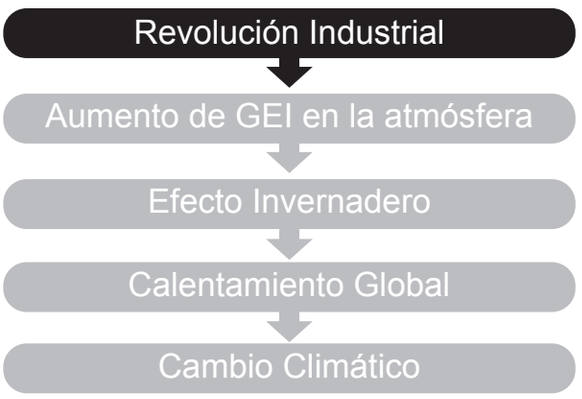
Las emisiones de GEI han sido muy intensas a partir de la Revolución Industrial. Existe una relación directa entre el cambio climático y el aumento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Muchos científicos consideran que la contaminación atmosférica asociada principalmente a dióxido de carbono proveniente de la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas), es la principal causa del incremento de la temperatura media del planeta.

**Principales gases que producen efecto invernadero**

| Gases | Permanencia en la atmósfera (años) | Fuentes de emisión | Potencial de calentamiento global |
|---|---|---|---|
| Dióxido de Carbono | 500 | Quema de combustible fósiles, deforestación producción de cemento | 1 |
| Metano | 7-10 | Producción y quema de combustibles fósiles, agricultura, ganadería, manejo de residuos | 21 |
| Óxido Nitroso | 140-190 | Quema de combustibles fósiles, agricultura, explotación de la tierra | 230-310 |
| Perfluoro Carbono | 65-110 | Actividades industriales (refrigerantes, aerosoles, espumas plásticas) | 6200-7100 |
| Hidrofluoro Carbono | 12 | Actividades industriales (refrigerantes líquidos) | 1300-1400 |
| Hexafluoruro de Azufre | 3200 | Actividades industriales (aislantes eléctricos) | 23900 |

**Fuente: Conferencia Cambio Climático, reunión en Argentina 2006.**

Actualmente, las concentraciones de GEI en la atmósfera están creciendo rápidamente, como consecuencia de que el mundo quema cantidades cada vez mayores de combustibles fósiles y destruye los bosques y praderas, que de otro modo podrían absorber dióxido de carbono y favorecer el equilibrio de la temperatura. Un esquema que ilustra la manera como ocurre y se relaciona el cambio climático y el calentamiento global se presenta en la siguiente figura.




Entre los principales impactos y preocupaciones atribuibles al cambio climático está el aumento de las temperaturas, la elevación del nivel del mar y el aumento de inundaciones costeras, los cambios en los regímenes de precipitaciones, el aumento de periodos de sequía prolongada en algunas regiones, el incremento en la frecuencia, duración e intensidad de eventos climáticos extremos, el aumento en la frecuencia, duración e intensidad de olas de calor, aumento del riesgo de incendios de bosques, las pérdidas potenciales de tipos específicos de ecosistemas, las alteraciones en la dinámica de producción de alimentos, el aumento del riesgo de daños resultantes de inundaciones, deslizamientos de suelos y otros eventos climáticos, al igual que el incremento de la incidencia de enfermedades originadas en vectores.

La comunidad internacional está reaccionando y para ello creó en 1988 el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). Este panel está constituido por expertos y su objetivo es dar a conocer a los gobernantes del mundo la información científica, técnica y económica disponible sobre el cambio climático, su impacto y las posibles soluciones. Los expertos del panel han advertido que si el desarrollo mundial, el crecimiento demográfico y el consumo energético basado en los combustibles fósiles, siguen aumentando al ritmo actual; antes del año 2050 las concentraciones de dióxido de carbono se habrán duplicado con respecto a las que había antes de la Revolución Industrial.

El segundo informe de evaluación del IPCC fue publicado en 1995, y su conclusión clave fue: "El conjunto de las evidencias sugiere una influencia humana discernible sobre el clima global". Dicho informe fue decisivo en la negociación del Protocolo de Kyoto en diciembre de 1997, el mayor instrumento internacional para enfrentar el cambio climático. Este es un pacto al que llegaron los gobiernos en la conferencia de las Naciones Unidas, celebrada en Kyoto, Japón, en 1997, para reducir la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por los países desarrollados en un 5.2%, respecto a los niveles registrados en 1990 durante el periodo comprendido entre 2008 y 2012. Un total de 141 naciones han ratificado el pacto.

Los líderes de los ocho países más ricos del mundo, en su reunión de 2005, trataron justamente el cambio climático, en un esfuerzo más por hallar acuerdos sólidos sobre el tema. Durante esta reunión se diseñaron estrategias para combatir el problema, mediante políticas de fomento al uso de tecnologías limpias para la generación de energía, así como la creación de condiciones favorables para negociaciones futuras dentro del marco de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Para terminar, es necesario recordar lo que de manera simple pero profunda, nos presenta como una sentencia, el escritor Gabriel García Márquez a propósito de nuestro compromiso con el planeta, pero aún más con nuestra responsabilidad por la vida actual y futura de todos los seres, formas y criaturas de la Tierra: "No tenemos otro mundo al cual podernos mudar".

# Cambios climáticos en el pasado,

## algunas reflexiones sobre paleoclimatología

Michel Hermelin Arbaux

## Introducción

**En el lenguaje coloquial, se usa el término "clima" para referirse al tiempo que está haciendo.** De ahí que hayan surgido muchas interpretaciones abusivas alrededor del Cambio Climático Global, que cada colombiano se sienta autorizado a confirmarlo a partir de sus observaciones personales, generalmente las que sólo datan de unos días atrás.

En términos científicos, la climatología es una de las ramas de la meteorología, disciplina que estudia los fenómenos atmosféricos de la superficie de la Tierra o cercanos a ella: temperatura, precipitación, vientos, nubosidad, humedad relativa, entre otros.

La climatología estudia el comportamiento de estas variaciones a través del tiempo, y, por lo tanto, para hablar del clima en un punto dado del globo terrestre se requiere tener medidas durante un periodo significativo de tiempo, que en general se considera del orden de unos 50 años (Hartman, 1994).

(...) para hablar del clima en un punto dado del globo terrestre se requiere tener medidas durante un periodo significativo de tiempo, que en general se considera del orden de unos 50 años (Hartman, 1994).

Por otra parte, el cambio climático es una realidad cada vez más tangible, tal como lo han evidenciado los integrantes del GIEC (Grupo Intergubernamental de Estudios Climáticos, asesor de las Naciones Unidas), los cuales por primera vez llegan a un consenso a principios de ese año, acerca del origen antrópico del cambio global, cambio que está empezando a afectar a la humanidad entera de una manera cada vez más notoria.

En el Primer Escenario sobre "Bosque, calentamiento y clima", me correspondió desarrollar el tema de cambios climáticos en el pasado. Es un tema aparentemente muy académico, pero que ha cobrado gran importancia en los últimos años, pues así como un médico para emitir su diagnóstico sobre el estado de salud de un paciente necesita ante todo su historial, el estudio del futuro del planeta siempre busca afirmar su predicción a partir de los datos que suministra el estudio del pasado.

El estudio de las épocas pasadas no es una novedad y desde el Renacimiento personas de gran solvencia intelectual como Leonardo da Vinci, dedicaron sus esfuerzos a la explicación del por qué en las montañas italianas se encontraban fósiles de animales marinos, de ahí nació la geología y el cúmulo de conocimientos fundamentales que en los últimos dos siglos han aportado las ciencias de la Tierra sobre la historia del planeta y del hombre.

Hoy en día, la inminencia del Cambio Climatico Global ha puesto a los geólogos y a otros científicos dedicados al estudio de la Tierra en una situación, por cierto, bastante incómoda: en lugar de atrincherarse en el cómodo estudio del pasado, se han visto lanzados al incierto campo de la predicción. No una predicción basada en artes adivinatorias u otras artimañas para crédulos, sino en una nueva rama de las ciencias que se llama la prospectiva y que se sustenta en la aplicación de modelos construidos a partir de interpretaciones rigurosas de los eventos pasados.

## El Clima

**Una de las principales variables del clima es la temperatura, que es a su vez una expresión del calor disponible. En la superficie de la Tierra, el 99% de la energía calórica proviene del sol.** Como la recepción de la energía solar es función del ángulo de incidencia de los rayos solares, la zona intertropical (de 23°S a 23°N) es la que más calor recibe y los dos polos son los más fríos. Este calor cumple una serie de funciones sobre la atmósfera, los océanos y los continentes. El ciclo del agua, los vientos, las corrientes oceánicas, el crecimiento de las plantas y los ciclos biológicos, son parte de sus consecuencias.

Se produce permanentemente un intercambio de calor entre polos y zona ecuatorial, que se efectúa por movimiento de grandes masas de aire: vientos (Figura 1), y de agua: las corrientes oceánicas (Figura 2). En ambos casos la rotación de la Tierra influencia los des-

plazamientos y en el segundo, también juega un papel importante la salinidad, por ser otro componente de la densidad del agua.

Este esquema muy general del clima está influenciado por otros fenómenos que se han identificado en las últimas décadas como el ENSO (abreviatura en inglés para El Niño-Oscilación del Sur) que afecta la temperatura del océano Pacífico Ecuatorial entre Australia y Suramérica y genera modificaciones en la precipitación sobre las zonas continentales.

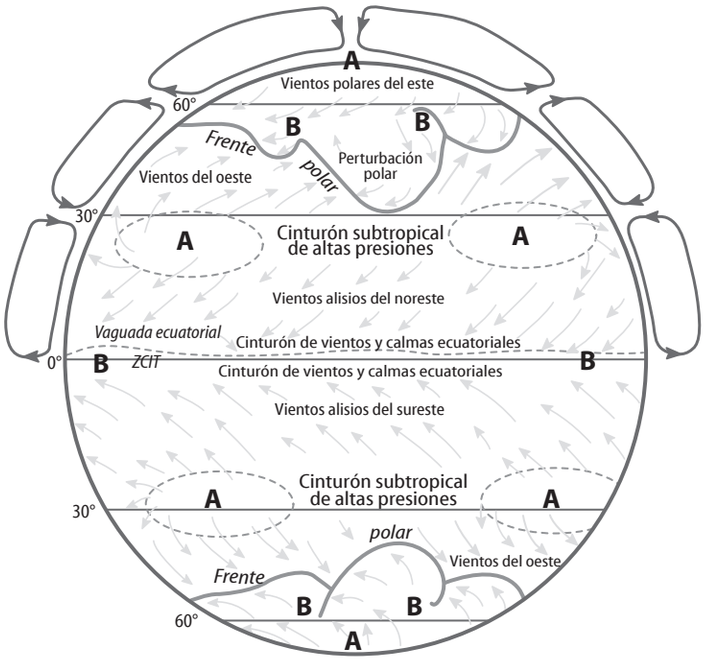



Figura 1

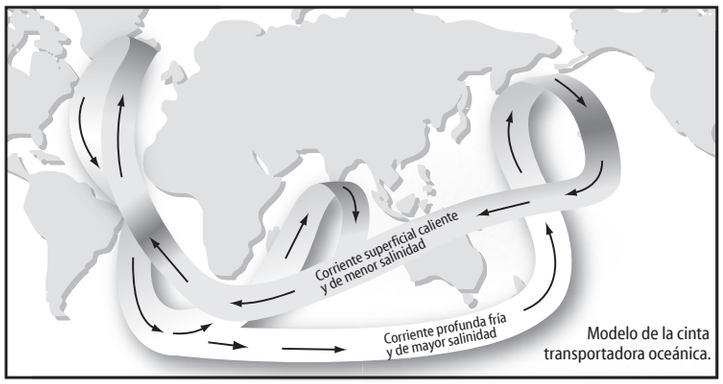



Figura 2

La amenaza de cambio global ha fomentado la investigación sistemática del clima y con la ayuda de recursos poderosos como modelos matemáticos operados por computadores con cada vez más potentes observaciones satelitales, campañas oceanográficas, análisis detallados de los hielos de Groenlandia y de la Antártida, se está logrando una comprensión cada vez mayor del clima terrestre, la cual subraya la complejidad de la dinámica atmosférica en estrecha relación con los océanos, las masas continentales y las zonas cubiertas por hielo.

**La inminencia del Cambio Climático Global ha puesto a los geólogos y a otros científicos dedicados al estudio de la Tierra en una situación incómoda: en lugar de atrincherarse en el cómodo estudio del pasado, se han visto lanzados al incierto campo de la predicción.**

## El Clima en Colombia

**La zona intertropical presenta las temperaturas medias más altas del globo y también es el lugar donde se presentan los ecosistemas más variados de la Tierra: los atolones coralinos en el mar y la selva amazónica en los continentes.** Además de las temperaturas altas, lo que más caracteriza los trópicos es la ausencia de estaciones térmicas. En Colombia, por ejemplo, el promedio de temperaturas diarias en la ciudad más cálida (Mompox) o en la más fría (Ipiales), no varía en más de un grado Celsius en todo el año.

Por estar situada muy cerca del Ecuador y por tener montañas altas, Colombia goza de una variedad inigualable de climas. A diferencia de los continentes sin muchas elevaciones, donde el clima cambia en función de la latitud, los climas colombianos dependen de la altura, que a su vez controla la temperatura.

En lugar de zonas climáticas tenemos pisos

altitudinales. Desde la época del sabio Caldas sabemos que el gradiente de temperatura es aproximadamente 1°C/175m, con algunas variaciones regionales.

Por otra parte, las montañas también desempeñan un papel fundamental en el desplazamiento de las masas de aire húmedo, formando a veces barreras que se reflejan en la presencia de zonas más secas, como las depresiones andinas (Santa Fe de Antioquia, en Antioquia; Lobo Guerrero, en el Valle del Cauca; Villa de Leyva, en Boyacá; el cañón de Chicamocha, en Santander; entre otras).

La mejor forma de expresar la variabilidad de los climas colombianos y de sus formaciones vegetales correspondientes, es el cuadro de Holdridge, que combina la temperatura, la precipitación y la evapotranspiración para establecer los nichos de cada ecosistema vegetal.

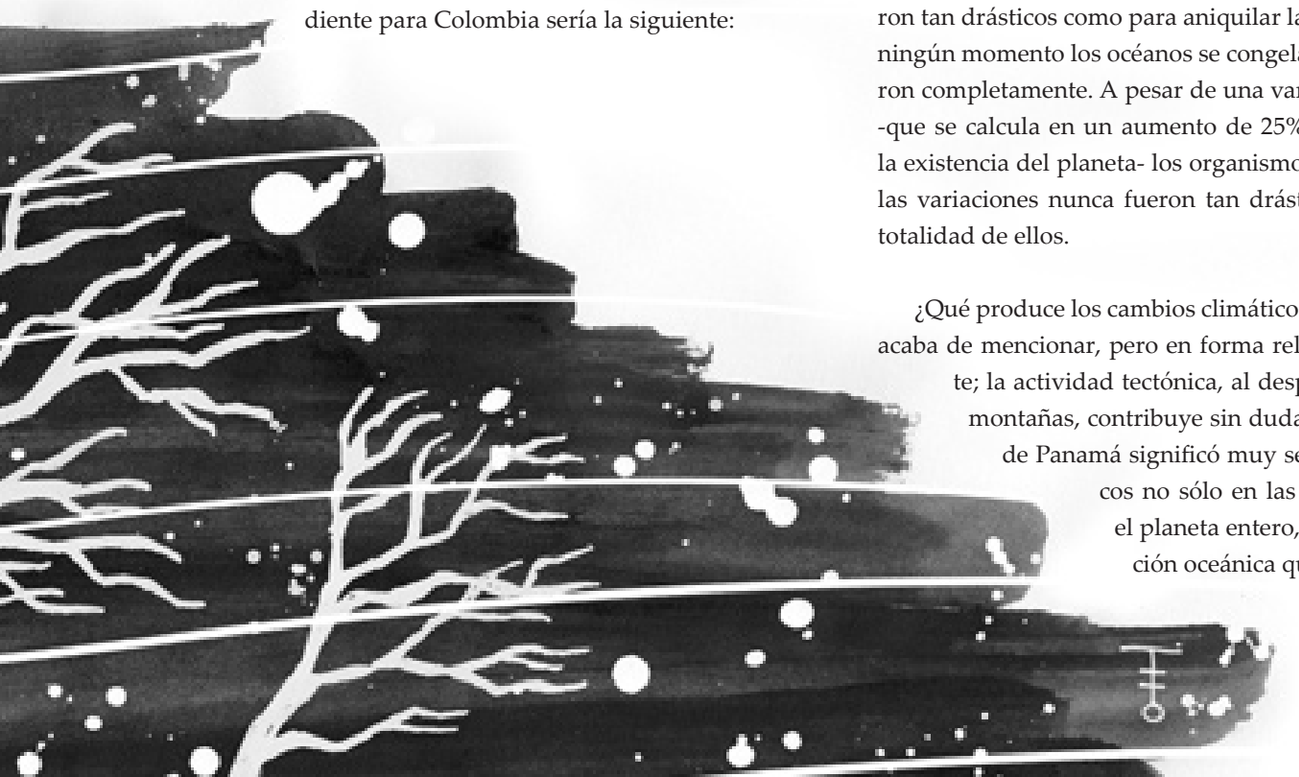
**Cuadro N°1**
**Clasificación simplificada de climas de Colombia**

| Nombre | Altura msnm | Precipitación | Vegetación |
|---|---|---|---|
| Piso bajo | 0 - 1000 | Alta | Bosque amazónico |
| Piso bajo | 0 - 1000 | Baja | Monte espinoso (Guajira) |
| Piso bajo | 0 - 1000 | Con estación seca larga | Sabana (Llanos Orientales) |
| Vertientes andinas | 1000 - 3200 | Alta | Bosque andino |
| | | Baja | Depresión seca |
| Páramo | 3200 - 4500 | Media | Páramo |
| Glaciares | + de 4500 | Media | – |

> (...) las evidencias de cambios climáticos pasados nunca han sido puestas en tela de juicio por parte de los estudiosos de la Tierra (...)

Los mapas obtenidos por Espinal (1977) aplicando este método son actualmente mapas casi virtuales, pues en muchas regiones del país la vegetación original ha desaparecido prácticamente, lo anterior no le resta nada a su gran utilidad.

En la práctica, una clasificación muy aproximada de la distribución de los climas y de la vegetación correspondiente para Colombia sería la siguiente:



## Los cambios climáticos en el pasado

**Si bien es cierto que el tema del Cambio Climático Global inminente fue hasta hace poco motivo de controversia entre los delegados de los gobiernos ante el GIEC,** las evidencias de cambios climáticos pasados nunca han sido puestas en tela de juicio por parte de los estudiosos de la Tierra. Actualmente se sabe que además de los cambios ocurridos durante los últimos 2 ó 3 millones de años (Cuaternario y Terciario Superior. en términos geológicos), relativamente bien conocidos, otros ocurrieron incluso durante el Pre-Cámbrico, hace más de 550 millones de años, cuando la vida apenas estaba colonizando el planeta. Sin embargo, otra deducción importante se ha hecho: en ningún momento estos cambios fueron tan drásticos como para aniquilar la vida. En otras palabras, en ningún momento los océanos se congelaron del todo ni se evaporaron completamente. A pesar de una variación de la radiación solar -que se calcula en un aumento de 25%, aproximadamente, desde la existencia del planeta- los organismos pudieron sobrevivir pues las variaciones nunca fueron tan drásticas como para destruir la totalidad de ellos.

¿Qué produce los cambios climáticos? La radiación solar, que se acaba de mencionar, pero en forma relativamente poco importante; la actividad tectónica, al desplazar continentes y formar montañas, contribuye sin duda alguna. El cierre del istmo de Panamá significó muy seguramente cambios drásticos no sólo en las áreas circundantes sino en el planeta entero, por los cambios de circulación oceánica que provocó.

Sin embargo, el mecanismo más aceptado hoy por la comunidad científica para explicar los cambios climáticos es el de las variaciones orbitales de la Tierra en su movimiento alrededor del sol: inclinación del eje rotación, cambio en la excentricidad del elipsoide de revolución, precesión de los eclipses, fenómenos cuya conjugación produce variaciones importantes del clima con una frecuencia de unos 100.000 años.

Existen otros fenómenos de menor alcance, entre los que se pueden mencionar las manchas solares y las erupciones volcánicas, cuyas consecuencias suelen ser poco duraderas aunque en el caso de las últimas se sabe que la actividad de los volcanes de Islandia provocó hambrunas en Irlanda, por ser la causa de inviernos extremadamente fríos. Obviamente, no existen en el registro geológico evidencias de cambios climáticos pasados provocados por el hombre.

## Cuadro N°2
**Algunas fuentes indirectas de datos paleoclimáticos**

- Suelos sepultados
- Sedimentos lacustres
- Depósitos eólicos
- Espeleotemas (cavernas)
- Sedimentos oceánicos
- Glaciares de montaña (fluctuaciones)
- Depósitos de origen glaciar
- Depósitos continentales
- Polen
- Microfósiles
- Macrovertebrados
- Arrecifes coralinos

## ¿Qué evidencias tenemos de los cambios climáticos?

**Son de varios tipos:**

**Medidas directas de diversos parámetros meteorológicos.** Desafortunadamente en Colombia este tipo de dato es insuficiente, por el corto tiempo durante el cual se han registrado las observaciones. Sin embargo, el deshielo de los glaciares andinos es un buen ejemplo.

**Datos históricos.** Las observaciones transcritas en crónicas que aquí sólo tienen unos cuatro siglos, pero que en China pueden alcanzar 5.000 años.

**Datos arqueológicos.** Las culturas hispánicas dejaron algunos vestigios que pueden ser interpretados; son relativamente menos numerosos en Colombia que en Mesoamérica y en Perú, pero se han logrado resultados interesantes (Hunt et al., 1976).

**Los proxies.** Este término en inglés significa "sustituto" y designa las evidencias que pueden obtenerse por métodos indirectos. El cuadro N.° 2 da algunos ejemplos aprovechables en Colombia.

La gran mayoría de las evidencias encontradas en el país corres-

ponden a la última época fría, llamada Último Máximo Glaciar, que desde hace unos 70.000 años BP (Before Present, antes del presente, que por el uso generalizado del radiocarbono para datar se expresan como el número de años antes del descubrimiento de dicho método, en 1950) hasta 18.000 años BP.

Los siguientes ejemplos se refieren a investigaciones realizadas sobre evidencias encontradas en el país:

- Suelos sepultados y datados fueron encontrados por Fölster (1981) en la Cordillera Oriental, cerca del embalse de Neusa.

- Los sedimentos lacustres de la Sabana de Bogotá y de lagunas de origen glaciar de las cordilleras Oriental, Central y Occidental, así como de la Sierra Nevada de Santa Marta y el polen contenido en ellos; fueron descritos en numerosas contribuciones de van der Hammen y de sus colaboradores (van der Hammen, 1981; 1984; Velásquez et al., 1999).

- El retroceso de los glaciares de las cordilleras fueron estudiados por van der Hammen y colaboradores (Thouret et al., 1995); por Herd (1974) en el Macizo del Ruiz-Tolima.

- Las líneas de piedras (stone lines) de los altiplanos de San Félix y de Rionegro fueron descritos por Hermelin (1993) y datados por López et al. (en prensa):

- Los microfósiles asociados con depósitos del océano Pacífico, cuenca de Panamá, han sido estudiados por Martínez y sus colaboradores. (Martínez et al., 2003)

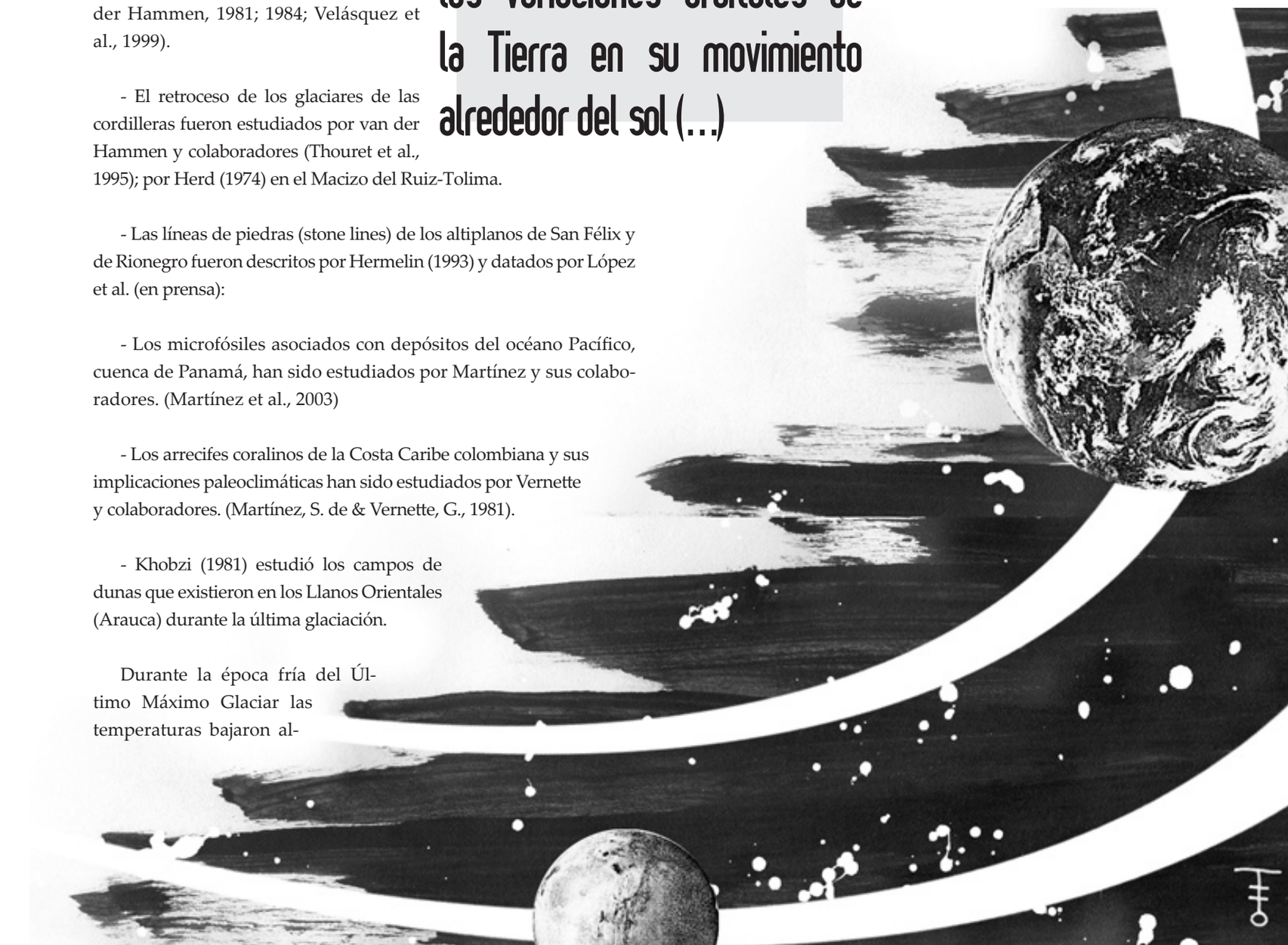
- Los arrecifes coralinos de la Costa Caribe colombiana y sus implicaciones paleoclimáticas han sido estudiados por Vernette y colaboradores. (Martínez, S. de & Vernette, G., 1981).

- Khobzi (1981) estudió los campos de dunas que existieron en los Llanos Orientales (Arauca) durante la última glaciación.

Durante la época fría del Último Máximo Glaciar las temperaturas bajaron alrededor de cinco a ocho grados, lo que significó un descenso de los diferentes pisos climáticos en unos mil metros: la Sabana de Bogotá albergó vegetación de páramo, como lo evidenciaron Hunt et al. en El Abra. Así mismo, áreas cubiertas ahora de bosque tuvieron vegetación de hierbas, que protegieron mal sus suelos de la erosión.

En síntesis, los estudios sobre paleoclimas en Colombia han sido numerosos desde sus primeros pasos, dados por van der Hammen a fines de la década de 1950. En este momento presentan un interés especial para los investigadores, ya que su estudio permite acercarse a la prospectiva del Cambio Climático Global y sus consecuencias en las diferentes regiones colombianas.

**(...) el mecanismo más aceptado hoy por la comunidad científica para explicar los cambios climáticos es el de las variaciones orbitales de la Tierra en su movimiento alrededor del sol (...)**



# Bibliografía


**Espinal, L. S., (1977).**

*Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia,* IGAC, Bogotá, p. 238.

**Fölster, H., (1981).**

"Vegetation -climatic relation of cold-phase paleosols in the Colombian Andes". *Revista CIAF.* Vol. 6 N.º (1-3), pp. 193-199.

**Hartman, D.L., (1994).**

*Global Physical Climatology*
*Academia Press,* San Diego, p. 411.

**Herd, D.G., (1974)**

*Glacial and volcanic geology of the Ruiz-Tolima volcanic complex, Cordillera Central, Colombia.* Publicación Especial , INGEOMINAS, Bogotá, p. 78.

**Hermelin, M., (1993).**

*Stone lines in the Antioquia highlands. Quaternary of South America and Antartic Peninsula (Balkelma, Amsterdam).* V. 8, pp. 137-156.

**Hunt, W.R., van der Hammen, Th,. & Correal, G., (1976).**

"The El Albra rock shelters, Sabana de Bogotá; Colombia, South America".

*The Quaternary of Colombia.* Special volume II, p. 56.

**Khobzi, J., (1981).**

"Los campos de dunas del norte de Colombia y en los Llanos del Orinoco (Colombia y Venezuela)". *Revista CIAF.* V. 6, pp. 257-292.

**López, G., Hermelin, M., García, C., Sierra, G., Toro, G. & Rink, W. J., (sometido).**

*Evaluation of the evolution of high plateau in the northern Central Cordillera, Colombia, South America: first optical ages and preliminary results, sometido a Geomorphology.*

**Martínez, J.I., Keigwin, Lloyd, Keigwin, Barrows, Timothy, Yokoyama. Yusuke & Southon, J., (2003).**

*La Niña like conditions in the eastern equatorial Pacific and a stronger Choco jet in the northern Andes during the last glaciation Paleoceanography.* V. 18 N.º 2.

**Martínez, S. de & Vernette, G., (1981).**

"El Complejo arrecife de las islas del Rosario: Zonación coralina, sedimentos y foraminiferos bentónico". *Revista CIAF.* V. 6. pp. 329-346.

**Thouret, J.C., van der Hammen, Th, Juvigné, E. & Salomons, J.B., (1995).**

"Geología del Cuaternario reciente en el Macizo Volcánico Ruiz Tolima".

*In. La Cordillera Central Colombiana, Transecto Parque de los Nevados (3ª parte) studies on Tropical Andean Ecosystems.* V. 4. Th. van der Hammen & A.G. dos Santos, editors, J. Cramer, Berlin, pp. 183-240.

**Van der Hammen, Th., (1981).**

"Glaciares y glaciaciones en el Cuaternario de Colombia: paleoecología y estratigrafía". *Revista CIAF.* V. 6, pp. 636-638.

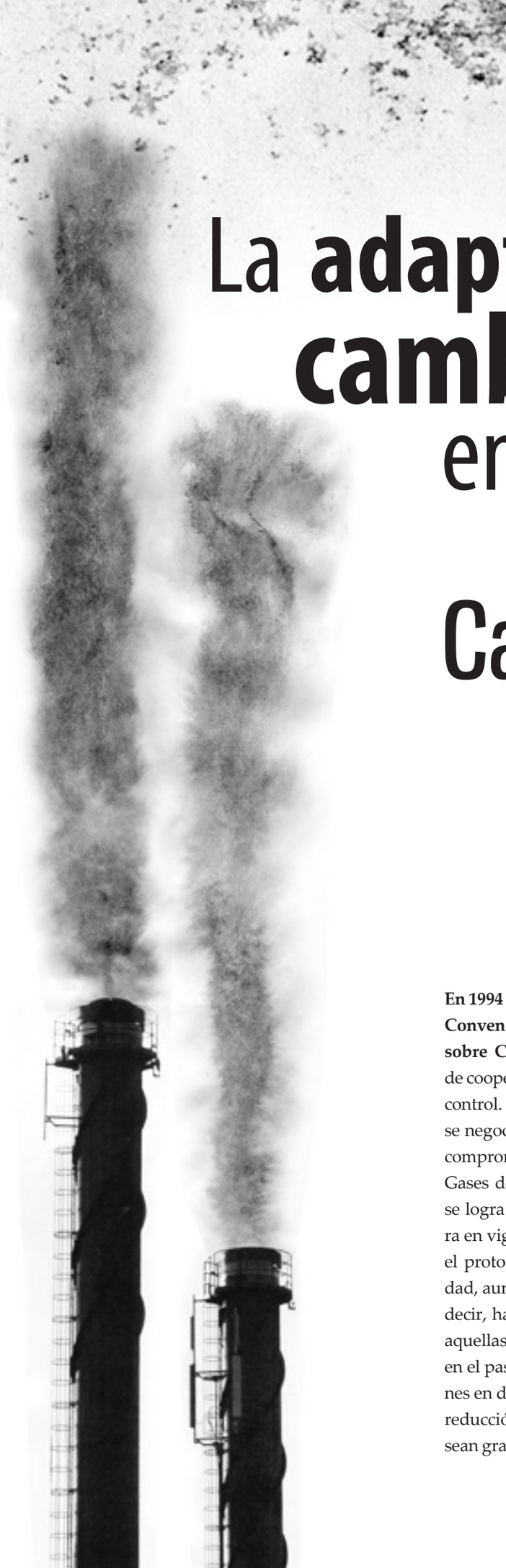
**Van der Hammen, Th., (1984).**

"Datos sobre la historia del clima, vegetación y glaciaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta".

*In La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) Transecto Buriticá -La Cumbre. Studies on Tropical Andean Ecosystems.* V. 2, Th van der Hammen & P. Ruiz, Editores, Ecoandes, J. Cramer, Berlin, pp. 561-580.

**Velásquez, C. A; Parra. L. N., Sánchez, D., Rangel, J. O. Ariza, C.L. & Jaramillo, A., (1999).**

*Tardiglacial y Holoceno del Norte de la Cordillera Occidental de Colombia.*
UN-Medellín/COLCIENCIAS, p. 236.



# La **adaptación** al **cambio climático** en **Colombia**

Carlos Costa Posada

**En 1994 la mayoría de los países firmaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático,** con la intención de cooperar para mantener el fenómeno bajo control. Sin embargo, cuando años después se negocia el protocolo de Kyoto asignando compromisos de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), casi no se logra suficiente respaldo para que entrara en vigor. La razón es que la convención y el protocolo parten de que la responsabilidad, aunque compartida, es diferenciada; es decir, hay una responsabilidad histórica de aquellas naciones que han emitido más GEI en el pasado. Esto explica por qué las naciones en desarrollo no tienen compromisos de reducción de emisiones de GEI aunque hoy sean grandes emisores, como China. Asumir los compromisos de Kyoto implica costos y restricciones al crecimiento industrial para las naciones desarrolladas y una ventaja competitiva para las naciones en desarrollo que todavía no tienen compromisos.

Asumir los compromisos de Kyoto implica costos y restricciones al crecimiento industrial para las naciones desarrolladas y una ventaja competitiva para las naciones en desarrollo (…)

Por esta razón, un número significativo de naciones se negaron a firmar el protocolo de Kyoto y respaldaron públicamente su posición argumentando la supuesta falta de

evidencia concluyente. Este motivo cambió a partir de febrero de 2007 cuando el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) se reunió en París para revisar y adoptar el documento "Cambio Climático 2007", en el cual se evidenció científicamente que las actividades humanas en gran medida modifican la química de la atmósfera y por lo tanto el clima. Esto permite esperar un fuerte cambio de actitud política internacional haciendo que todos los países adopten medidas responsables, aunque no necesariamente la adopción de Kyoto.

**El monitoreo del IDEAM permite afirmar que (…) los glaciares colombianos pierden entre 50 cm. y 1 m. de espesor al año, retrocediendo consecuentemente entre 10 y 20 m. al año.**

Hoy el tema está conceptualmente retrasado en el escenario mundial y a pesar de que se requiere mucha profundización en el conocimiento y el desarrollo de nuevas tecnologías, también es necesario utilizar el conocimiento y la tecnología disponible de manera creativa para recuperar el tiempo perdido.

## ¿Cómo se evidencia el cambio climático en Colombia?

**La evidencia sobre el calentamiento del planeta es incontrovertible.** El monitoreo del IDEAM permite afirmar que, de manera similar al resto del planeta, los glaciares colombianos pierden entre 50 cm. y 1 m. de espesor al año, retrocediendo consecuentemente entre 10 y 20 m. al año. El nevado de Santa Isabel tiene hoy veinticinco metros de espesor en el sitio de más profundidad. Si consideramos que está perdiendo un metro de espesor al año, su existencia no superará treinta años.

Desde 1960, el nivel del mar aumentó en el planeta, en promedio, 1.8 mm. al año, mientras que en los últimos diez años viene aumentando en 3.1 mm. por año. En Colombia se percibe un comportamiento parecido. El IDEAM ha registrado, en Cartagena y en Tumaco, incrementos entre 3 y 5 mm. por año, durante los últimos cincuenta años, haciendo que en este periodo el nivel medio del mar en las costas colombianas haya aumentado 10 cm. en el Caribe y 22 cm., en el Pacífico.

**Comportamiento del nivel del mar en Colombia. Estación: Tumaco.**

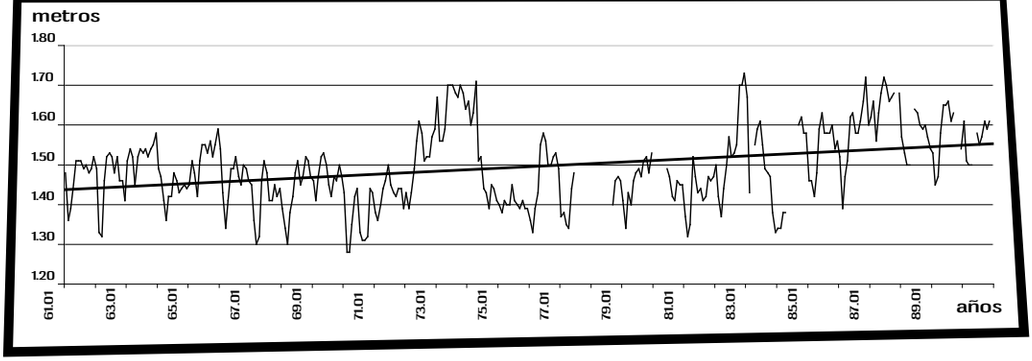



**Figura 1. Evolución del nivel del mar en Tumaco.**

Por otra parte, durante los últimos 50 años la temperatura promedio de la superficie aumentó 0.65°C. No puede ser coincidencia que a partir de 1995, prácticamente todos los años hayan sido los más calientes de la historia. El IDEAM tiene evidencias de que el incremento de la temperatura es mayor a mayores alturas, haciendo suponer que los impactos serán mayores a mayor altitud.

## Previsiones a futuro

**El IPCC respaldó que inclusive si se detuviera súbitamente la emisión de todo gas de efecto invernadero,** el planeta seguiría calentándose casi medio grado centígrado más durante los próximos treinta años. Esto debido a que los gases ya emitidos permanecerán actuando en la atmósfera, algunos hasta cien años. Impedir el calentamiento global no es posible, de manera que el asunto ahora es establecer si se puede mantener bajo niveles que no amenacen la estabilidad ambiental del planeta.

La magnitud del cambio climático y sus impactos dependerá totalmente de las decisiones políticas que los grandes emisores de GEI tomen durante los próximos cinco años. Los escenarios de emisiones futuras avalados por el IPCC muestran que si no se imponen controles efectivos a la emisión de GEI, para el año 2100 el aumento de la temperatura promedio puede llegar a ser de tres grados y medio, el nivel promedio del mar puede subir hasta 60 cm. Por otra parte, las lluvias se redistribuirán, en general, las zonas áridas y secas lo serán más, aumentando los desiertos y las zonas inhabitables.

**Impedir el calentamiento global no es posible, de manera que el asunto ahora es establecer si se puede mantener bajo niveles que no amenacen la estabilidad ambiental del planeta.**

Estos impactos se presentaran paulatinamente y Colombia será afectada de manera importante. El IDEAM estima que en el año 2050 habrá desaparecido el 80% del área glaciar del país y el 60% del área de páramos estará altamente degradada. Esto tendrá diversas implicaciones. Por una parte, la biodiversidad de los páramos será fuertemente afectada, lo cual tendrá implicaciones globales si consideramos que la mayor biodiversidad de páramos del mundo se encuentra en Colombia.

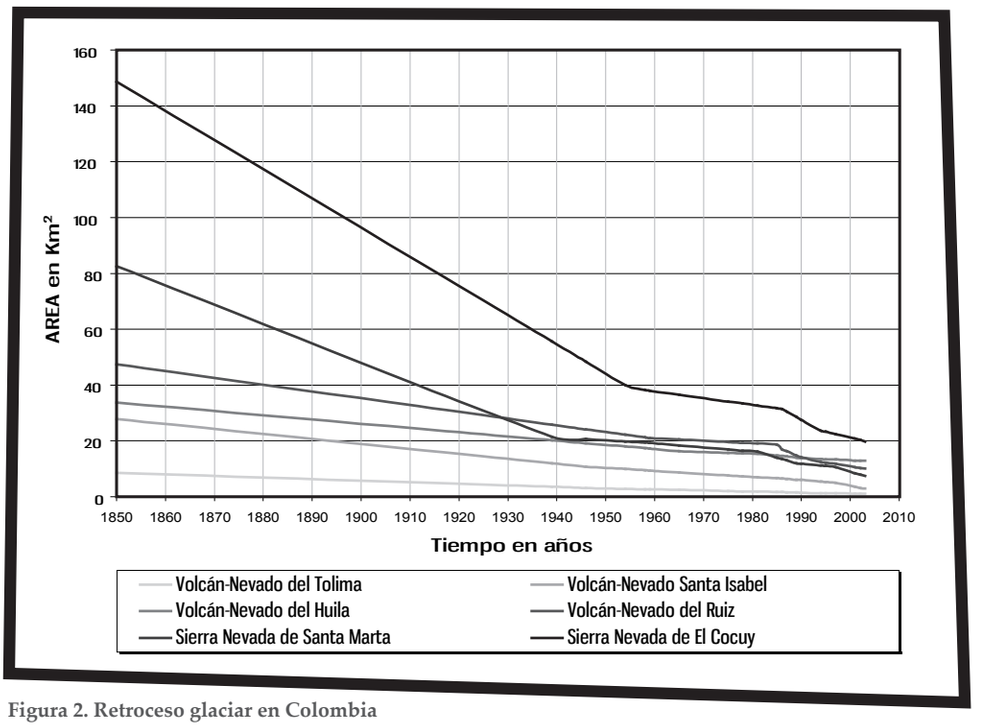



**Figura 2. Retroceso glaciar en Colombia**

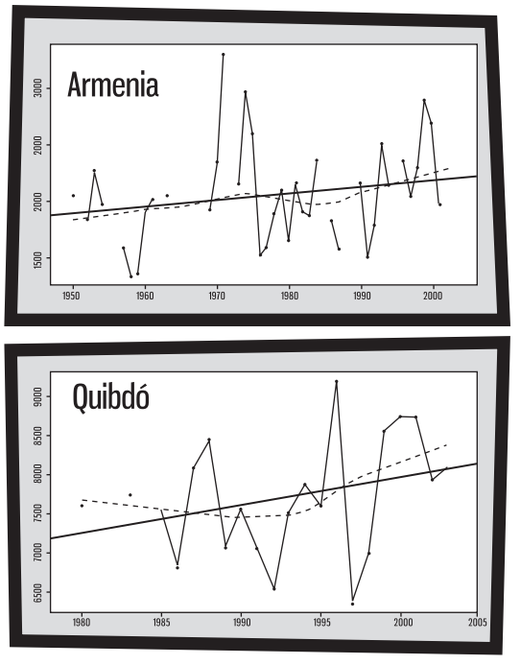



**Figura 3 Tendencias de aumento de la precipitación en Armenia (+6 mm/año) y en Quibdó (+35 mm/año). (Cálculo según método RClimDex desarrollado por el National Climate Data Center (NCDC) de la NOAA.)**

Por otra parte, la degradación de los páramos también afectará la oferta hídrica de Bogotá y las capitales del Eje Cafetero. Por el momento no es posible saber la magnitud de esta afectación dado que no existen modelos del ciclo del agua para alta montaña que consideren adecuadamente el aporte del páramo.

**Los corales del Caribe serán fuertemente afectados (por el cambio climático). El territorio marino colombiano alberga el 30% de la cuenca del Caribe y la tercera barrera coralina del planeta.**

Aunque la cantidad de lluvia no ha cambiado mucho, en los datos del IDEAM es evidente que su intensidad ha aumentado. Esto coincide con las conclusiones del IPCC: aumento de la intensidad de lluvias y huracanes en todo el planeta. Esto tiene implicaciones serias para la población y los sectores en riesgo de desastres naturales, porque una mayor intensidad de las lluvias y los huracanes conlleva un incremento en el número de crecientes súbitas, de inundaciones y de deslizamientos de tierra, los cuales generan el 90% de los desastres del país.

Los modelos globales de clima también pronostican una redistribución de las lluvias debido a cambios en la circulación de la atmósfera. Se prevé aumento de la precipitación en el Pacífico colombiano y reducción en la cuenca del Caribe. El IDEAM ha detectado un pequeño pero significativo aumento de la precipitación en el occidente del país (Figura 3) lo que corrobora los citados modelos.

La reducción de las lluvias, por otro lado, coincide con zonas que de partida son secas, lo que contribuiría con el proceso de desertificación del que Colombia no es ajeno. Según el IDEAM, Colombia posee 24.534.200 Ha. en ecosistemas de zonas secas (21,5% del país), de los cuales 19.351.000 Ha. se encuentran en desertificación (16,95% del país).

Los corales del Caribe también serán fuertemente afectados. El territorio marino colombiano alberga el 30% del la cuenca del Caribe y la tercera barrera coralina del planeta. Eventos recientes de calentamiento temporal del Mar Caribe han demostrado que dos grados de temperatura por encima del promedio histórico son suficientes para causar la muerte o "blanqueamiento" de comunidades de coral. Ante un aumento permanente en la temperatura en el mar y de este orden de magnitud, los corales del Caribe enfrentan un alto riesgo de desaparecer.

Los impactos de la degradación de los corales son múltiples: la pérdida de la biodiversidad asociada, la amenaza sobre el sector pesquero y la seguridad alimentaria de las comunidades costeras se verán amenazados debido a que el 65% de las especies pesqueras dependen de los corales durante sus primeras etapas de desarrollo. Además, paulatinamente, se perderá la protección contra marejadas y huracanes que las barreras coralinas ofrecen a islas y costas. Todo esto sin considerar la impor-

tancia de los corales para el sector turístico ni su valor cultural.

El aumento del nivel del mar también puede traer impactos negativos. Este se debe a que el agua del océano aumenta de volumen al calentarse y al derretimiento de los glaciares y del Polo Norte. Según el IPCC, de acuerdo con el modelo de desarrollo que elija el planeta, el nivel del mar puede aumentar entre 20 y 60 cm., hacia finales del siglo XXI. Esto tendrá consecuencias importantes en las ciudades costeras debido al aumento del riesgo de anegamiento por marejadas y de inundación, por lluvias fuertes en ciudades como Barranquilla, Cartagena y San Andrés, que hoy enfrentan esos problemas.

**Colombia es el primer país que consigue financiación para inversiones directas en adaptación (al cambio climático) de parte del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF).**

Finalmente, otro impacto previsto es el aumento de riesgo de epidemias de dengue y malaria, dado que el aumento de la temperatura amplía el área apta para el desarrollo del los mosquitos que transmiten dichas enfermedades.

## ¿Reaccionará el planeta?

**Colombia tiene muy poco control sobre el cambio climático puesto que genera sólo el 0.25 % de las emisiones de GEI,** de manera que estamos en manos de las decisiones del planeta.

La adopción oficial, por parte de la mayoría de las naciones del mundo, de las conclusiones del IPCC en febrero de 2007, representa un cambio radical. Dicha actitud refleja la decisión universal, no sólo de aceptar los hechos sino de enfrentarlos. Ninguna nación puede continuar actuando pasivamente después de reconocer públicamente que el cambio climático es una realidad y que es el resultado de la actividad humana. Ya no sería una falta de ética como lo ha sido hasta ahora, si no un error político. Esto no quiere decir necesariamente que la reacción de los países desarrollados vaya a ser unificada ni, necesariamente, coherente. Existe la posibilidad de que algunos países actúen de manera independiente, dado que asumir acuerdos universales puede tener implicaciones económicas importantes. De hecho los países en desarrollo, que no son responsables del problema pero que van a sufrir las consecuencias, presionan cada vez más por medidas compensatorias. Estados Unidos empezó a actuar de manera independiente, algunos estados comenzaron a implementar mecanismos autónomos de control de emisiones y se espera que el país asuma una estrategia nacional al respecto. La gran incógnita es la manera como reaccionarán los países en desarrollo con alto crecimiento industrial, entre ellos China, India, Brasil y México, que están creciendo de manera no responsable con el ambiente, y no son responsables del calentamiento pasado, por eso reclaman su derecho a crecer sin restricciones como lo hicieron los países desarrollados. De nuevo se habla de compensación en forma de transferencia de tecnología y preferencias arancelarias, pero ¿seremos capaces de absorber los requerimientos de China e India?

Mientras tanto, países como el nuestro tienen que mantener su visibilidad y poder de negociación internacional, al tiempo que deben prepararse para enfrentar el cambio climático, incluyendo en los planes de desarrollo a mediano y largo plazo los escenarios futuros de clima.

## Dispuestos a romper paradigmas

**Prepararse para enfrentar el cambio climático o "adaptación al cambio climático",** conlleva afrontar barreras conceptuales, tecnológicas, económicas y políticas que han

retrasado su implementación. Ante conclusiones como las expuestas anteriormente, era de esperarse que las inversiones en anticipación a los cambios fueran comunes. Sin embargo, Colombia es el primer país que consigue financiación para inversiones directas en adaptación de parte del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF).

**El IDEAM está trabajando para enfrentar los problemas que se avecinan en los corales y la reducción de la oferta hídrica en el Caribe y en zonas de alta montaña; la afectación de los páramos y el incremento de la malaria y el dengue.**

Esto se logra como resultado de romper varios de los paradigmas existentes. Primero, la incertidumbre ante el comportamiento del clima futuro es muy alta ya que depende tanto de las decisiones que tomen o no, los grandes países emisores de GEI, como de la precisión de los modelos globales de clima. Por esta razón, los mecanismos de financiación multilateral se negaban a respaldar proyectos de adaptación. La posición de Colombia es la de enfrentar las tendencias del cambio y no escenarios futuros. Es decir, aunque no sepamos la temperatura final, o el porcentaje de cambio en la precipitación o el cambio en la oferta hídrica, sabemos con bastante certeza la dirección del cambio. Reaccionar contra la reducción de la oferta hídrica en San Andrés, instalando sistemas de recolección de aguas lluvias, por ejemplo, permite iniciar acciones de prevención aunque no conozcamos la magnitud del cambio.

El segundo paradigma a romper era que un problema de tal magnitud requería del desarrollo de nueva tecnología. Esto también fue desvirtuado con ejemplos como el anterior, y con la reconversión hacia sistemas productivos agropecuarios con uso eficiente de agua en zonas con tendencia a la reducción de oferta hídrica. O también con el fortalecimiento de medidas de prevención de incendios, en cuencas abastecedoras de agua sujetas al incremento de incendios por el aumento de la temperatura.

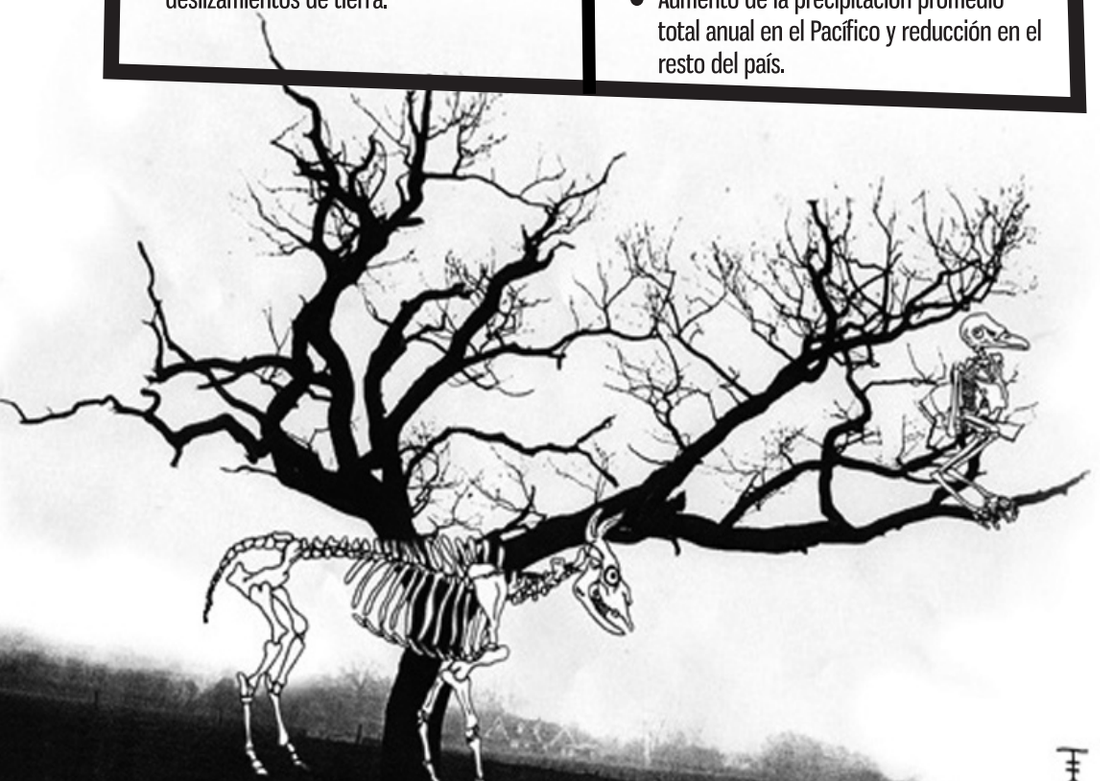
El tercer paradigma a romper era que la financiación de acciones con beneficio presente, no podían considerarse como acciones de adaptación al cambio climático. No se consideraba adaptación el hecho de fortalecer áreas protegidas que hoy son importantes por conservación de biodiversidad, pero que bajo el cambio climático

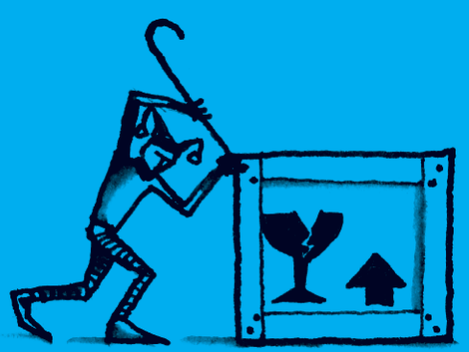
serán importantes por razones como abastecimiento de agua o fuente de alimento. Para esto se demostró con datos del IDEAM y con respaldo del IPCC, que el cambio climático ya lo estamos sintiendo, por lo tanto es necesario enfrentar los impactos desde ahora. Por otra parte, se argumentó que inversiones que no tienen beneficio inmediato, difícilmente sobrevivirán hasta que sean útiles. En el caso del sistema de recolección de aguas lluvias en San Andrés, las comunidades beneficiarias mejoran desde hoy la disponibilidad de agua potable y reducen los costos de provisión del servicio. Esto garantiza que el sistema será mantenido por los usuarios hasta que sea indispensable.

Con estos principios a la cabeza, el país se está preparando para las transformaciones que vienen. El IDEAM inició el primer proyecto de adaptación al cambio climático, y en asocio con el INVEMAR, Coralina, el Instituto Nacional de Salud y Conservación Internacional, está trabajando para enfrentar los problemas que se avecinan en los corales y la reducción de la oferta hídrica en el Caribe; la afectación de los páramos y la reducción de la oferta hídrica en las zonas de alta montaña, y el anticipado incremento de la malaria y el dengue. Adicionalmente, se están preparando los escenarios futuros de clima para que sean incluidos en la planeación a mediano y largo plazo de todos los sectores, de manera que el cambio climático sea un elemento clave en la planeación de un desarrollo sostenible.

## El cambio climático en Colombia

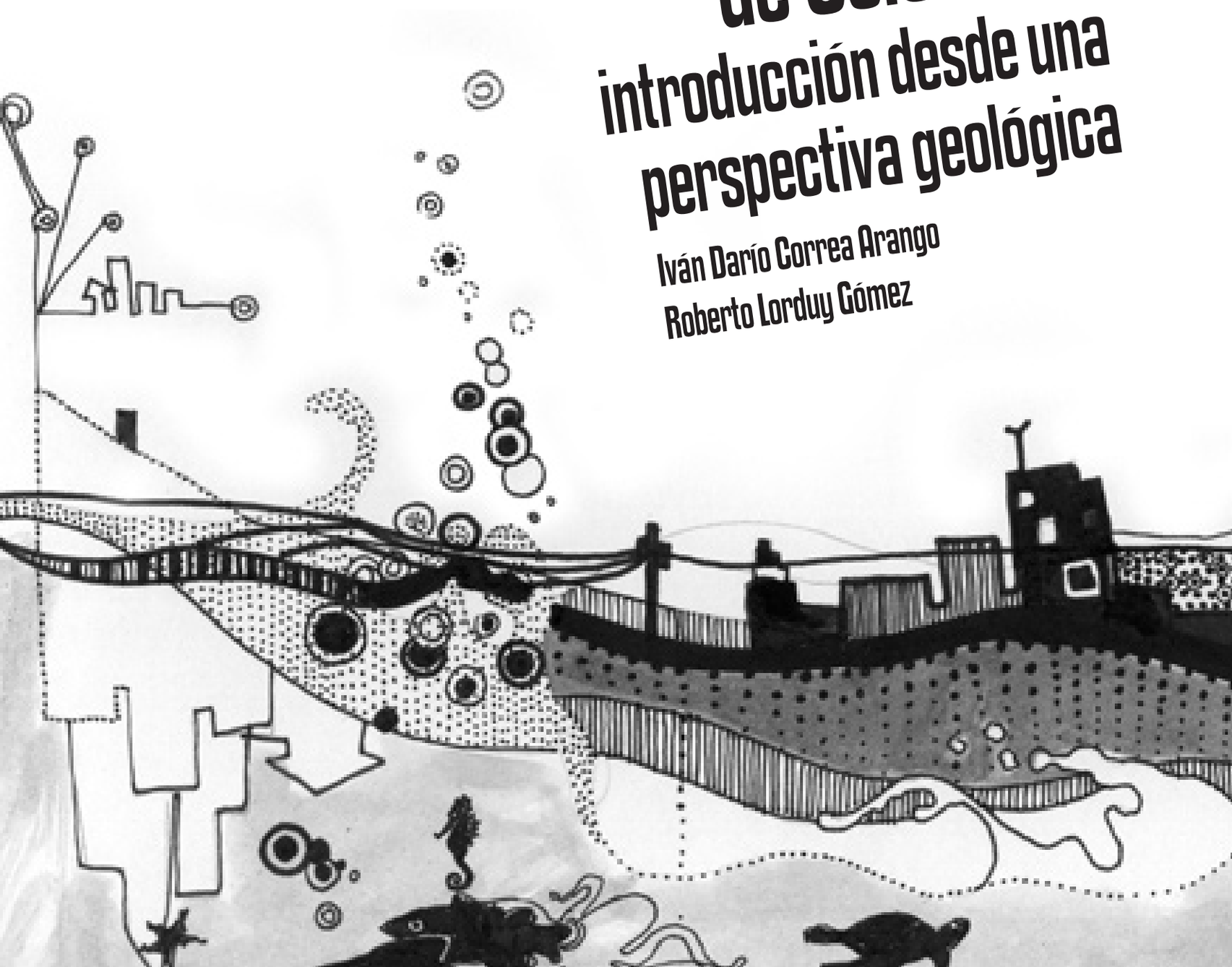
| Manifestaciones actuales | Impactos futuros |
|---|---|
| • Aumento de medio grado en la temperatura promedio del país.<br>• Aumento en el nivel del mar entre 3 y 5 mm. al año.<br>• Retroceso de los glaciares entre 15 y 20 m. al año.<br>• Aumento en la intensidad de las tormentas fuertes.<br>• Aumento de incendios.<br>• Aumento del número de inundaciones y deslizamientos de tierra. | • Aumento de otro medio grado al 2030.<br>• Aumento del nivel del mar en cerca de 10 cm. al 2030.<br>• Prácticamente, desaparición de los glaciares colombianos al 2030.<br>• Aumento en la intensidad de los huracanes.<br>• Aumento en intensidad y cantidad de incendios, inundaciones y deslizamientos de tierra.<br>• Aumento de la precipitación promedio total anual en el Pacífico y reducción en el resto del país. |





# Implicaciones del ascenso del nivel del mar sobre los litorales de Colombia: introducción desde una perspectiva geológica

Iván Darío Correa Arango
Roberto Lorduy Gómez



## Introducción

**La última comunicación del *International Panel on Climate Change* (Valencia, noviembre de 2007) reafirma que el calentamiento global es un hecho científico comprobado por fuera de toda duda;** se evidencia hoy en día por los incrementos en las temperaturas medias globales del aire y del océano, por el extendido deshielo de los glaciares, y por el aumento global del nivel medio del mar (IPCC, 2007). Los datos sobre el nivel del mar confirman la tendencia ascendente identificada en estudios anteriores y son consistentes con las observaciones sobre aumentos en las temperaturas y deshielos: desde 1961, su nivel medio ha aumentando a tasas de 1.8 mm/año (1.3 – 2.8 mm/año). Entre 1993 y 2003, la velocidad media de ascenso fue de 3.1 mm/año (2.4 – 3.8 mm/año), cifra que muestra un incremento fuerte que podría reflejar cambios decadales "normales" y/o la aceleración de la tendencia histórica. Los escenarios sobre la posición del nivel del mar para fines de este siglo plantean alturas entre 18 y 60 cm. por encima de los niveles del periodo 1980-1999.

Las implicaciones geológicas del Cambio Climático Global son tema prioritario de estudio, tanto por sus aspectos teóricos como por el convencimiento de que el ascenso del nivel del mar es una de las causas principales de muchos cambios físicos y biológicos drásticos que se están registrando en las costas del mundo (Bird, 1985, 1993; Finkl Jr., 1994; Viles y Spencer, 1995; Eurosion, 2008). En particular, la elaboración de escenarios de respuestas de los medios litorales al aumento del nivel del mar es fundamental para planificar racionalmente el desarrollo de las zonas costeras, cada día con mayores demandas, importancia socioeconómica y deterioro ambiental (Figura 1).

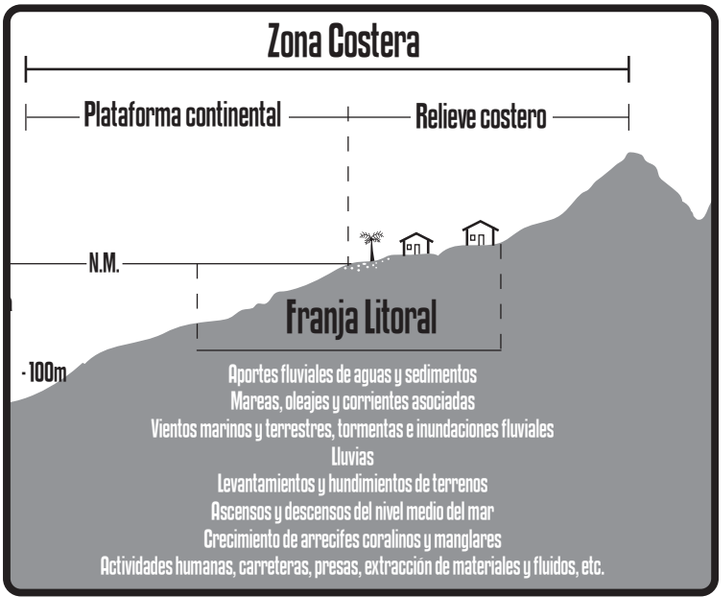
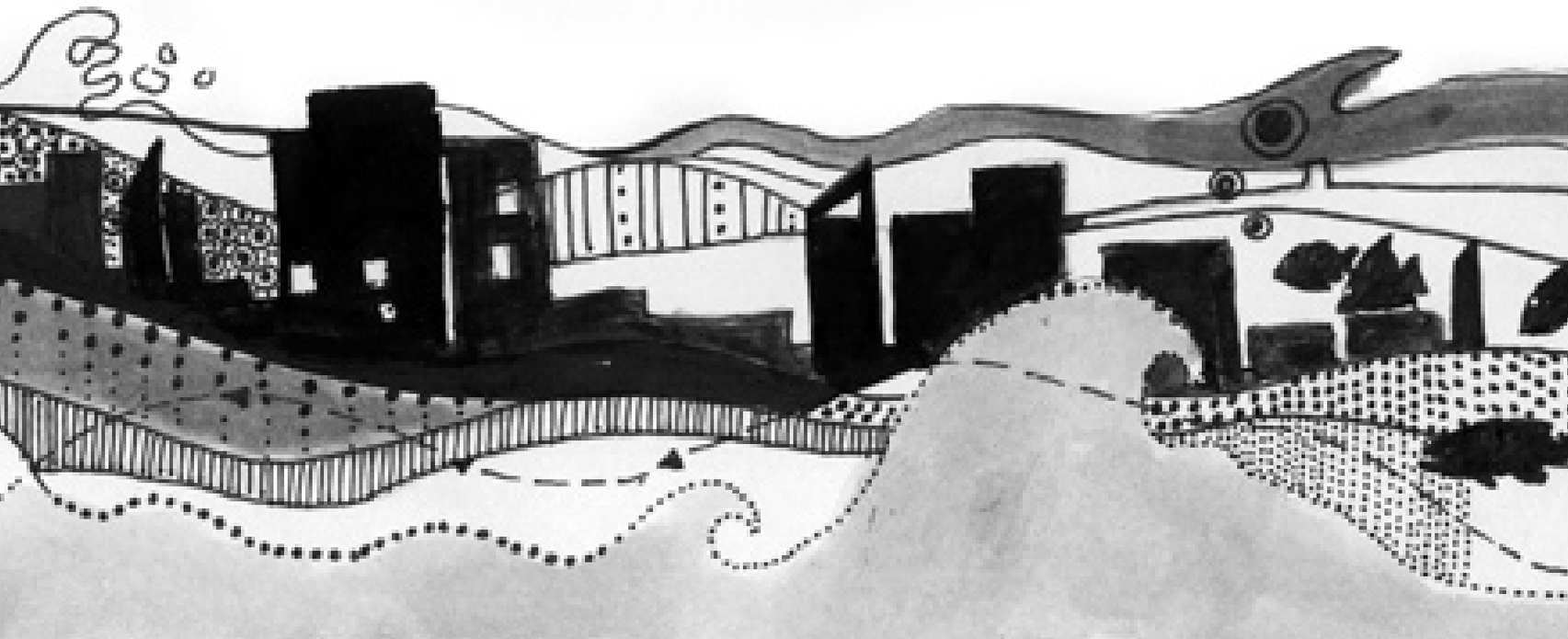



**Figura 1.** La Zona Costera es el área amplia de encuentro entre la tierra y el mar, y comprende tanto el relieve costero emergido como los fondos y la columna de agua de la plataforma continental. La Franja Litoral es la parte de la Zona Costera en donde las interacciones entre los procesos climáticos, oceanográficos y geológicos son más intensas. Los procesos naturales y las características biofísicas de muchos litorales han sido modificados en gran medida por las intervenciones antrópicas. Tomada de Correa, 2006.

**Los escenarios sobre la posición del nivel del mar para fines de este siglo plantean alturas entre 18 y 60 cm. por encima de los niveles del periodo 1980-1999.**

## Controles de la evolución geológica de las franjas litorales

**Las costas son los ambientes con la geografía y geología más cambiantes del planeta.** Las interacciones múltiples entre procesos climáticos (vientos, lluvias, tormentas/huracanes, entre otros), oceanográficos (oleajes, mareas, corrientes asociadas, entre otros) y geológicos (aportes de aguas y sedimentos, levantamientos/hundimien-



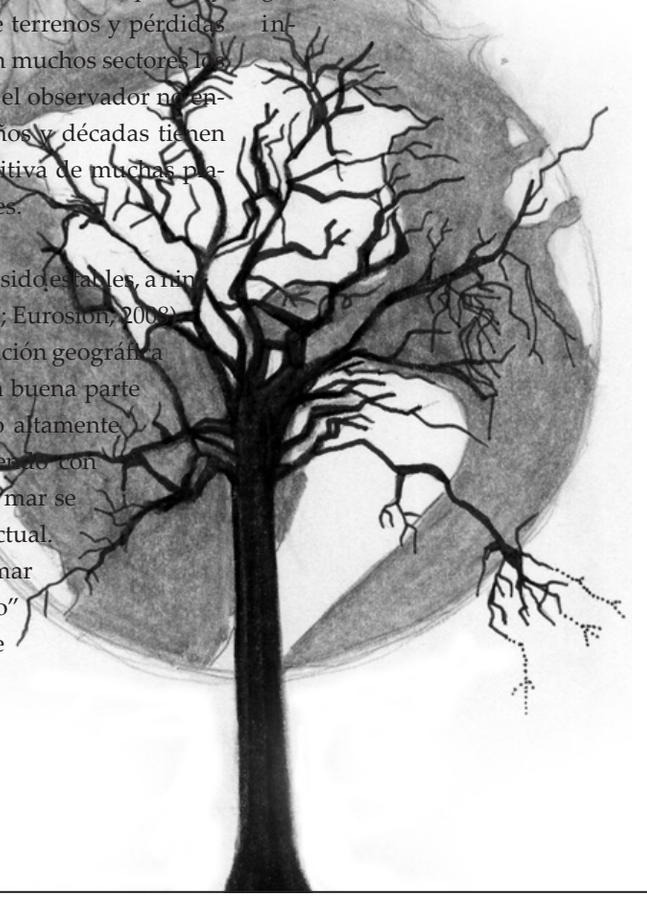
tos tectónicos, terremotos/maremotos, entre otros) modifican continuamente el paisaje, especialmente el de las franjas litorales, donde la frontera tierra-mar se define mejor geográficamente (figuras 1 y 2). **En la mayoría de los litorales el cambio es la regla, la estabilidad es la excepción.** Aun a corto-mediano plazo (días-décadas) los cambios en el paisaje (morfología) litoral son significativos desde el punto de vista práctico: los fondos de la plataforma marina se profundizan y somerizan constantemente, las desembocaduras fluviales migran, las playas y dunas se crean, destruyen y desplazan hacia tierra; la extensión y distribución de los pantanos de manglares y otras zonas inundables aumentan o disminuyen; etc.

**La evolución de los paisajes litorales puede llegar a ser violenta y rápida en extremo, ( . . . ) los cambios pueden parecer imperceptibles para el observador no entrenado, pero sus efectos acumulativos en años y décadas tienen impactos fuertes.**

En ambientes geológicamente inestables como los ubicados en, o cerca, de zonas de subducción, sujetos comúnmente a fenómenos como terremotos/maremotos, actividad de fallas y volcanismo de lodos, etc. (como nuestras costas Pacífica y Caribe), la inestabilidad litoral alcanza en muchos casos expresiones máximas (Duque-Caro, 1984; Gómez, 1986; Page, W., 1986; INGEOMINAS, 1998a,b; Paris et al., 2000; INVEMAR, 2003; Correa y Morton, 2008). En estas zonas, la evolución de los paisajes litorales puede llegar a ser violenta y rápida en extremo, y se caracteriza, entre otros aspectos, por la erosión acelerada de las playas y zonas bajas adyacentes, por hundimientos de terrenos y pérdidas importantes y definitivas del relieve litoral. En muchos sectores los cambios pueden parecer imperceptibles para el observador no entrenado, pero sus efectos acumulativos en años y décadas tienen impactos fuertes, como la desaparición definitiva de muchas playas y la salinización de extensas zonas litorales.

En realidad, las costas y litorales nunca han sido estables, a ninguna escala de tiempo (Bird, 1993; Pinter, 1997; Eurosion, 2008). A largo plazo (cientos–miles de años), su ubicación geográfica y características geológicas han dependido en buena parte de la posición del nivel del mar, que ha sido altamente variable: hace tan sólo 20.000 años, coincidiendo con el Último Máximo Glaciar, el nivel medio del mar se encontraba 80-120 m. por debajo de su nivel actual. Por tanto, la correspondiente frontera tierra-mar se ubicaba muchos kilómetros "mar adentro" con respecto al presente, aproximadamente sobre los límites actuales de la plataforma continental sumergida en la actualidad (Figura 3). Los repetidos cambios climáticos del planeta, materializados por la sucesión de periodos glaciales e interglaciales, han condicionado los bajos y altos marinos (cambios eustáticos) y, en consecuencia, la posición de las franjas litorales. La última vez que el nivel del mar estuvo en su posición actual ocurrió hace unos 120.000 años, antes de que un enfriamiento climático causara la solidificación y acumulación de grandes cantidades de aguas marinas en los polos y glaciares de entonces.

A los factores geológicos de cambio de corto, mediano y largo plazo hay que adicionar los impactos de las intervenciones antrópicas, hoy en día uno de los aspectos fundamentales a considerar (Figura 2). Desde los inicios del siglo XX, las características naturales de muchas costas han sido modificadas fuertemente por sus usos (habitacionales, portuarios, turísticos, minería, agricultura y acuicultura, militares, etc.) y por la construcción de las respectivas infraestructuras (National Research Council, 1987; Williams et al., 1995; Eurosión, 2008). Los impactos de las intervenciones humanas aceleran, reversan o impiden el curso de las tendencias naturales del mundo son actualmente los controles principales de evolución (Figura 2). La in-



fraestructura física (edificaciones, canales, carreteras, puertos, presas, entre otras), los dragados y la extracción intensiva de materiales y fluidos (rocas, arenas, petróleo, agua y gases) han modificado drásticamente la hidrodinámica costera y aumentado las condiciones de riesgo e inestabilidad. Como resultado, en muchos litorales se han inducido reducciones drásticas en la disponibilidad de sedimentos (balances de sedimentos negativos, Figura 2), sin los cuales las playas, dunas, pantanos y zonas aledañas no pueden existir y sostenerse, y los acantilados quedan totalmente desprotegidos de las acciones del oleaje; también se han generado hundimientos de terrenos (en algunos casos de hasta 7 m.) que equivalen en la práctica a aumentar las magnitudes y velocidades de ascenso del nivel del mar (U.S. Environmental Protection Agency, 1987; Finkl Jr., 1994; Viles y Spencer, 1995; Morton y Purcel, 2001; Morton et al., 2004). La historia y evolución de las franjas litorales depende en gran medida de lo que sucede en las cuencas de drenaje costeras que aportan los sedimentos necesarios para su permanencia. Por lo tanto, los problemas de las playas, por ejemplo, pueden generarse muy lejos de su ubicación actual, y tienen que ver en muchos casos con la disminución de aportes arenosos al mar producidos por presas, proyectos de irrigación, extracción de agua, minería de arenas (Figura 2), entre otros.

La complejidad de los procesos costeros hace muy difícil la predicción detallada de los efectos del ascenso del nivel del mar, sobre todo si se considera que es sólo uno de muchos factores en juego (Figura 2) y la creciente importancia de las intervenciones antrópicas sobre la hidrodinámica y balances de sedimentos litorales. De hecho, en algunas regiones de latitudes altas (Alaska, Escandinavia), la fusión de los glaciares y la consecuente disminución de peso sobre el continente activan el llamado "rebote isostático" de la corteza (isostacia glacial, hidroisostacia) y el levantamiento de las zonas costeras, a velocidades mayores que el ascenso el nivel del mar. En estas zonas, el nivel relativo del mar con respecto al

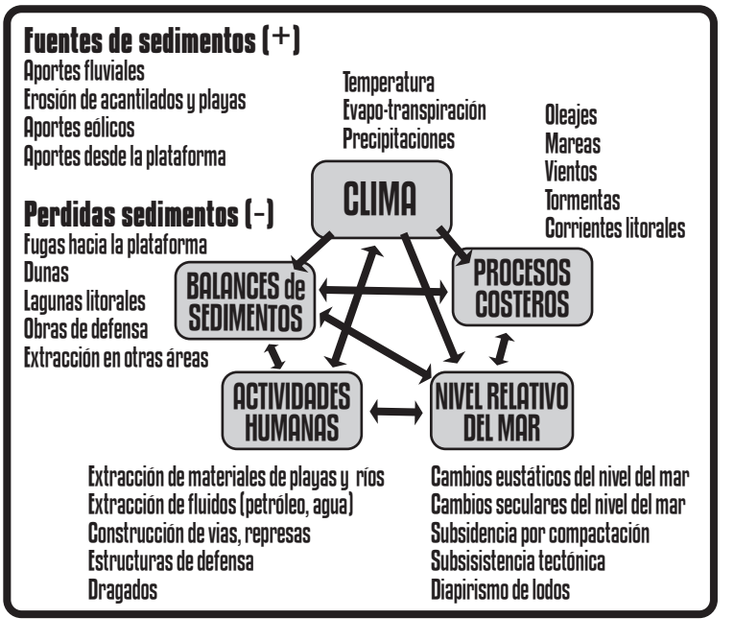



**Figura 2.** La evolución geológica de las zonas costeras y litorales es función de muchos factores, con interrelaciones de doble vía que actúan, además, a todas las escalas de tiempo. El Cambio Climático Global añade una nueva dimensión de complejidad a la evolución de las costas. Para propósitos prácticos, es necesario identificar al menos los factores principales y sus posibles interrelaciones. Modificada de Morton, 1977.

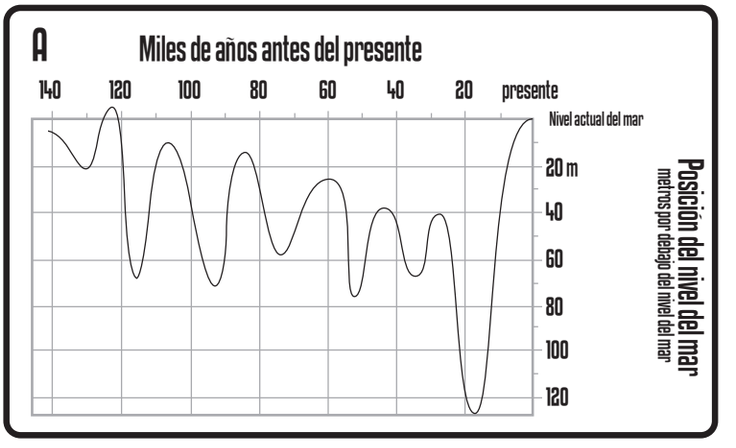



Figura 3. En los últimos 140.000 años el nivel global del mar ha oscilado al menos siete veces, como respuesta a cambios climáticos importantes. Modificada de Pinter, 1997.

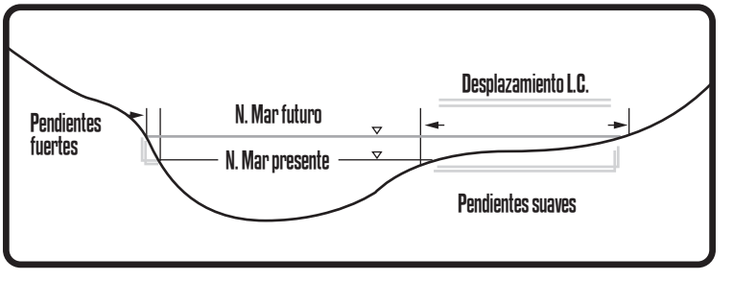



**Figura 4.** Concepto básico para visualizar cualitativamente el avance futuro del mar (desplazamiento de la línea de costa (LC)) sobre litorales con diferentes pendientes topográficas. Modificado de Kana et

continente desciende (Figura 2) y la franja litoral emergida tenderá a ampliarse, no a inundarse. En la práctica, realmente interesan los aumentos y descensos relativos entre los niveles del mar y la tierra. Cada costa tiene su propia historia y es necesario un conocimiento muy profundo de los factores en juego para predecir en detalle su evolución futura.

## Introducción a los posibles impactos del ascenso del nivel del mar sobre los litorales colombianos

**Las evaluaciones sobre los efectos del ascenso del nivel del mar se realizan considerando, en primera aproximación, los elementos fisiográficos y geológicos principales de las zonas costeras,** específicamente sus pendientes topográficas y la resistencia de los materiales a las acciones de los oleajes y las mareas (National Research Council, 1987; Eurosion, 2008; IDEAM, 2008; Figura 4). Si se considera el caso más simple en el cual el nivel de la tierra permanece constante, el desplazamiento del límite tierra-mar (línea de costa) dependerá del aumento neto del nivel del mar: en zonas con pendientes fuertes y/o materiales resistentes, el mar se desplazará relativamente poco hacia el continente (izquierda, Figura 4); en zonas bajas como las deltaicas y/o con materiales poco resistentes, el mar avanzará significativamente sobre las playas y acantilados (derecha, Figura 4), erosionando y/o inundando la franja litoral.

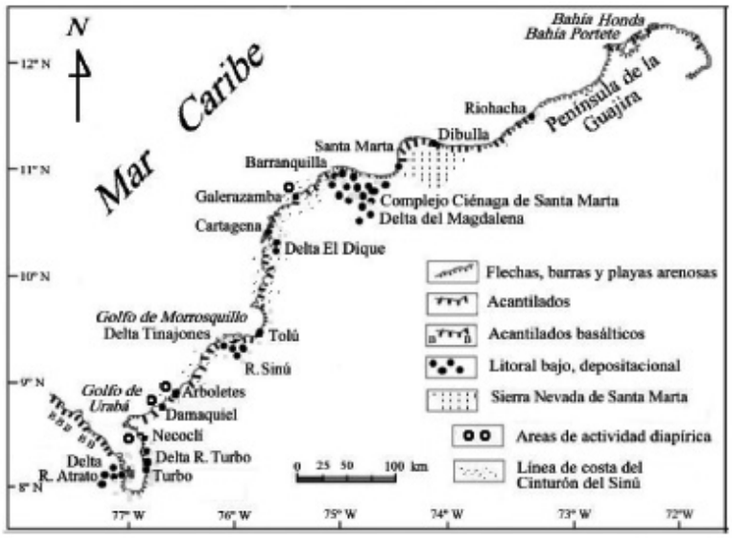



Figura 5. Tipos básicos de litorales de la Costa Caribe. El litoral Caribe está definido, en buena parte, sobre áreas con flechas, barras, playas y sectores depositacionales (deltas de los ríos Ranchería, Magdalena, Dique, Sinú, Atrato y otros menores en el Golfo de Urabá), todos fácilmente erosionables e inundables. La Sierra Nevada de Santa Marta, la montaña costera más alta del mundo (5575msnm, Pico Bolívar) representa el sector que será probablemente menos afectado por el ascenso del nivel del mar. La costa del Caribe sur está conformada por rocas con resistencias relativas bajas a la erosión (Cinturón del Sinú) y afectada por fenómenos como el diapirismo-volcanismo de lodos, asociado en muchos casos a hundimientos y levantamientos del terreno.

La aplicación del concepto anterior a las costas del país, constituidas en su mayoría por áreas deltáicas y otras zonas de relieve bajo y/o con rocas poco resistentes (figuras 5 y 6), certifica a primera vista que el aumento del nivel del mar afectará extensas zonas litorales, incluidos los archipiélagos coralinos de San Andrés y Providencia, Islas del Rosario y San Bernardo, que en buena parte están conformados por terrenos ubicados a muy poca altura sobre el nivel del mar actual.

**Los impactos de las intervenciones humanas aceleran, reversan o impiden el curso de las tendencias naturales de cambio, y en numerosos litorales del mundo son actualmente los controles principales de evolución.**

En los sectores deltaicos (Figura 7), la migración del mar hacia las zonas interiores inducirá fuertes cambios morfológicos, relacionados con factores como: a) la erosión/inundación y migración de playas y dunas; b) la apertura/cierre y/o migración de desembocaduras; y c) la inundación permanente de zonas como los pantanos de manglares y los bosques adyacentes de agua dulce. Por otra parte, al alcanzar niveles mayores debido al aumento del nivel del mar, la penetración "tierra adentro" de las aguas saladas y salobres de la marea aumentará progresivamente, salinizando acuíferos y suelos que en la actualidad se ubican por fuera de las influencias de aguas salinas o salobres. Por la misma razón, la ma-

Figura 6. Tipos básicos de litorales de la Costa Pacífica colombiana. Exceptuando la costa del Baudó y otros sectores rocosos de poca extensión, el litoral Pacífico está dominado por deltas y depósitos de ríos (depósitos fluvio-deltaicos holocenos) formados recientemente, desde hace unos 6000 años. Estas zonas tienen relieves muy bajos, son fácilmente inundables y están constituidas por sedimentos (arenas y lodos) no consolidados, fácilmente erosionables.

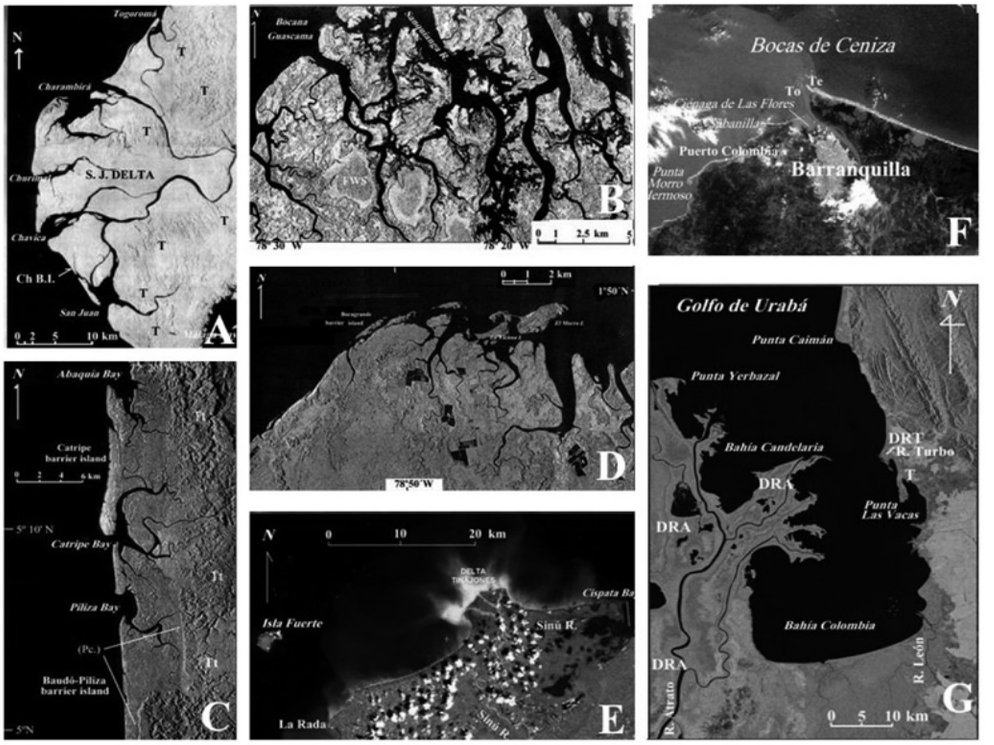



Figura 7. Áreas deltaicas de Colombia. En la costa Pacífica: A) Delta del río San Juan. B) Sector oeste del delta del Río Patía. C) Franja deltaica entre Cabo Corrientes y el delta del San Juan. En la Caribe: E) Delta del río Sinú; F) Delta del río Magdalena; G) Delta del río Atrato. Todas estas áreas se caracterizan por su poca altura sobre el nivel del mar actual y por estar constituidas principalmente por sedimentos (arenas y lodos) no consolidados y fácilmente erosionables. El ascenso del nivel del mar, si no es contrarrestado por grandes cantidades de aportes de sedimentos o por levantamientos costeros, ocasionará el retroceso generalizado de los contornos deltaicos. Sin embargo, dado que hay amplios espacios con alturas menores a un metro y pendientes muy suaves, los diferentes ecosistemas podrían migrar hacia tierra, hasta donde la elevación de los terrenos más internos lo permita; las playas-dunas, manglares y pantanos de agua dulce no serán necesariamente destruidos, al menos en su totalidad. La franja litoral entre Cabo Corrientes y el delta del San Juan (C) tiene sólo seis km. de amplitud y muy baja altura máxima sobre el nivel del mar actual (1 m., aproximadamente); en este sector, los pantanos de manglares y aguas dulces cuentan con poco espacio para migrar hacia tierra, por lo cual su destrucción es altamente probable.

rea será probablemente más efectiva en "taponar" periódicamente el flujo de los ríos hacia el mar (elevación del nivel de base) e inducirá aumentos significativos en los niveles fluviales, aumentando la recurrencia de inundaciones y la extensión de las áreas inundables en los cursos bajos y medios de los ríos. En esas circunstancias, es de esperar también el ascenso de los niveles freáticos y los correspondientes problemas sobre drenajes naturales y de aguas negras, y construcciones y actividades como la agricultura y acuicultura.

En términos geológicos, el avance continuado del mar (transgresión marina) no implica necesariamente la destrucción de los ambientes litorales. En los casos en que haya grandes áreas de bajo relieve, los conjuntos de playas-dunas-canales-planos intermareales-pantanos de manglares y pantanos de agua dulce migrarían progresivamente hacia tierra, seguramente con modificaciones importantes, pero sin destruirse, al menos totalmente (figuras 7, 8, 9B). En el otro extremo, cuando la cercanía del relieve costero impida la migración hacia tierra de las playas-dunas y lagunas, el resultado del ascenso del nivel del mar será muy probablemente la pérdida total de los terrenos litorales bajos (Figura 7C).

**En términos geológicos, el avance continuado del mar (transgresión marina) no implica necesariamente la destrucción de los ambientes litorales.**

Aún a este primer nivel de generalización, el cálculo de las

áreas afectadas requiere contar con cartas topográficas muy detalladas sobre la franja costera, no disponible para la mayoría de las franjas litorales del país. Obviamente, los impactos socioeconómicos dependerán del grado de intervención de la costa. A corto y mediano plazo serán menores en zonas despobladas sin o con aprovechamientos menores, pero serán críticos en sectores urbanos con infraestructura desarrollada. Tumaco, Turbo y Cartagena, "rodeada" por cuerpos de agua (el Mar Caribe, la Bahía y la Ciénaga de Tesca), plantean problemas de dimensiones mayores.

El estudio de los efectos de los sismos recientes permite precisar algunos puntos sobre las consecuencias del ascenso del nivel del mar en nuestras costas deltaicas. Terremotos con epicentros mar afuera como los de 1906, 1979 y 1992, ocasionaron numerosos hundimientos súbitos de terrenos (subsidencia) y licuefacción de suelos en muchas áreas de la Costa Pacífica, incluyendo las zonas de Tumaco, Guapi y Bahía Solano, entre otras. (Herd et al., 1979; Page y James, 1981; Gómez, 1986; Vernette et al., 1992; Correa y González, 2002; INVEMAR, 2003; Correa, 2005). Estos hundimientos equivalen, en última instancia, a ascensos relativos del nivel del mar de hasta 1.5 m., que tuvieron por efectos el aumento de las velocidades de erosión de las playas y cambios drásticos en las profundidades de las desembocaduras fluviales. En los deltas de los ríos San Juan y Patía, la erosión continuada de las playas debida a la subsidencia fue acelerada aún más por las anomalías positivas del nivel del mar (aumentos temporales de 20-30 cm.) asociadas a El Niño (1978-1979). El resultado final fue la invasión parcial por el mar y la ruptura definitiva de las extensas playas de

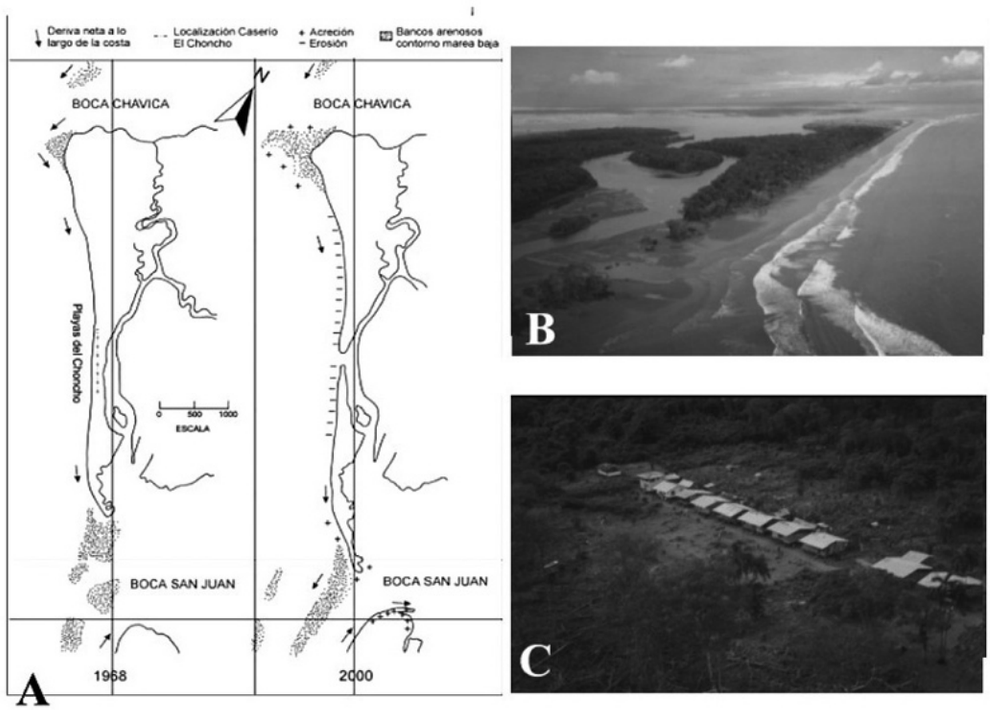



**Figura 8.** Cambios morfológicos en la Isla El Choncho, delta del río San Juan. A) Esquema que muestra la evolución de la isla (vista en planta), ubicada en el extremo suroeste del delta (Ch.B.I, Figura 7A). Entre los años 1968 y 2000, la longitud de la isla aumentó aproximadamente 1.5 Km. hacia el sur, debido al transporte neto de sedimentos en esa dirección. Sin embargo, la isla se rompió en su sector central (B) debido, entre otros factores, a hundimientos (20 cm.) generados por el terremoto de noviembre 19 de 1991 y a las anomalías positivas del nivel del mar (20 cm.) asociadas a El Niño, 1997-1998. La ruptura de la isla obligó a la relocalización del caserío El Choncho sobre terrenos internos del delta. La relocalización de los asentamientos humanos e infraestructura es una de las respuestas posibles al ascenso del nivel del mar, sobre todo en sectores donde hay espacios amplios para ocupar. Modificada de Correa y González, 2000.

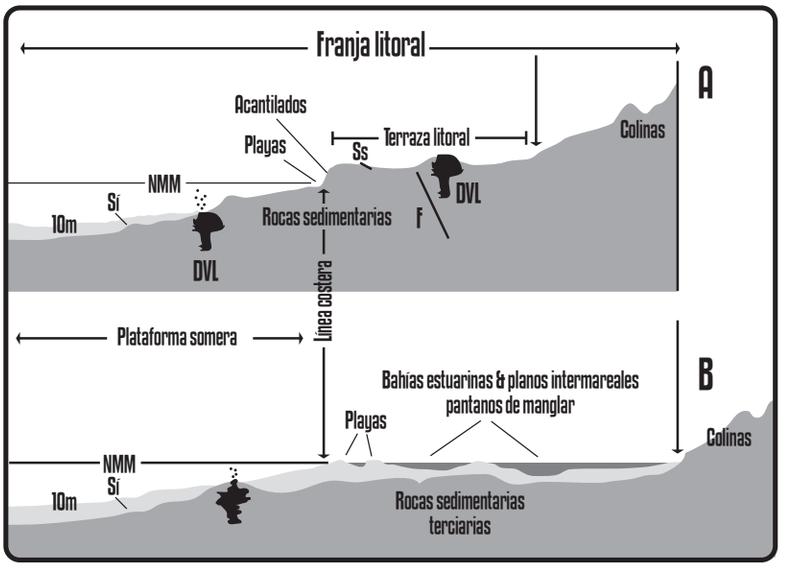



**Figura 9.** Esquema de tipos extremos de franjas litorales. El litoral A (típico de sectores de Antioquia y Córdoba) se caracteriza por relieves de superficies planas (terrazas) ubicadas a varios metros por encima del nivel del mar actual. A lo largo de la línea de costa, el mar erosiona estas terrazas formando los acantilados (escarpes verticales a subverticales), en algunos sectores con playas delgadas al frente. B esquematiza un litoral de relieve bajo, común en zonas deltaicas, en las cuales las lagunas litorales y los pantanos de manglares se ubican detrás de playas y barreras arenosas. En las costas del Caribe sur de Colombia, el diapirismo-volcanismo de lodos origina hundimientos y levantamientos locales, tanto de terrenos emergidos como de los fondos de la plataforma marina.

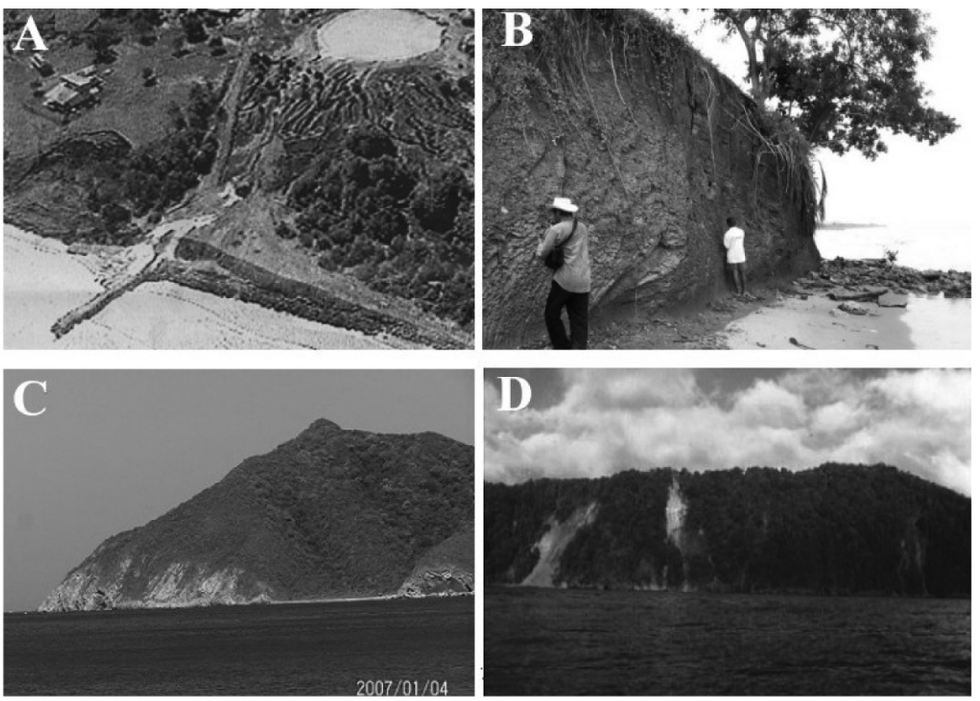



Figura 10. Litorales acantilados. A) Volcán de lodos de Arboletes: la línea de costa se define sobre materiales lodosos, prácticamente sin ninguna resistencia al embate de las olas. B) Acantilados verticales labrados en arcillolitas alteradas y fracturadas con resistencia baja a media al oleaje. C) Acantilados de la Sierra Nevada de Santa Marta, labrados sobre rocas ígneas y metamórficas, resistentes a la erosión marina. D) Acantilados de rocas basálticas de la Serranía de Baudó; los derrumbes se asocian a zonas fracturadas y a la destrucción del suelo y caídas de árboles ocasionadas por vendavales.

**En el litoral Caribe, los ascensos del nivel del mar ("mares de leva") y los coletazos de las tormentas tropicales están generando fuertes eventos erosivos ( . . . )**

El Choncho (delta del San Juan; Figura 8) y de la Isla San Juan de la Costa, en el delta del Patía (González y Correa, 2001; Correa y Restrepo, 2002; Morton et al., 2002). Evidencias de la ocurrencia de sismos similares en los últimos 1.000 años nos indican que éstos son recurrentes y que muy probablemente se repetirán en el futuro (IDEAM, 2001; González et al., 2002). Cabe recordar que los sismos de 1906 y 1979 causaron alrededor de 2.500 víctimas fatales en las costas de Cauca y Nariño y que niveles marinos más altos aumentarán con toda seguridad los riesgos asociados a la ocurrencia de maremotos (Ramírez, 1970; Ramírez y Goberna, 1980; Meyer y Velásquez, 1992; IDEAM, 2001; INVEMAR, 2003).

En el litoral Caribe, los ascensos temporales del nivel del mar ("mares de leva") y los coletazos de las tormentas tropicales están generando fuertes eventos erosivos, demostrando que eventos climáticos que causan elevaciones del nivel del mar (aún de corta duración) como El Niño y las tormentas también deben considerarse en las evaluaciones sobre las condiciones futuras de nuestras costas. (INVEMAR, 2003; IDEAM, 2001, 2008). En consecuencia, los aumentos en las frecuencias de ocurrencia de este tipo de eventos (muy posibles, según algunas evaluaciones) podrían ser determinantes en los impactos del Cambio Climático Global.

En el otro extremo de morfología costera, las consecuencias de la elevación del nivel del mar sobre litorales con relieves cercanos a la línea de costa (o que se sumergen directamente al mar) dependerán en buena medida de las resistencias de las rocas a los oleajes y a los procesos de erosión subárea (Figura 11). En última instancia, la elevación del nivel del mar pondrá al alcance de las olas, zonas de los acantilados no golpeadas actualmente, aumentando las posibilidades de movimientos de masa como deslizamientos, flujos, caídas de roca, entre otros. En estos litorales, las playas delgadas desaparecerán muy probablemente y el avance del mar será más o menos contenido dependiendo del grado de alteración física y química de las rocas y de la intensidad de fracturamiento, entre otros parámetros geotécnicos (figuras 9, 10). La erosión del litoral rocoso de la Sierra Nevada de Santa Marta, por ejemplo, compuesto principalmente por rocas duras (gneisses, granitos, esquistos) será lenta y/o despreciable en muchos lugares; ídem para los litorales basálticos de la Serranía del Baudó. Por el contrario, las velocidades de erosión y avance del mar sobre el relieve costero del Caribe Sur (constituido principalmente por lodolitas y arcillolitas alteradas químicamente y fracturadas) serán probablemente más altas que las actuales.

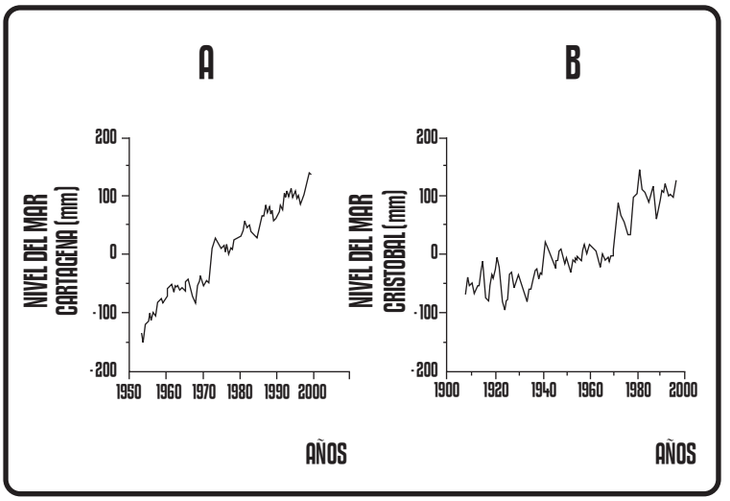
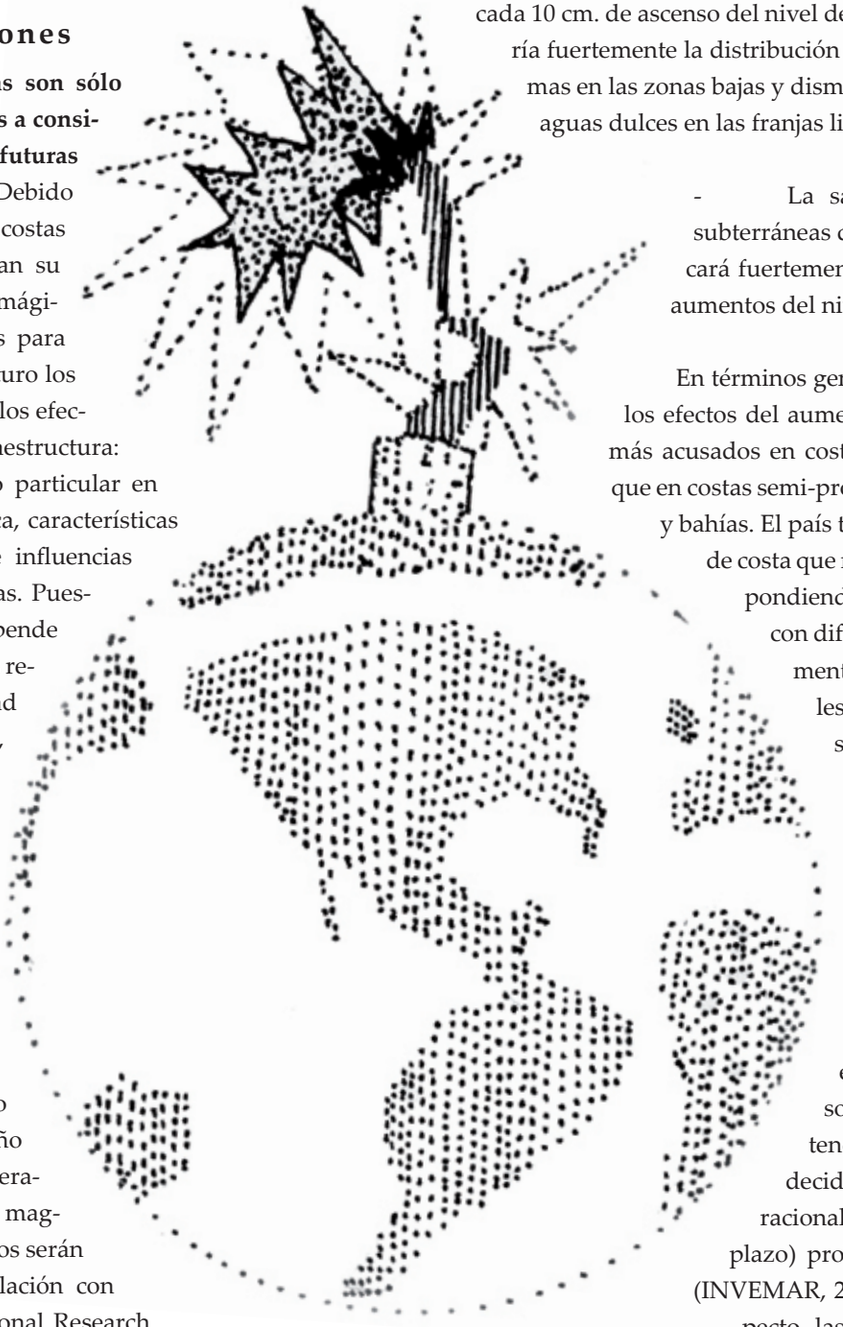



**Figura 11.** Gráfico de mareógrafos que muestran los cambios del nivel del mar en el Caribe sur. A) Entre 1954 y 2002, el nivel relativo del mar ascendió aproximadamente 30 cm. en el sector de Cartagena B) Entre 1919 y 2002, el nivel relativo del mar ascendió aproximadamente 25 cm en el área de Cristóbal (Panamá). Este tipo de gráficos sugiere que la erosión generalizada de las playas y acantilados del Caribe sur colombiano podría estar relacionada, al menos en parte, con los ascensos históricos del nivel del mar en el área. Modificado de INVEMAR, 2003.

**En última instancia, la elevación del nivel del mar pondrá al alcance de las olas, zonas de los acantilados no golpeadas actualmente, aumentando las posibilidades de movimientos de masa como deslizamientos, flujos y caídas de roca, entre otros.**

## A modo de conclusiones

**Las generalidades presentadas son sólo uno de los numerosos aspectos a considerar sobre las implicaciones futuras del ascenso del nivel del mar.** Debido a la gran variedad de tipos de costas y de los factores que controlan su evolución, no hay fórmulas "mágicas" universalmente aplicables para evaluar y proyectar hacia el futuro los cambios en el paisaje costero y los efectos sobre los desarrollos e infraestructura: cada tipo de costa es un caso particular en función de su historia geológica, características climáticas y oceanográficas, e influencias de las intervenciones antrópicas. Puesto que la evolución costera depende también de lo que suceda en las regiones aledañas (erosionabilidad de las cuencas, aportes de aguas, sedimentos, entre otros), las evaluaciones detalladas deberán considerar los posibles efectos del Cambio Climático Global en las cuencas de drenaje y relieves continentales adyacentes a las costas.



A pesar de que el ascenso del nivel del mar a mediano plazo pueda parecer pequeño (10-30 cm.), hay consensos generales acerca de que, inclusive en magnitudes tan pequeñas, sus efectos serán importantes sobre todo en relación con tres aspectos principales (National Research Council, 1987):

- La erosión generalizada de playas arenosas expuestas a oleajes de "mar abierto", para las cuales se estima tentativamente (Ley de Brunn) que un aumento en el nivel del mar de 1 cm. induciría una erosión de 1 m. o más.

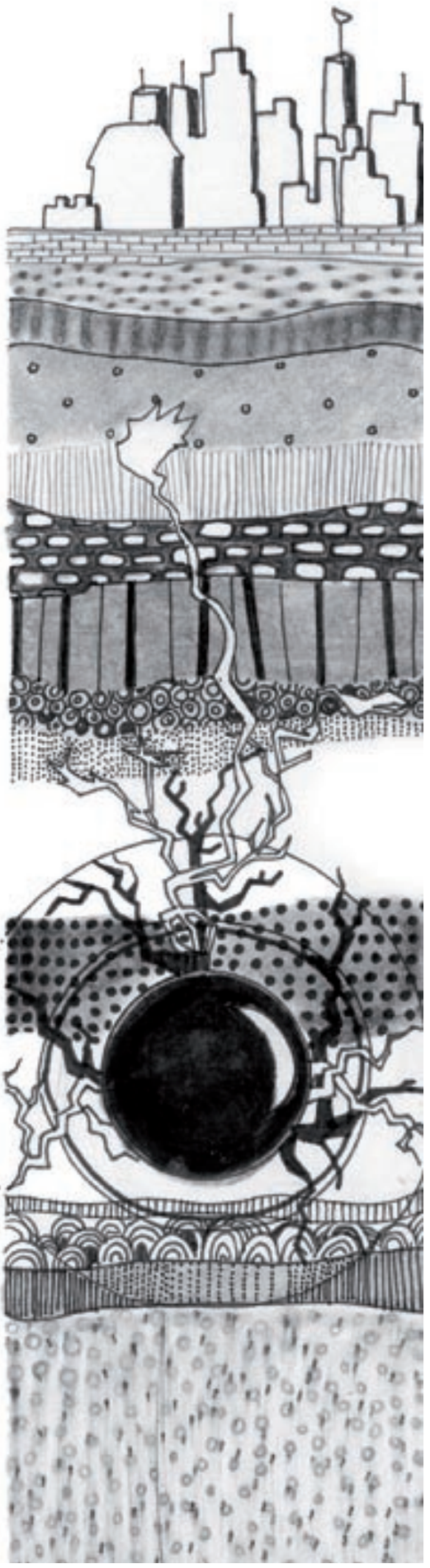
- La penetración de la cuña de aguas salinas a través de los ríos y estuarios de costas con rangos de mareas importantes (nuestra Costa Pacífica, por ejemplo) podría ser del orden de 1 km. por cada 10 cm. de ascenso del nivel del mar. Lo anterior impactaría fuertemente la distribución y extensión de los ecosistemas en las zonas bajas y disminuiría la disponibilidad de aguas dulces en las franjas litorales.

- La salinización de las fuentes subterráneas de aguas dulces se intensificará fuertemente, inclusive con pequeños aumentos del nivel del mar.

**A pesar de que el ascenso del nivel del mar a mediano plazo pueda parecer pequeño (10-30 cm.), hay consensos generales acerca de que, inclusive, en magnitudes tan pequeñas, sus efectos serán importantes ( . . . )**

En términos generales, es de esperarse que los efectos del aumento del nivel del mar sean más acusados en costas sujetas a oleajes fuertes que en costas semi-protegidas, como las de golfos y bahías. El país tiene gran variedad de tipos de costa que responderán (o están ya respondiendo) de diferentes maneras y con diferentes velocidades. Obviamente, todas nuestras principales ciudades en ambos litorales se consideran como sectores críticos, al igual que extensas áreas bajas como las llanuras fluviales costeras del Pacífico, los golfos de Urabá y Morrosquillo, y la barra de Salamanca-Ciénaga de Santa Marta, en el Caribe. A medida que el conocimiento científico sobre estas zonas aumente, tendremos los elementos para decidir como se enfrentarán más racionalmente (con visiones a largo plazo) problemas como los descritos (INVEMAR, 2003; IDEAM, 2008). Al respecto, las experiencias a nivel mundial están mostrando una gran variedad de opciones, válidas de acuerdo con las circunstancias específicas: desde el "enfrentamiento" y los intentos de estabilizar los litorales con obras ingenieriles (espolones, rompeolas, muros de contención, entre otras), costosas y a menudo con fuertes impactos colaterales, hasta la adaptación gradual a los cambios, o la relocalización a prudente distancia de la línea de costa, evitando "medir fuerzas" con un mar en ascenso. Las implicaciones socioeconómicas de las decisiones presentes y futuras serán de la mayor importancia para el país.

# Bibliografía




**Briceño, L. A. & Vernette, G., (1992).** *Manifestaciones del diapirismo de lodo en el margen colombiano del Caribe.* Geofísica colombiana, 1:21-30.

**Bird, E .C. F., (1985)**. *Coastline Changes: A Global Review.* 219p.

**_____, (1993).** *Submerging Coasts: The Effects of a Rising Sea Level on Coastal Environments.* John Wiley & Sons, New York. 150p

**Correa, I. D. & González, J. L., (2000).** *Coastal erosion and village relocation; a Colombian case study.* Ocean &Coastal Management, 43:51-64.

**Correa, I. D.; González, J.L. & Siegert, E., (2002).** "Erosión marina en el Litoral Pacífico: introducción a sus causas y consecuencias socioeconómicas –el caso del caserío El Choncho, delta del Río San Juan". En: *Correa, I., Restrepo, J. D. (eds.) Geología y Oceanografía del Delta del Río San Juan, Litoral Pacífico Colombiano.* Fondo Editorial Universidad EAFIT, Medellín, pp. 113-132.

**Correa, I. D. & J. D. Restrepo (eds.), (2002).** *Geología y Oceanografía del Delta del Río San Juan, Litoral Pacífico colombiano.* Fondo Editorial Universidad EAFIT. Medellín. 221p.

**Correa I. D. y Vernette, G., (2004)**. *Introducción al problema de la erosión litoral en Urabá (sector Turbo-Arboletes) Costa Caribe Colombiana.* Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, V. 33, pp. 5-26. Santa Marta.

**Correa I. D., (2005).** "Erosión litoral en Colombia". En: *Michel Hermelin (ed.): Desastres de origen natural en Colombia 1979-2004.* Fondo Editorial Universidad EAFIT (Primera edición, julio 2005): 213-224. Medellín.

**Correa, I. D., (2006)**. "El Litoral Antioqueño". En: *Michel Hermelin (ed.) Geografia de Antioquia.* Fondo Editorial Universidad EAFIT. pp. 137-151.

**Correa, I.D., Acosta, S. y Bedoya, G., (2007).** *Análisis de las Causas y Monitoreo de la Erosión Litoral en el Departamento de Córdoba.* Convenio CVS-Universidad EAFIT. Fondo Editorial Universidad EAFIT. 125p.

**Correa, I.D. y Morton, R.A.; (2008).** *Coasts of Colombia.* En: http://www.coastal.er.usgs.gov/coasts-colombia/. Consultado enero 15 de 2008.

**Eurosion, (2008)**. *Portal Web del Proyecto Manejo sostenible de la erosión costera en Europa.* En: http://www.eurosion.org/.

**IDEAM, (2001)**. *Colombia Primera Comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.* Bogotá. 307 p.

**IDEAM, (2008).** *El ascenso el nivel del mar: una realidad.* En: http://ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/pZONA%20COSTERA.pdf. Consultado el 20 de enero de 2008.

**INVEMAR; (2003).** "Programa Holandés de Asistencia para Estudios en Cambio Climático: Colombia. Resumen Ejecutivo. Santa Marta". INVEMAR, 172 p. En: *Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debidos a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe continental, caribe insular y Pacífica) y medidas para su adaptación*. VII tomos, Resumen ejecutivo y CD-Atlas digital. Programa de Investigación para la gestión marina y de la zona costera – GEZ. Santa Marta. Colombia.

**Duque-Caro, H., (1984).** "Estilo estructural, diapirismo y episodios de acrecimiento del terreno Sinú - San Jacinto en el noroccidente de Colombia". *Bol. Geológico INGEOMINAS*, 27 (2): 1 - 29.

**Finkl Jnr., C. (ed.), (1994).** *Coastal Hazards: Perception, susceptibility and mitigation.* The Coastal Education and Research Foundation (C.E.R.C.), Fort Lauderdale, FLA. 372 p.

**Gómez, H., (1986).** "Algunos aspectos neotectónicos hacia el suroeste del Litoral Pacífico colombiano". *Revista CIAF*, 11:281-289.

**González, J. L. & Correa, I. D., (2001).** "Late Holocene evidence for co-seismic subsidence on the San Juan Delta, Pacific Coast of Colombia". *Journal of Coastal Research.* 17 (2): 459-467.

**González, J. L.; Correa, I. D. & Aristizábal, O. C., (2002).** "Evidencias de subsidencia cosísmica en el Delta del San Juan". En: *Correa, I. D. y Restrepo, J. D. (eds.). Geología y Oceanografía del Delta del Río San Juan, Litoral Pacífico Colombiano.* Fondo editorial Universidad EAFIT. Medellín: 91-112.

**Herd, D.G.; Leslie Y. T.; Meyer, H., Arango, J.L.; Person, W.J. & Mendoza, C., (1981).** *The Great, Tumaco, Colombia Earthquake of 12 December 1979.* Science, 211:441-445.

**INGEOMINAS, (1998a).** *Geomorfología y aspectos erosivos del Litoral Pacífico colombiano.* Publ. Geológicas Especiales del INGEOMINAS, 21:1- 75.

**INGEOMINAS, (1998b).** *Geomorfología y aspectos erosivos del Litoral Pacífico colombiano.* Publ. Geológicas Especiales del INGEOMINAS, 21:76-111.

**INVEMAR, (2004).** *Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe continental, Caribe insular y Pacífico) y medidas para su adaptación,* Informe Técnico No. 2: Caracterización e inventario: 40-44.

**IDEAM, (2003).** *Programa Integral y Multidisciplinario para el Estudio sobre el fenómeno El Niño – Comité Técnico Nacional para el Estudio del Fenómeno El Niño.* Publ. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Medio Ambientales. Bogotá. 67 p.

**Kana, T.W., J.Michel, M.O. Hayes, J.R. Jensen, (1984).** "The physical impacts of sea-level rise in the area of Charleston, S.C." En: *Greenhouse Effect and Sea-level rise, M.C. Barth and J.G.Titus eds.* New York, Van Nostrand Reinhold.

**Meyer, H. & Velásquez, A., (1992).** *Aproximación al riego por tsunami en la costa del Pacífico de Colombia.* Publ. Ocasionales del O.S.S.O., 2. 43 p.

**Morton, R. A., (1977).** *Historical shoreline changes and their causes, Texas Gulf Shoreline.* Geol. Circ. 77-6, Bureau of Econ. Geology, The Univ. of Texas at Austin. 15 p.

**Morton, R. A. & Purcell, N.A., (2001).** *Wetland subsidence, fault reactivation, and hydrocarbon production in the U.S Gulf Coast Region.*, U.S.G.S. Fact sheet FS-091-01. 4 p.

**Morton, R. A.; González, J. L.; Correa, I. D.; Salazar, O.; Tabárez, N. & López, G. I., (2002).** "Causas y efectos de eventos atípicos de sobrelavado en la Costa Pacífica de Colombia –los eventos de sobrelavado de mayo a agosto de 1997 en la Isla el Choncho, Delta del Río San Juan". En: *Correa, I. D. y Restrepo, J. D. (eds.) Geología y Oceanografía del Delta del Río San Juan, Litoral Pacífico colombiano.* Fondo Editorial Universidad EAFIT. Medellín: 133-150.

**Morton, R. A.; Miller, T. & Moore, L. J., (2004).** *National Assessment Of Shoreline Change: Part 1 Historical Shoreline Changes and Associated Coastal Land Loss Along the U.S. Gulf of México.* U. S. G. S Open-File Report 2004-1043. 43 p.

**Musselink & Huges, (2003).** *Introduction to Coastal Processes & Geomorphology.* Arnold, Londres. 354 p.

**National Research Council, (1987).** *Responding to changes in sea level – engineering implications. Comitee on Engineering Implications of Changes in Relative sea level.* National Academy Press. 148 p.

**Page, W. y James, M., (1981).** *Tectonic subsidence and evidence for the recurrence of large magnitude earthquakes near Bahía Solano, Colombia.* Memorias III Congreso Colombiano de Geología: 14-20.

**Page, W., (1986).** *Geología sísmica y sismicidad del Noroeste de Colombia.* ISA–INTEGRAL–Woodward –Clyde Consultants. Versión española por Rodrigo Alvarez, Ingeniería e Hidrosistemas (I.E.H.) Ltda. Bogotá. 156 p.

**Paris, G.; Machette, M.; Dart, R. L. & Haller, K., (2000).** *Map and database of Quaternary faults and folds on Colombia and its offshore regions.* U.S.G.S. Open-File Report 00-284.

**Pinter, N., (1986).** *Exercises in Active Tectonics.* Prentice Hall, INC. 154 p.

**Rangel, N. y Posada, B. O., (2006).** "Geomorfología y Procesos erosivos en la Costa Norte del Departamento de Córdoba, Caribe colombiano (sector Paso Nuevo - Cristo Rey)". *Bol. Invest. Mar. Cost. INVEMAR,* Santa Marta, 34: 101-119.

**Ramírez, J.E., (1959).** "El Volcán de lodo de Galerazamba". *Rev. de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.* V. 10 (41), pp. 301-314.

_____ **, (1969).** *Los Diapiros del Mar caribe colombiano.* Mem. I Congreso colombiano de Geología. Bogotá: 31 -39.

_____ **, (1970).** "El terremoto de Bahía Solano". *Revista Universidad Javeriana,* 70: 573-585.

**Ramírez, J. E. & Goberna, J. R., (1980)**. *Terremotos colombianos: noviembre 23 y diciembre 12 de 1979.* Preliminary Report, Instituto Geofísico de los Andes Serie A: Sismología, 45: 5-95.

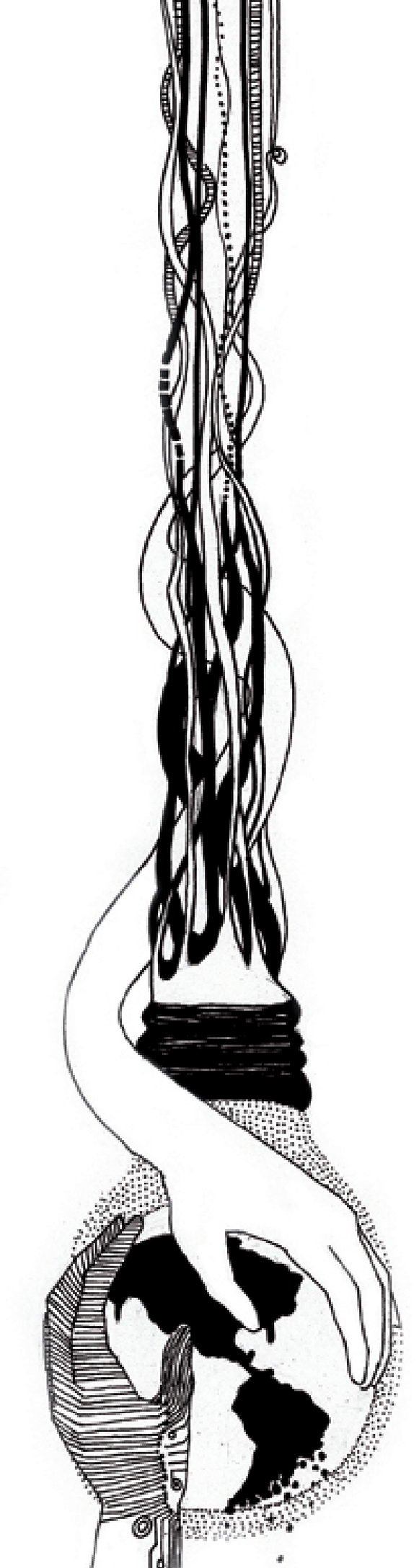
**U.S. Environmental Protection Agency (E.P.A.), (1987).** *Saving Louisiana´s coastal wetlands: the need for a long-term plan of action.* Report of the Louisiana Wetland Protection Panel, Rep. No. EPA-230-02-87-026. 45 p.

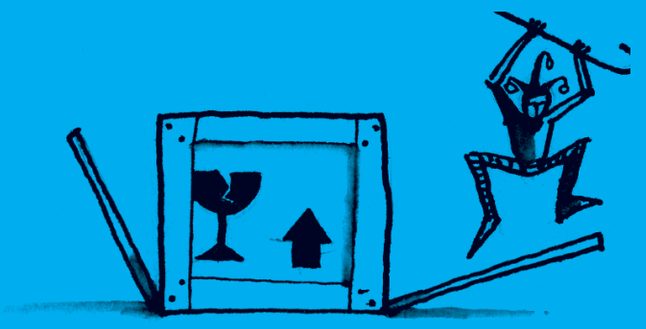
**Vernette, G. ; Mauffret, A. ; Bobier, C. ; Briceño, L. A. & Gayet, J., (1992).** *Mud diapirism, fan sedimentation and strike-slip faulting, Caribbean Colombian Margin.* Tectonophysics, 202: 335-349.

**Viles, H. & Spencer, T., (1995).** *Coastal Problems. Edward Arnold (Ed.).* 350 p.

**Williams, S. J; Dodd, K. & Gohn, K., (1995)**. *Coasts in crisis.* U. S. G. S. Circular 1075. 32 p.

**IPCC – International Panel on Global Change. (2007).** *Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: Synthesis Report: Summary for Polycimakers (Valencia España).* Consultado enero 7 de 2008, en: http.// www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spn.pdf. 24 pp.





# El recurso hídrico en la jurisdicción de CORANTIOQUIA: una mirada desde la sotenibilidad frente al cambio climático

Óscar Mejía Rivera

## Introducción

**Antes de iniciar en materia con este ensayo sobre agua, futuro y cambio climático,** considero necesario hacer un par de observaciones generales frente a lo que se entiende por algunos conceptos que hoy se usan con familiaridad, como cambio, clima, modelo, recurso y sostenibilidad; pero que a pesar de esto, se descuidan aspectos básicos para su comprensión y algunos asuntos relativos a sus limitaciones explicativas de lo particular, en tanto, como toda definición, parte de generalizaciones conceptuales.

Empezaré con la palabra "**cambio"**, la cual representa la acción de cambiar, es decir, mudar, variar, alterar, entre otras acepciones. Si recordamos que la Tierra con sus 4.500 millones de años, al igual que el universo tuvo un origen, que al principio no tenía atmósfera, que no existían mares ni ríos ni peces ni montañas ni lluvias, que los volcanes activos eran el paisaje dominante. Puede, entonces, intuirse que en la naturaleza la regla es el cambio y la magnitud de nuestra ignorancia es aún desconocida. James Hutton, fundador de la Geología (1785), al referirse a la dinámica de la Tierra, la que concebía como un superorganismo vivo –mucho antes que Lovelock-, expresaba: "La materia de este mundo activo está en perpetuo movimiento y la saludable circulación es la provisión tan sabiamente hecha para el crecimiento y prosperidad de las plantas y para la vida y comodidad de los animales". En el mismo sentido y con anterioridad, George Toulmin escribía: "las tierras son formadas lentamente; cambian con el tiempo; la piedra es formada y su composición descompuesta o alterada; las montañas ahora se elevan; ahora se deprimen; la naturaleza vive en movimiento". ¿Qué tanto? Creo que no lo sabemos y no lo sabremos.

Para recordar lo que no debemos olvidar, el origen de nuestra Tierra, es decir, el de nosotros mismos, así como la regularidad y magnitud de los cambios que en ésta han ocurrido; rememoremos un poco lo que Otto Schmidt denominó la "Teoría de la acreción", que corresponde a una teoría sobre la creación de la Tierra y, seguramente, la de millones de cuerpos del universo. Acreción es el crecimiento de un cuerpo por adición de partículas desde el exterior por efecto de la gravedad. Schmidt cuenta que los planetas se crearon mediante la acumulación de polvo cósmico, que la Tierra después de estratificar su núcleo, manto y corteza, fue bombardeada en forma masiva por meteoritos y restos de asteroides; que este proceso generó un inmenso calor interior fundiendo el polvo cósmico, provocando erupciones volcánicas; que durante el proceso

**“Echo de menos la capa de ozono”**
(Miller, 1991)

**“No quiero echar de menos el agua”**
(Mejía, 2008)

de enfriamiento el vapor de agua que emanaban los volcanes, se condensó; y empezaron a formarse la atmósfera y los océanos y se produjeron las primeras lluvias que debieron ser torrenciales. Que la emanación de gases posiblemente originó una atmósfera secundaria compuesta por metano ($CH_4$), amoníaco ($NH_3$), bióxido de carbono ($CO_2$) monóxido de carbono (CO), ácido sulfhídrico ($SH_2$), vapor de agua ($H_2O$) e hidrógeno ($H_2$), que la cantidad de $CO_2$ en la atmósfera primitiva era entre 100 y 1.000 veces superior a la actual. Que los microorganismos fotosintetizadores, es decir, aquellos capaces de utilizar la luz solar como fuente de energía y al $CO_2$ como fuente de materia para impulsar su metabolismo; generaron oxígeno por primera vez a partir de medios estrictamente biológicos, el cual comenzó a acumularse en la atmósfera de la Tierra, y que este suceso histórico indica que la vida surgió transcurridos 1.070 millones de años después del origen del planeta.

Con relación al agua de los océanos primitivos, algunas evidencias sugieren que pudo tener varios orígenes. Durante el proceso de desgasificación, el interior de la Tierra proporcionó una buena parte de vapor de agua. Otras fuentes del líquido vital fueron los meteoritos y asteroides que, aunque rocosos, contienen una porción de agua que puede ser de consideración dado el gran número y tamaño de estos cuerpos. Finalmente, y parece ser la fuente de mayor importancia, la contribución de los cometas, enormes cuerpos formados principalmente por agua en estado sólido.

Intentamos ponernos de acuerdo en el significado de la palabra cambio cuando nos referimos a asuntos de la naturaleza. ¿Qué significa, entonces, el cambio? ¿por qué temerle? ¿en qué escala lo analizamos? ¿a partir de qué suceso, de qué magnitud en la variación del fenómeno observado o analizado, podemos denominar el cambio? Hubo cambio en el universo cuando se formó el sistema solar, o con el surgimiento de la Tierra, hubo cambio en el planeta con el surgimiento de la vida, ¿de qué magnitud fue el cambio en las formas de vida con la aparición de los primeros microorganismos fotosintéticos? ¿qué sucedió con la atmósfera cuando se enriqueció en oxígeno? ¿de qué magnitud fue la primera glaciación conocida y qué la causó? ¿qué cambios produjo sobre la evolución de la vida? ¿cómo han afrontado los seres vivos los innumerables cambios producidos en la historia del planeta? De otra parte, en medio de los innumerables y permanentes cambios que se han sucedido y siguen sucediendo, un hecho entre muchos, que suscita por lo menos una

**Los cambios climáticos a largo plazo dependen de la compleja interacción de un número indefinido de factores, por lo que sólo podemos especular sobre el clima del futuro.**

pregunta luego de analizar el número, la temporalidad y las dimensiones de los cráteres de meteoritos que han impactado la Tierra, tiene que ver con la probabilidad de que estos sucesos ocurran en el futuro con igual o mayor intensidad que en el pasado. ¿Cuáles serían los cambios previsibles sobre nuestro planeta y todas las formas de materia y energía que habitamos en él?

Respecto al **"clima"**, palabra latina que significa tendencia, podemos decir que éste se define como el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, el cual se caracteriza por los estados y evoluciones del "tiempo" en un lugar o región determinados o en el planeta entero, durante un periodo relativamente largo (IDEAM, 2005). Los cambios del clima del planeta son el resultado de un complejo entramado de fuerzas. Los movimientos del aire, del agua, de las masas continentales, de la Tierra y de los cuerpos que recorren el sistema solar, contribuyen a los cambios de nuestro clima. Durante los últimos mil millones de años se han producido glaciaciones cada 150 millones de años. Los cambios climáticos a largo plazo dependen de la compleja interacción de un número indefinido de factores, por lo que sólo podemos especular sobre el clima del futuro.

En virtud de que los pronósticos frente al cambio climático surgen del uso de modelos climáticos, abordemos sin mayores detalles el significado de la palabra **"modelo"**, la cual se define como una representación simplificada de la realidad. Definición que suscita, a su vez, una serie de interrogantes respecto a lo que se entiende por simplificación y por realidad. No obstante, y sin ánimo de generalizar, la meta básica de la ciencia es crear en torno a los fenómenos "reales", modelos que describan y puedan predecir el comportamiento de tales fenómenos. Se cuenta con modelos diferentes para fenómenos que nuestra limitada percepción señala como distintos. Podemos decir que un modelo matemático, por ejemplo, nunca es idéntico al objeto en consideración, no reproduce todas sus propiedades y particularidades, por eso los resultados obtenidos en el análisis del modelo siempre tienen un carácter de aproximación respecto al objeto analizado. El problema de la exactitud y la validez de los resultados es uno de los más delicados en las matemáticas aplicadas y sólo se puede resolver de manera adecuada si se conocen bien las leyes que determinan el comportamiento y las propiedades del objeto de estudio y en el futuro, las certezas e incertidumbres siguen siendo las consideradas. Podemos decir que los modelos matemáticos permiten reducir la investigación de un objeto real a la resolución de un problema matemático, valerse de un aparato matemático universal para su estudio y gracias a él, obtener lo que se ha denominado una información científica sobre el objeto.

Por "**recurso"** se entiende un medio del que se puede disponer para ser utilizado en un proceso económico, o de otra forma, recurso es todo aquello que se requiere o puede requerirse para algo. Es indudable que el agua es un recurso, mejor aún, que es un recurso vital e insustituible.

Para abordar el último concepto, "**sostenibilidad"** -enmarcado en el precepto del desarrollo sostenible-, puede decirse que hace referencia a un asunto estrictamente ético con consecuencias prácticas del mayor interés. Desarrollo sostenible es aquel que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta; ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras para utilizarlo, para la satisfacción de sus propias necesidades" (Art. 3º Ley 99 de 1993). Sostener significa sujetar a alguien o algo para evitar que caiga, se manche o se mueva; significa mantener y defender con seguridad y firmeza, proteger, prestar ayuda o apoyo. El concepto aplicado al derecho al agua, permite entenderlo con claridad. El recurso hídrico debe ser sostenible, es decir, debe estar disponible en la cantidad y calidad requeridas por todos los seres de todas las formas de vida actuales y los que habrán de venir.

"Las Naciones Unidas formulan entre los objetivos para el mileno la necesidad de garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y dentro de ello se proponen reducir a la mitad el número de personas que no tienen acceso a agua potable. Por su parte la Agenda 21 en el Capítulo 18 no cesa de referirse al agua y a la sostenibilidad del recurso. Todas las reflexiones planteadas en estos documentos no pueden menos que convocar a pensar la realidad latinoamericana, colombiana y regional al respecto y, de ese pensarnos no puede menos que llegarse a la conclusión de que no puede garantizarse para una región la sostenibilidad de un recurso natural, si de éste no se tiene un adecuado conocimiento" (Betancur, 2008).

## 1. El origen del problema actual

**Las condiciones ambientales han experimentado cambios desde el origen mismo del planeta,** algunos rápidos, otros graduales, obligando a la reorganización de los sistemas biológicos. Actualmente, un nuevo tipo de cambio, causado por las actividades humanas, se suma a la variabilidad natural, amenazando con acelerar la pérdida de biodiversidad.

Con el desarrollo del motor de combustión y de la máquina de vapor, se aceleró el uso de combustibles fósiles -carbón y petróleo-, que no son otra cosa que el resultado del proceso fotosintético, es decir, de esa sinergia extraordinaria entre el sol y los seres del mundo vegetal. El "desarrollo" minero y petrolero que se derivó de estos dos acontecimientos, generó, además de riqueza y de una mejoría en la calidad de vida de algunos habitantes de finales del siglo XIX hasta hoy, un incremento en el vertido de gases a la atmósfera, fundamentalmente dióxido de carbono y otros gases denominados de efecto invernadero, lo que ha hecho que la Tierra se caliente mucho más rápido que en el pasado.

El efecto invernadero es tan antiguo como el planeta Tierra, puesto que está ligado a la existencia en la atmósfera de determinados gases capaces de almacenar radiación de onda larga, o sea, calor. Sólo hasta finales del siglo XVIII Joseph Black descubrió el dióxido de carbono, el nitrógeno y el oxígeno, gases constituyentes de la atmósfera actual. Los problemas que suscita en la actualidad el efecto invernadero están relacionados con la actividad económica humana y, en particular, con la utilización masiva de energía procedente de los combustibles fósiles.

El desarrollo humano ha transformado y fragmentado los paisajes naturales. A ello se suma este nuevo elemento que causa presión sobre la biodiversidad: el cambio climático inducido por el hombre. El planeta se está calentando a una velocidad que supera cualquiera de las oscilaciones climáticas ocurridas en el pasado. Ante este panorama es urgente adoptar políticas serias sobre el recurso agua. Todo esto impone unos retos sin precedentes para la biodiversidad, la cual en su conjunto se ha visto sometida a permanentes transformaciones conforme el clima cambia.

**Los problemas que suscita en la actualidad el efecto invernadero están relacionados con la actividad económica y, en particular, con la utilización masiva de energía proveniente de los combustibles fósiles.**

**La población colombiana es altamente vulnerable a las alteraciones en la distribución de los recursos hídricos, generadas por el cambio climático debido a que cerca del 40% de la población urbana está expuesta a problemas de abastecimiento en condiciones hidroclimáticas medias.**

¿Cuánto calentamiento ha ocurrido? Los científicos de todo el mundo nos dicen que durante el último siglo, el promedio de la temperatura global ha aumentado más de 0.6°C. Es posible que esto parezca un pequeño cambio pero un sólo grado puede afectar a la Tierra, porque la magnitud de los cambios produce efectos e impactos diferentes dependiendo del rango de temperaturas donde estos cambios se produzcan. Lo anterior se comprende mejor si se tiene en cuenta –sin entrar en detalles- que el agua cambia de fase líquida a sólida entre temperaturas que oscilan entre -0.1 ºC y 0.1 ºC. Es decir, con una pequeña variación de 0.2ºC, el agua líquida de un río se puede convertir en una capa de hielo que no permitiría el movimiento de los peces que alberga, ni el suyo propio. Por su parte, un aumento de temperatura de 20.9 ºC a 21.1 ºC, puede ser imperceptible para la mayoría de los habitantes de una ciudad.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), en su informe de 2001 concluye que la tendencia al calentamiento global en el siglo XX tiene una importante componente de origen antrópico y no importa lo que hagamos para remediar esta situación, el cambio es inevitable y, por tanto, es necesario adaptarse a él. Algunas de las conclusiones sobre los impactos pronosticados por los modelos climáticos globales son la extinción masiva de especies y ecosistemas, la crisis del agua, la pérdida de tierra por aumento del nivel del mar, la propagación de vectores y enfermedades, y el aumento de conflictividad con mayores impactos en países en desarrollo, menor oferta de agua, mayor demanda por el aumento de la temperatura, efecto combinado de ambos procesos y pérdida o afectación de la actividad económica en muchos sectores.

## 2. ¿Qué se sabe del cambio climático para Colombia?

**Según se plantea en el documento "Lineamientos de política nacional frente al cambio climático"** (IDEAM, 2000), se ha identificado que los mayores impactos se asocian a la disponibilidad de los recursos hídricos, alteración de ecosistemas, en particular los de alta montaña, en la agricultura, en la salud humana y en las zonas costeras e insulares. La magnitud del impacto depende del grado de vulnerabilidad de los ecosistemas y del sistema socioeconómico nacional. En cuanto al clima del futuro, se espera que hacia mediados del siglo XXI en el territorio colombiano se produzca un incremento diferenciado de la temperatura del aire entre 1ºC y 2°C en comparación con los promedios del periodo 1961-1990; alteraciones del volumen anual de precipitación que oscilan entre –15% y +15% del valor correspondiente al periodo 1961-1990 para diferentes regiones del país, en general, se ha identificado una tendencia a la disminución en las regiones Caribe, Pacífica y en el sur de la Andina; en los piedemontes amazónico y orinoquense, así como en el altiplano Cundiboyacense, se viene presentando un incremento de la precipitación. Se estima que en la década del 2050, el incremento del nivel del mar oscilará entre 40 y 60 centímetros para las costas Caribe y Pacífica, respectivamente.

**Recursos hídricos.** Se estima que un porcentaje del 30% del territorio colombiano tiene una baja vulnerabilidad a cambios en el régimen hidrológico actual por efectos del cambio climático. Un 50% del territorio se verá afectado en el rango alto-muy alto en las magnitudes de la escorrentía y se presentará asimetría en el funcionamiento del régimen hidrológico. Un 30% y un 15% presentará afectaciones bajas y medias, respectivamente, y sólo un 4% no será afectado por ningún cambio en el régimen de escorrentía. Las anteriores cifras colocan al país en una posición de alerta ante la posibilidad de un cambio climático dado que la mayor parte del territorio experimentará cambios en el régimen de escorrentía de media a muy alta intensidad. Esto señala que la mayoría de los ecosistemas naturales e intervenidos, así como los sectores socioeconómicos tendrán un nuevo régimen de escorrentía al cual será necesario adaptarse.

Si tenemos en cuenta lo anterior, la población colombiana es altamente vulnerable a las alteraciones en la distribución de los recursos hídricos, generadas por el cambio climático debido a que cerca del 40% de la población urbana está expuesta a problemas de abastecimiento en condiciones hidroclimáticas medias.

**Zonas con potencial hídrico subterráneo.** En el ámbito planetario se reconocen ventajas a las aguas subterráneas sobre las superficiales, como su gran disponibilidad –99% del total de agua dulce líquida de la Tierra–, su amplia distribución geográfica, su acceso

en zonas con restricciones de área superficial, las pérdidas por evapotranspiración casi nulas, su muy buena calidad dada la mayor protección natural, las menores distancias para el transporte y la baja dependencia de la estacionalidad de parámetros climáticos. Es por ello que resulta un recurso tan utilizado como lo demuestran las cifras: México, 94% del total; en Cuba, el 74%; en Estados Unidos, cerca del 60% de la población la usa; es la principal fuente de abastecimiento en San José de Costa Rica y Ciudad de Guatemala; 80% de los habitantes de Centroamérica y más de 1.800 millones de personas en el mundo la utilizan.

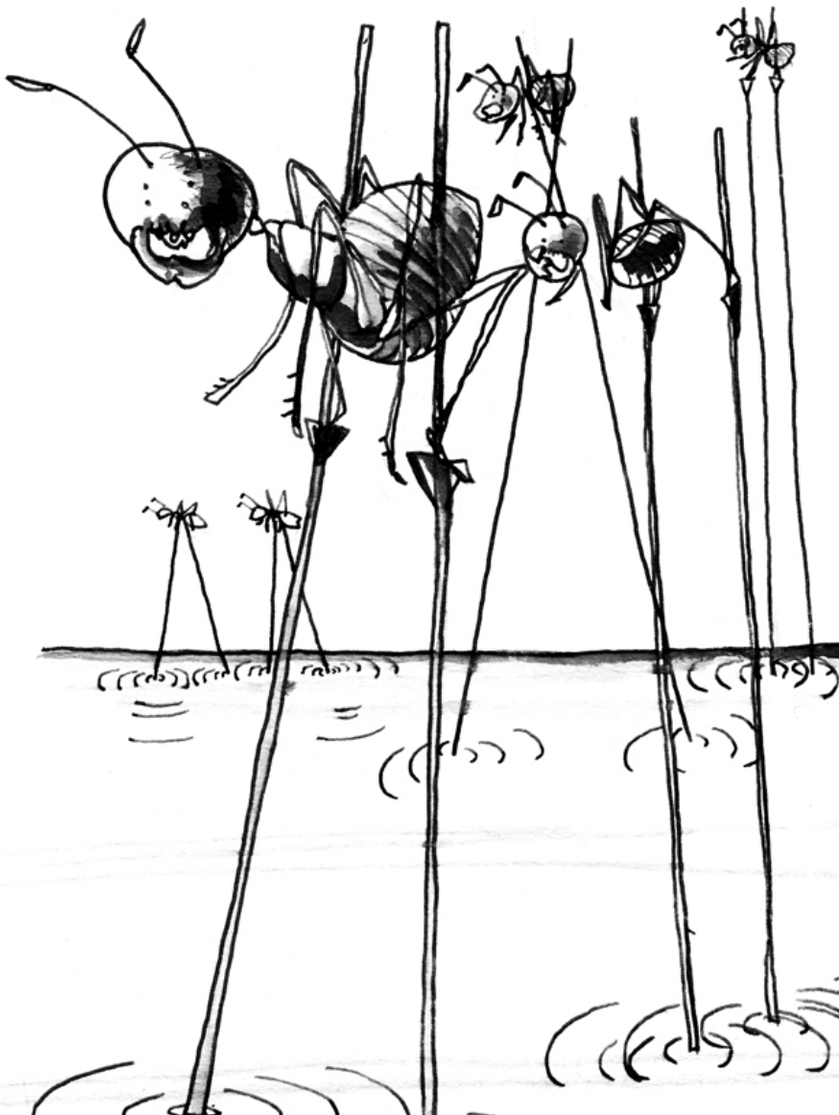
En Colombia el recurso hídrico subterráneo no ha sido sistemáticamente explorado y se ha considerado como una alternativa complementaria de abastecimiento. En consecuencia, se desconoce su verdadero capital y potencial, a pesar de que actualmente es utilizado en muchas regiones con regimenes intensos y en el país, en general, de manera no planificada.

**Ecosistemas colombianos.** Los ecosistemas de Colombia se verían seriamente afectados por el cambio en la temperatura y la precipitación. Se identificó que dentro de los más vulnerables se encuentran los ecosistemas de alta montaña, dada la fragilidad de los biomas localizados en esas zonas altitudinales. Los glaciares y los biomas de páramo, debido a un avance en altitud, reducirían su área y pondrían en condiciones difíciles a los ecosistemas asociados. Adicionalmente, se podría incrementar la mayor amenaza por incendios para todos los ecosistemas forestales y, particularmente, los de las zonas áridas y semiáridas.

Los páramos, un ecosistema característico de los países andinotropicales, es uno de los que se verán más afectados por el calentamiento global. Su extensión actual en Colombia (39.000 $km^2$), seguramente se verá reducida debido al desplazamiento hacia altitudes mayores de los cinturones de vegetación y a la pérdida de los glaciares. Con esto, alrededor del 25% de las especies endémicas de los páramos corren riesgo de extinción en el presente siglo.

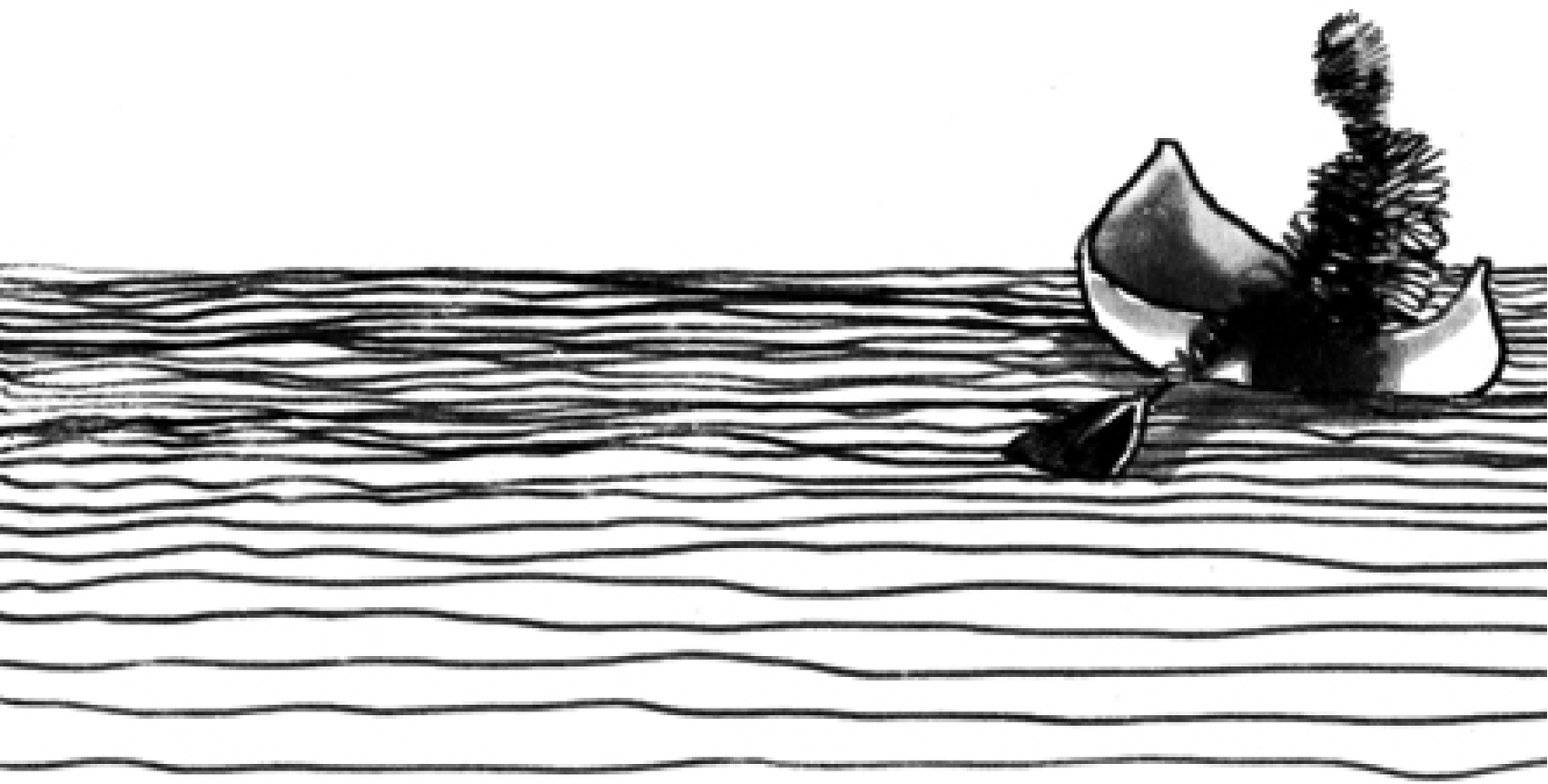
**Salud humana, dengue y malaria.** En lo concerniente a la salud humana, se estima que con el cambio climático se producirá un incremento del área con condiciones favorables para el desarrollo de los vectores de enfermedades como la malaria y el dengue, al igual que su incidencia. Hay diferentes factores que hacen vulnerable al país ante estas amenazas, por ejemplo, la concentración de la población en ciudades situadas en los rangos de temperatura aptos para el desarrollo del vector del dengue. En relación con el dengue, de manera general, se puede apreciar que la enfermedad hace presencia en 513 municipios, es decir, el 47% de los municipios del país se encuentra afectado. Ante la posibilidad de aumentos en la temperatura debido al cambio climático, se debe esperar el aumento en el número de casos de los rangos con menos de 16 °C, lo cual es una señal para mantener una fuerte vigilancia sobre la aparición de ca-

**Los glaciares y los biomas de páramo, debido a un avance en altitud, reducirían su área y pondrían en condiciones difíciles a los ecosistemas asociados.**



## Estimación de la distribución del agua en la hidrósfera

| Tipo de agua según la sanidad | Sistema hídrico | Estado del agua | Código | Componente | Volumen en $m^3 * 10^{12}$ | Agua total del planeta | Agua dulce | Agua dulce líquida | Periodo de renovación | Tiempo medio de residencia (días) | Tasa de renovación ($10^6 * m^3$ /día) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Agua salada | Océanos y mares | Líquido | 1 | Oceános y mares | 1.338.000 | 97,4666 | * | * | 2.500 años | 912.500 | 14.663 |
| | Léntico | Líquido | 2 | Lagos | 85,40 | 0,006 | * | * | 150 años | 54.750 | 15,60 |
| Subtotal Agua salada | | * | 3 | * | 1.338.085 | 97,472 | * | * | * | * | * |
| | Polos | Sólido | 4 | Glaciares y casquetes polares | 24.064 | 1,753 | 69,346 | * | 9.700 años | 3'540.500 | 67,97 |
| Agua dulce | Acuíferos | Líquido | 5 | Aguas subterraneas | 10.530 | 0,767 | 30,345 | 98,993 | Decenas a miles de años | * | 250-30.000 |
| | Léntico | Líquido | 6 | Lagos | 91,00 | 0,007 | 0,262 | 0,855 | 17 días | 17 | 53.529 |
| | Lotico | Líquido | 7 | Ríos | 2,12 | 0,000 | 0,006 | 0,020 | 15-20 días | | 1.060 |
| | Seres vivos | Liq-Gas | 8 | Biomasa | 1,12 | 0,000 | 0,003 | 0,011 | Algunas horas | 0,05 | 22.400 |
| | Atmósfera | Gaseoso | 9 | Vapor de agua y precipitable | 12,90 | 0,001 | 0,037 | * | 8-10 días | 10 | 12.900 |
| Subtotal agua dulce | | Líquido | 10 | Agua dulce (5+6+7+8+9) | 10.637 | 0,775 | 30,654 | 100,0 | Días a miles de años | Días a miles de años | 54.389 = 84.000 |
| Subtotal agua dulce | | Líq-Gas | 11 | Agua dulce (4+10) | 34.701 | 2,528 | 100,0 | * | * | * | * |
| TOTALES | | | 12 | Agua total (3+11) | 1.372.787 | 100,0 | * | * | * | * | * |



sos en estos municipios. “Es indispensable que Colombia ya no vea el tema ambiental como algo paralelo a la vida, por el contrario, con la aparición de nuevos brotes de dengue en los santanderes es vital estar más atentos a los efectos del cambio climático, a la concientización de los recursos que se tienen en el país y a lo que se debe hacer para adaptarse” (Lozano, 2008).

**Zonas costeras e insulares.** De acuerdo con estudios realizados por el IDEAM y el INVEMAR, la vulnerabilidad de las zonas costeras colombianas es entre alta y crítica, frente a un posible ascenso de un metro del nivel del mar por cambio climático en un horizonte de 30 a 100 años.

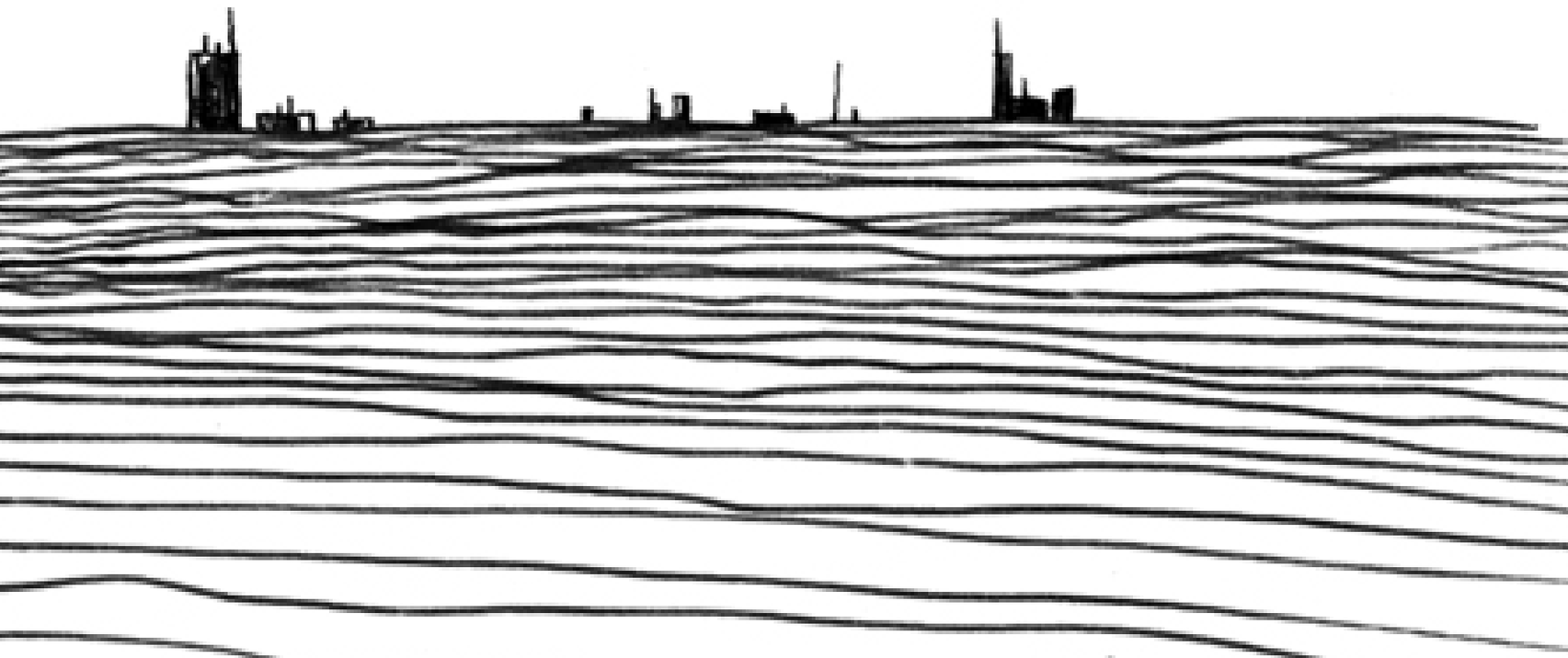
En el litoral Caribe, aproximadamente 2´121.887 personas viven en la zona de afectación, alrededor del 58.5%, es decir, 3% de la población nacional y el 17 % de la población del Caribe colombiano, se localizan en la zona de amenaza por inundación. Para el litoral Pacífico, se calcula que la población en zona de afectación asciende a 498.970 personas. Una proporción importante de la población de los centros urbanos de Tolú, San Juan de Urabá, Turbo, San Bernardo del Viento, Ponedera, Puerto Colombia, Cartagena, Buenaventura, Tumaco, Timbiquí, Nuquí, Charco y Guapi, serán afectadas por la inundación debido a que se encuentran en zona de amenaza alta y media. El ascenso del nivel del mar tendrá un impacto directo sobre la población por los efectos de la intrusión salina en los acuíferos e impacto indirecto, debido a los incrementos en los costos de tratamiento de aguas por parte de los acueductos.

El área agropecuaria del Caribe expuesta a los diferentes tipos de amenaza equivale a 351.971 Ha. (4,9% del área total considerada). Del área expuesta, 49,5% del área de cultivos y pastos presenta alta vulnerabilidad, en cuyo caso el banano se vería afectado en 39,2% de su área; la palma africana, en 9,7%; los cultivos transitorios, en 6,8%; y los cultivos permanentes, en 1,2%.

Los manglares, los arrecifes coralinos y las playas y playones tienen una vulnerabilidad crítica. El zonobioma de desierto tropical ha sido calificado como de vulnerabilidad alta; las fanerógamas marinas y litorales rocosos, con vulnerabilidad media; y los bosques secos tropicales, bosques húmedos tropicales, fondos de plataforma continental, con vulnerabilidad baja. Un análisis de las áreas críticas de vulnerabilidad determinó que de los 56 municipios del Caribe analizados, 3 municipios fueron catalogados como de importancia alta: Cartagena, Barranquilla y Santa Marta. La zona del Pacífico colombiano muestra en su orden a Tumaco y a Buenaventura como áreas críticas de importancia alta.

## 3. ¿Qué se sabe del cambio climático para el departamento de Antioquia?

**Según las proyecciones del IDEAM tendremos una disminución significativa de la precipitación por el calentamiento atmosférico en los próximos 50 años** en las siguientes regiones eco-climáticas: Medio Cauca y Alto Nechí (-6%), Alto Magdalena (-7%). El nivel de los océanos continuará su tendencia alcista con un valor entre 50 cm. y 110 cm. para el año 2100, con severos efectos sobre todos los



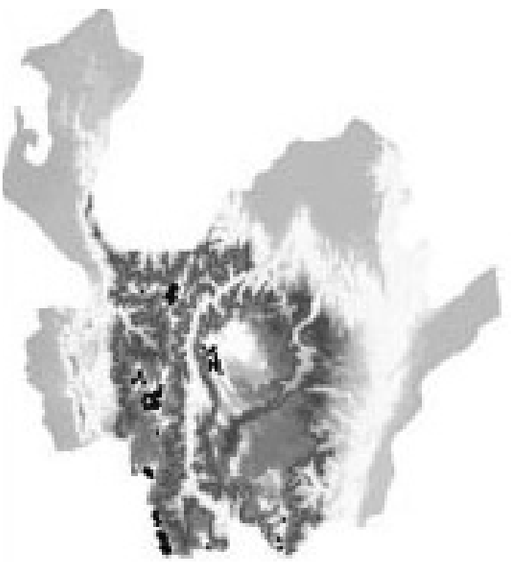
terrenos litorales marítimos y el aumento de la intrusión salina en muchos acuíferos costaneros.

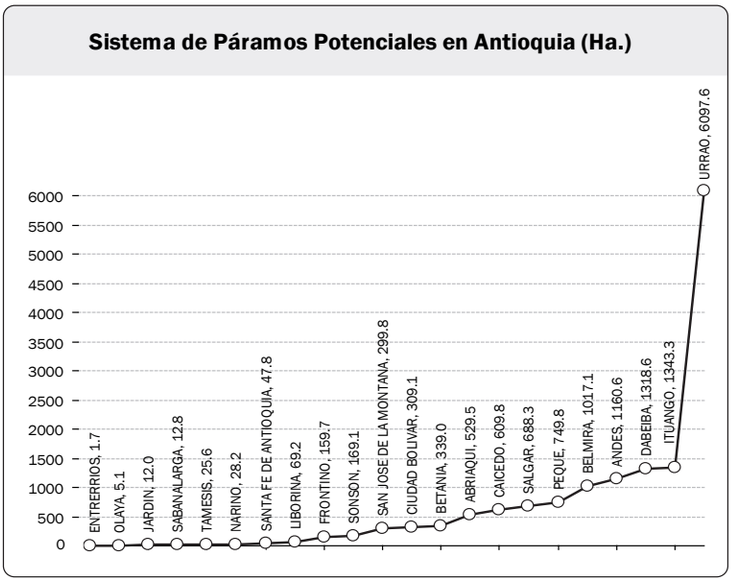
Los páramos se encuentran, según Del Llano (1990), entre 3.200 y 4.500 msnm. y según Rangel (1995), entre 3.600 y 4.300 msnm. Los páramos colombianos alcanzan una superficie de aproximadamente 1'443.425 Ha., correspondiente al 1,3% de la extensión continental del país, representada principalmente por páramos atmosféricamente húmedos. El departamento de Boyacá se destaca con la mayor extensión de este ecosistema en Colombia, alcanzando un 18,3% del total nacional.

En términos de precipitación es posible encontrar este tipo de formaciones naturales en lugares con menos de 650 mm/año (páramos como los del departamento de Santander), hasta con más de 4.000 mm/año (en Frontino, departamento de Antioquia) (Rangel, 2000).

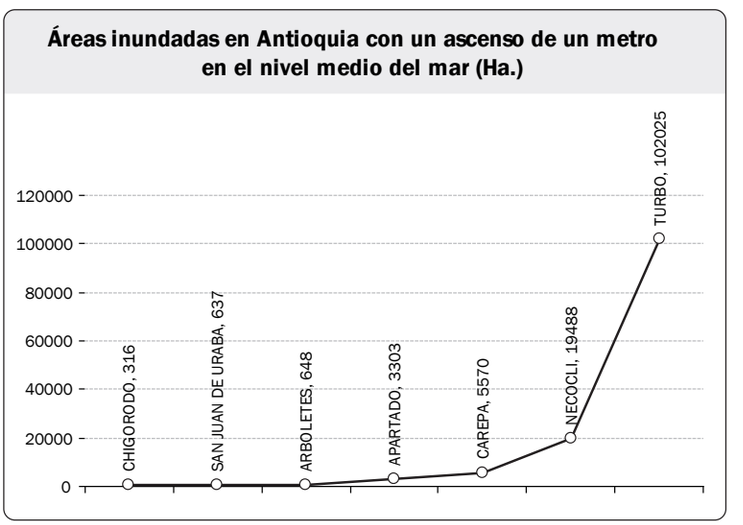
En Antioquia existen cerca de 15.000 Ha. en páramos: Belmira, Farallones de Citará, Caramanta, Cerro de Las Baldías, Paramillo, Cordillera de Las Alegrías en Caicedo y Santa Fe de Antioquia, Sonsón, Frontino y Urrao.

Los manglares, aunque con una capacidad de adaptación mayor, se verán desplazados hacia tierra adentro en las costas deltaicas por efecto del ascenso del nivel del mar, desplazando, a su vez, los bosques inundados, como los guandales de la costa Pacífica. Los bosques secos tropicales, de los cuales apenas existe actualmente






**Escorrentía promedio anual y alteraciones de la precipitación ocasiona-das por un fenómeno El Niño**




**Zonas del departamento de Antioquia con riesgo de afectación por aumentos en el nivel medio del mar**

menos del 5% de la cobertura original en Colombia, esparcidos en pequeños parches remanentes; probablemente se verán beneficiados por los cambios en el régimen de lluvias, pero su estado de fragmentación y aislamiento amenazan la viabilidad de muchas de las especies que los componen. En Antioquia tenemos manglares en la región de Urabá. Es preciso planificar este escenario probable y establecer las estrategias de adaptación.

Las comunidades de plantas y animales de estas y otras formaciones vegetales fragmentadas, deberán migrar a medida que las condiciones vayan cambiando; dado que no todas las especies tienen la misma capacidad de migrar, tales comunidades se verán sujetas a un cambio en su composición y estructura. El caso de los arrecifes de coral es particularmente ilustrativo: una de sus funciones clave es la alta productividad primaria, debida a la simbiosis entre los corales y ciertas microalgas.

Los corales son especialmente susceptibles a los cambios de temperatura. Un aumento ligero de ésta causa la expulsión de las algas de los tejidos coralinos, provocando, en parte, la mortandad masiva de los corales, por lo cual alrededor del 60% de los arrecifes coralinos del mundo se encuentra en estado avanzado de degradación.

## 4. La visión de CORANTIOQUIA

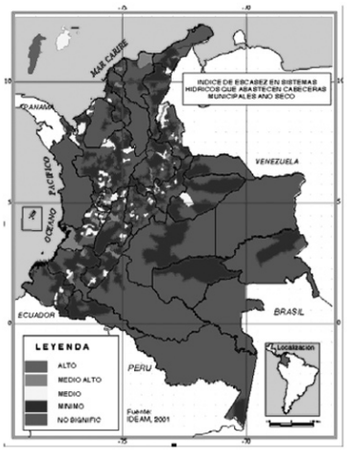
**El principio básico: "El agua es patrimonio común de la humanidad y necesaria para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos y todos los seres vivos"**. Decreto 2811 de 1974 del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables (CNRNR). Se parte de reconocer el carácter diverso del agua y las múltiples formas del recurso hídrico conformado por el álveo o cauce natural de las corrientes; el lecho de los depósitos naturales de agua; las playas fluviales y lacustres; una faja paralela a la línea del cauce permanente de ríos y lagos hasta de 30 m. de ancho; las áreas ocupadas por los sistemas paramunos, los humedales, las aguas meteóricas y los estratos o depósitos de las aguas subterráneas.

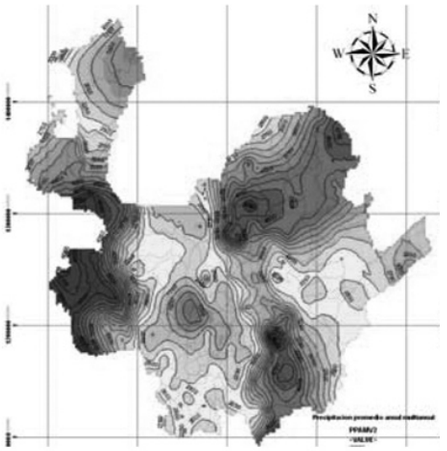
La misión del Estado es grande, en tanto es responsable de organizar el uso combinado de las aguas superficiales, subterráneas y meteóricas y asegurar la conservación, fomento, aprovechamiento racional y la restauración de los recursos hidro-biológicos y del medio acuático, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, y lograr disponibilidad permanente mediante un manejo racional según técnicas ecológicas, económicas y sociales con la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional.

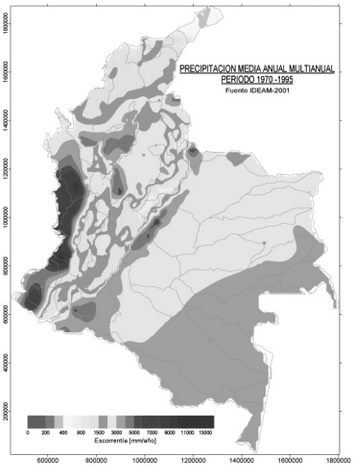
**El punto de partida, criterios de administración del agua.** No es posible saber la magnitud de lo que se requiere si no se conoce la magnitud de lo que se dispone. A partir de este precepto, el Decreto 1541 de 1978, establece que la autoridad ambiental competente, administrará la oferta hídrica atendiendo a las necesidades económico-sociales de la región, de acuerdo con los siguientes factores: el régimen de lluvia, temperatura y evaporación; la demanda de agua presente y proyectada en los sectores que conforman la región; los planes de desarrollo económico y social; la preservación del ambiente y la necesidad de mantener reservas suficientes del recurso hídrico, entre otros.

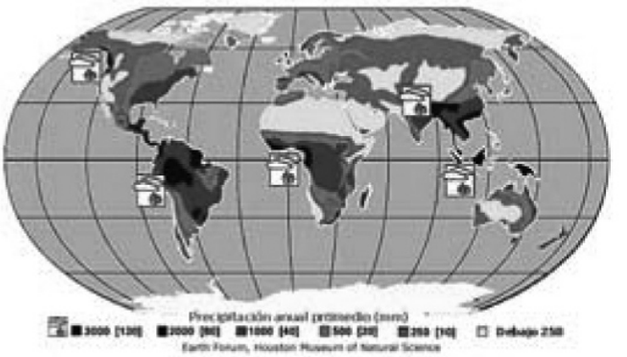
El Artículo 41 del Decreto 1541 de 1978, definió el siguiente orden de prioridad para el otorgamiento de concesiones de agua: consumo humano, colectivo o comunitario, urbano o rural, necesidades domésticas individuales; usos agropecuarios comunitarios, acuicultura y pesca; usos agropecuarios individuales, acuicultura y pesca; generación de energía hidroeléctrica; usos industriales o manufactureros; usos mineros; usos recreativos comunitarios y, finalmente, los individuales.

**Entre las mayores dificultades en la evaluación de la disponibilidad hídrica se cuenta con el problema de la escala de análisis, la integración de la cantidad y calidad del agua en los análisis de la oferta y la demanda hídrica, y la variabilidad espacial y temporal de la distribución natural del agua.**

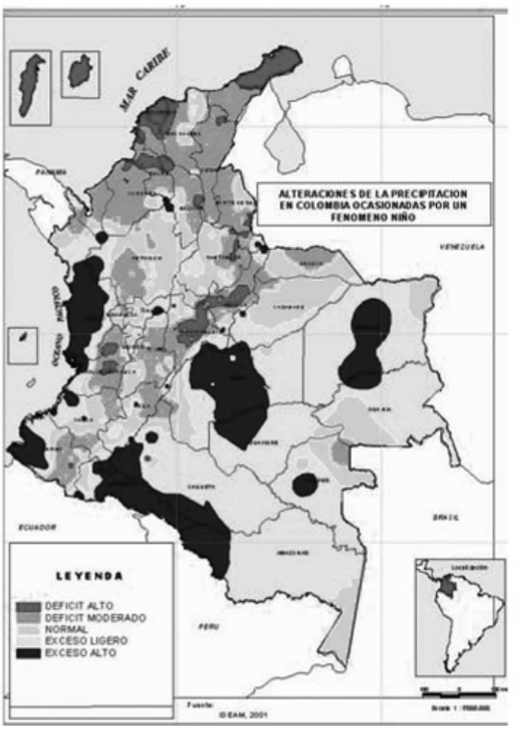


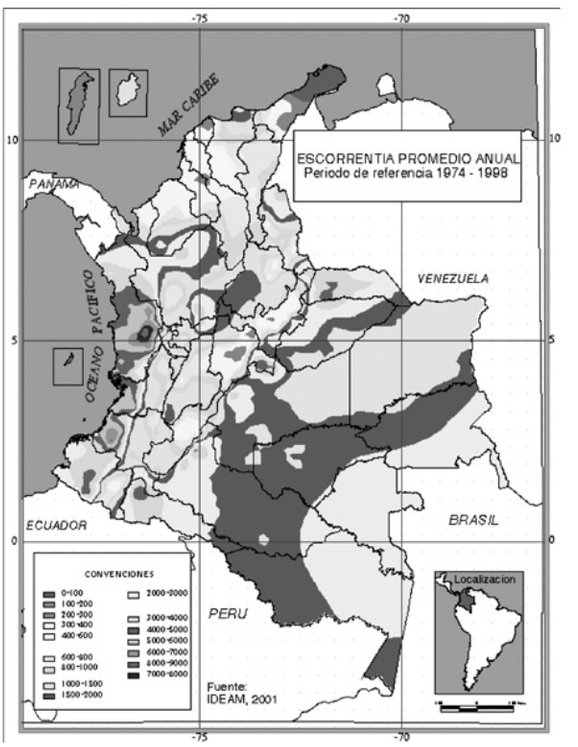





**Las diferentes escalas de análisis. El caso de la precipitación.**



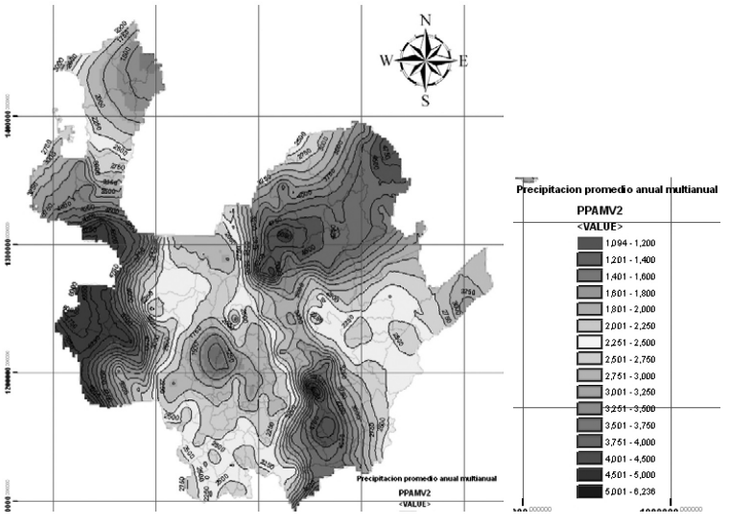



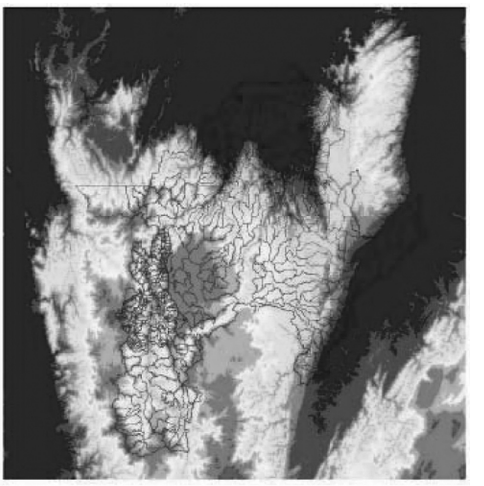

**Escorrentía promedio anual y alteraciones de la precipitación ocasionadas por un fenómeno El Niño.**

Entre las mayores dificultades en la evaluación de la disponibilidad hídrica se cuenta el problema de la escala de análisis, la integración de la cantidad y calidad del agua en los análisis de la oferta y la demanda hídrica y la variabilidad espacial y temporal de la distribución natural del agua. Igual situación ocurre con el análisis de la oferta y distribución de la lluvia y se entiende la necesidad de definir escalas apropiadas. Nuestro país posee abundancia del recurso hídrico debido a su situación geográfica, que propicia una precipitación promedio de más de 3.500 mm. al año. Parte de esta agua se convierte en escorrentía superficial (ríos, quebradas, ciénagas, lagunas), y otra parte en escorrentía subterránea. La red hidrográfica nacional es vasta y por mucho tiempo ha sido utilizada para la producción de energía hidroeléctrica y el abastecimiento de agua potable. Sin embargo, el alto grado de contaminación de los recursos hídricos superficiales, hace cada vez más difícil y costoso utilizarlos para abastecer agua potable (IDEAM 2000).

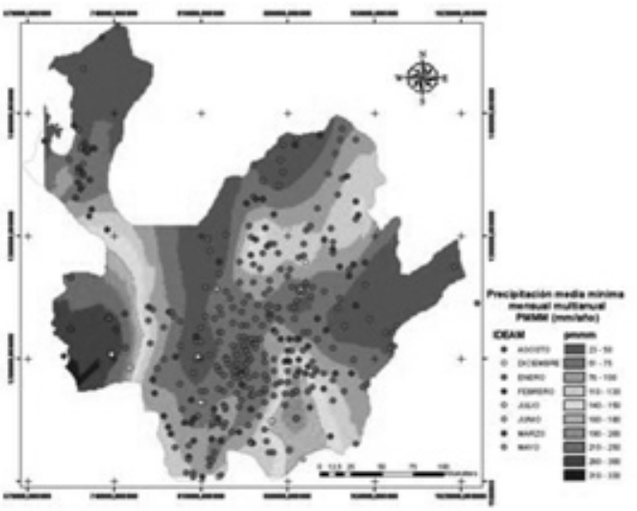
**Oferta hídrica atmosférica.** Los sistemas hidrológicos por su naturaleza misma son complejos, dinámicos y variables, y los caudales de agua disponibles en las corrientes de agua superficiales, dependen de la cantidad y los regimenes de lluvia que caen sobre las cuencas según su naturaleza variable. La precipitación es una variable del mayor interés para muchos propósitos del análisis hidrológico, en tanto interviene de manera directa en los flujos de materia y energía generando procesos físicos fundamentales para entender los demás componentes del ciclo hidrológico, como son la escorrentía, la recarga, la infiltración y la evapotranspiración. La precipitación corresponde a la oferta hídrica atmosférica y representa, en muchos casos y en diversas regiones, una alternativa importante de abastecimiento.

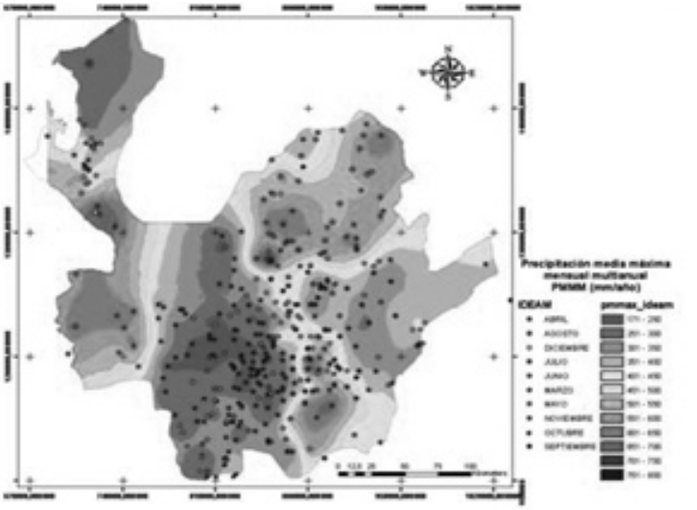
El conocimiento de los comportamientos y patrones de la lluvia y sus variaciones espacio-temporales, son fundamentales en el proceso de gestión y administración de los recursos hídricos, puesto que permiten obtener estimaciones del balance hídrico, caracterizar una cuenca, conocer su importancia estratégica y la disponibilidad real del recurso agua. Es por esto que se puede afirmar que el riesgo de desabastecimiento y el de inundación son variables espacio-temporales.



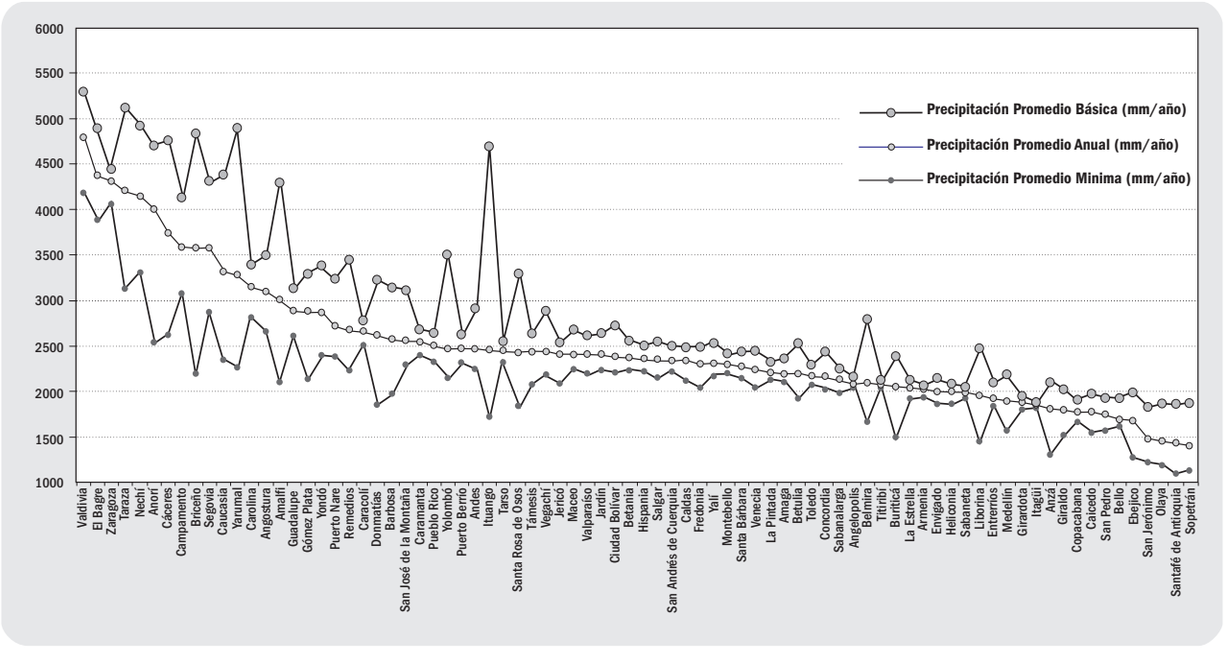



**Distribución de la precipitación promedio anual multianual en Antioquia.**

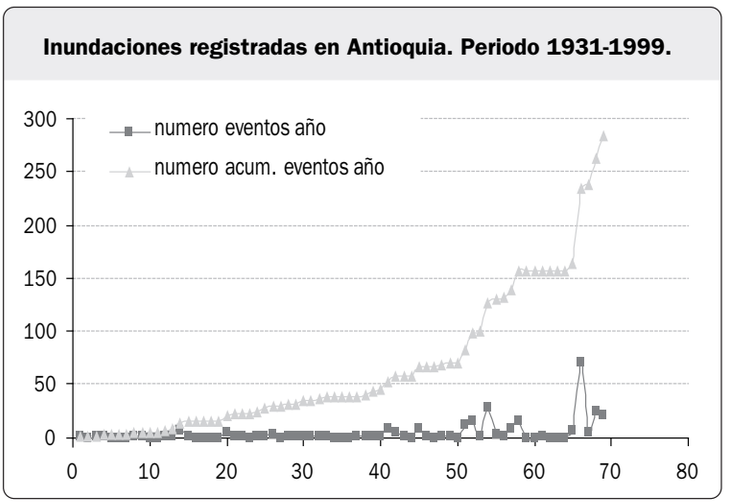



**Los meses de mínima y máxima disponibilidad.**

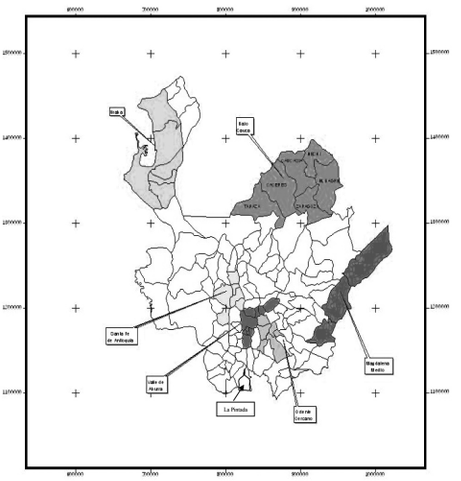



**Precipitación promedio anual en los municipios de la jurisdicción de CORANTIOQUIA y variabilidad espacial intra e intermunicipal de los promedios.**




Fuente: La Red Latinoamericana de Desastres

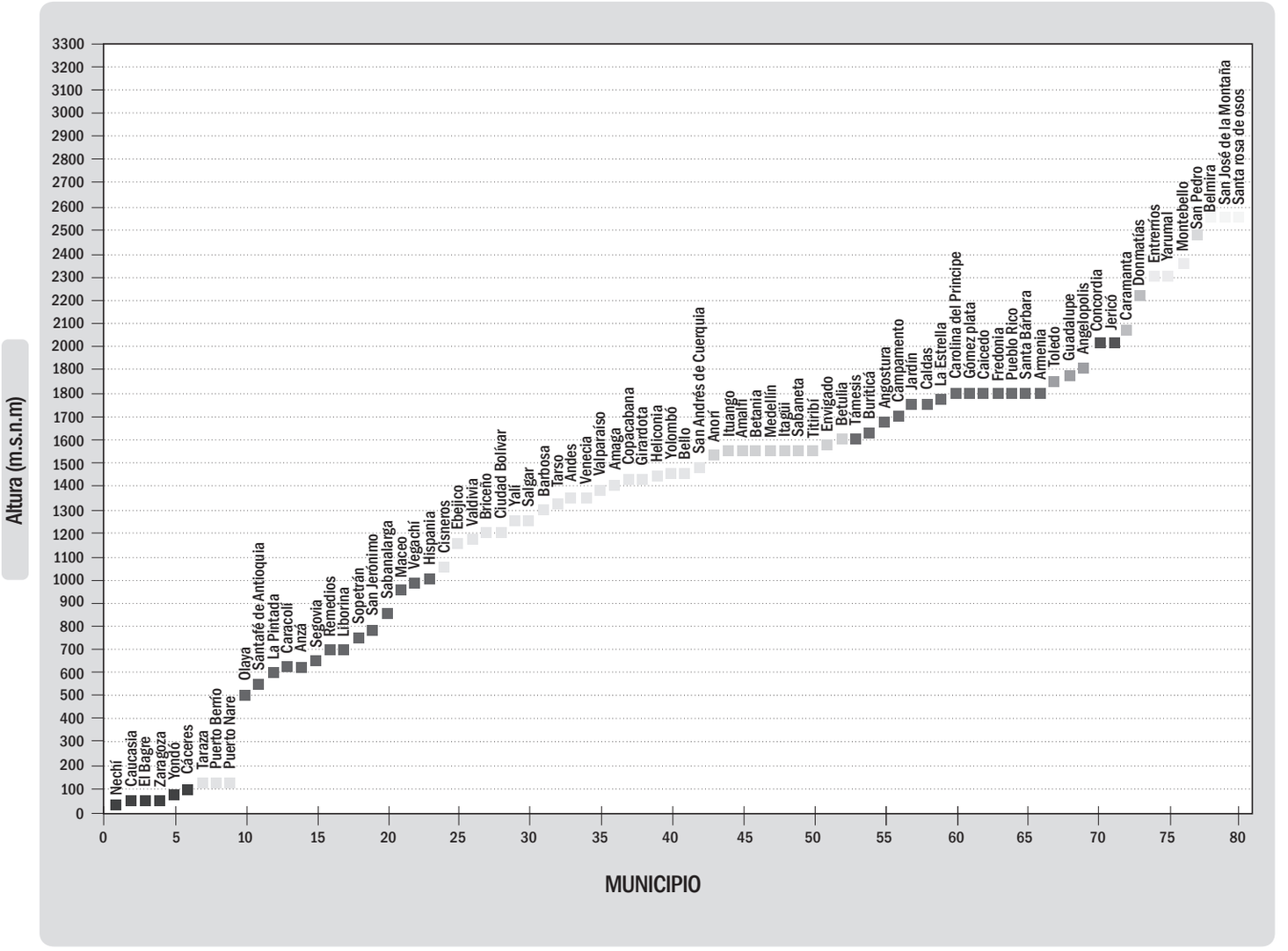
**Inundaciones registradas en Antioquia. Periodo 1931-1999**



**Tomado de: Betancur, V. T. Aguas subterráneas en el Departamento de Antioquia. Inédito.**

**Aguas subterráneas en Antioquia.** Una nota especial merecen las aguas subterráneas, que han constituido en el departamento una realidad ignorada. En principio, un recurso que no se ve es un recurso que no existe, por esto, es una necesidad imperiosa reconocer la existencia de las aguas subterráneas y llevarlas al mismo nivel de reconocimiento que tienen los mares, los ríos, las quebradas, los lagos, las ciénagas, los embalses, las nubes y la lluvia.

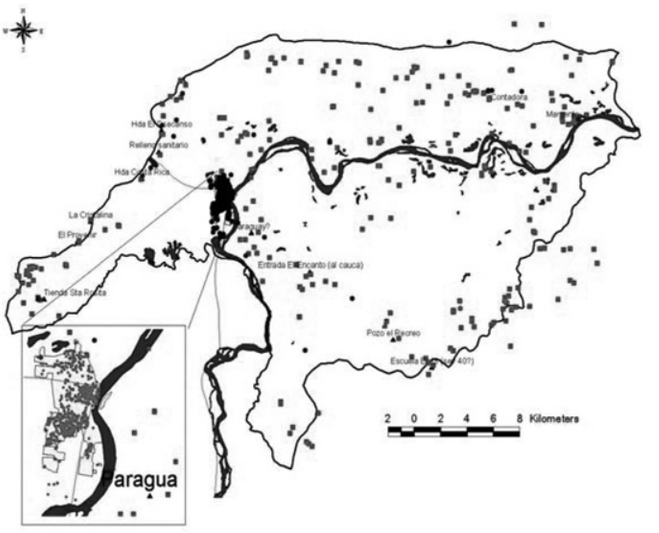
El valor económico de un recurso es función de su escasez o abundancia relativa y del nivel de conocimiento que se tenga de su existencia, de sus propiedades, de sus características especiales, de sus usos reales y potenciales. Es así como el recurso hídrico subterráneo, un recurso invisible, ha sido históricamente ignorado en nuestro medio y sólo se había mirado y analizado el recurso hídrico superficial. A través de los estudios hidrogeológicos que se han adelantado en los últimos cuatro años, se ha conocido que las aguas subterráneas permiten resolver los más graves problemas de escasez no solamente en aquellas zonas donde el agua superficial de buena calidad es escasa, sino también en aquellas donde las demandas del recurso crecen por diversas presiones socioeconómicas y demográficas.




**Distribución altimétrica de las cabeceras de los municipios de CORANTIOQUIA.**

Puede afirmarse, sin temor a equivocaciones, que el agua subterránea constituye un recurso estratégico de incalculable valor. Así lo demuestran en la región del Bajo Cauca antioqueño, las más de 2.000 captaciones, los más de 60.000 usuarios y el uso de más de 12 millones de litros diarios de este recurso.

Los caudales de agua disponibles en las corrientes de agua superficiales dependen, entre otros factores, de la cantidad de agua precipitada –lluvia-, de la evapotranspiración, de la infiltración, de los usos del suelo, de los modos de captación y los sistemas de aprovechamiento existentes. Cada uno de estos factores varía de mes a mes y de año a año, así como de región a región, generando una diversa variabilidad espacial y temporal de los regímenes hidrológicos. De lo anterior se deduce un hecho que evidencia y confirma la realidad: no es posible garantizar de manera permanente un caudal constante en los ríos, arroyos, caños, cañadas y quebradas, como una consecuencia de la naturaleza variable de la lluvia.

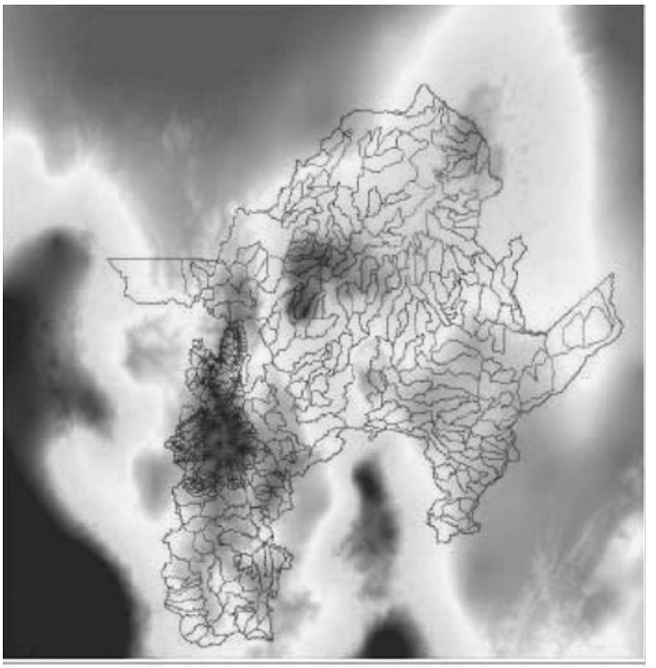


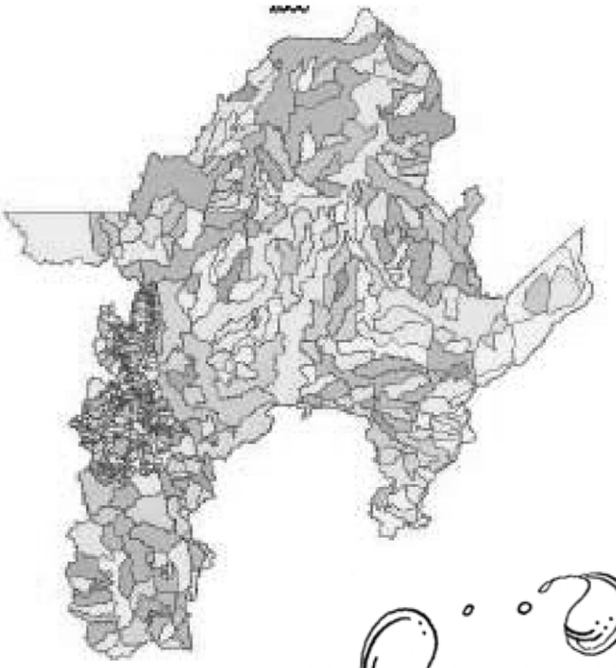

**Captaciones de agua subterránea en el Bajo Cauca antioqueño. U. de A.-CORANTIOQUIA, 2006**

**El conocimiento de los comportamientos y patrones de la lluvia y sus variaciones espacio-temporales, son fundamentales en el proceso de gestión y administración de los recursos hídricos (...)**

La contribución local de la precipitación a la escorrentía da cuenta de la gran variación espacial de las interrelaciones existentes entre las aguas lluvias que caen sobre la superficie del terreno y la evapotranspiración, que a pesar de su carácter menos variable localmente, genera en conjunto con la lluvia el potencial real de escurrimiento hacia las zonas vecinas en virtud de la acción de la gravedad. En regiones como el Occidente Cercano o las zonas situadas en la frontera norte del departamento, esa potencial contribución es baja, mientras en el Occidente Lejano, en fronteras con el departamento de Chocó y en el altiplano oriental, alcanza magnitudes considerables. Sin embargo, cuando se consultan las cifras de escorrentía total para las cuencas más grandes del departamento, las de más de 200 $km^2$, se tienen caudales con magnitudes que varían entre 5 $m^3/s$ y 60 $m^3/s$, esto no es más que un hecho obvio en la dinámica de las cuencas: el agua que se acumula o circula a través de cada punto de una corriente corresponde al aporte local y al agua que proviene de áreas vecinas y de zonas distantes. Estas sumas de aportes configuran para cada municipio las fuentes superficiales que los cruzan y, en muchos casos, abastecen. No puede perderse de vista que a escalas locales existe un gran número de corrientes estacionales que si bien se secan en los veranos, pueden llegar a tener carácter torrencial durante las épocas invernales.

Otras cifras de mayor magnitud aparecen cuando se consideran las grandes arterias: Cauca y Magdalena, que ingresan al departamento con caudales significativos luego de haber recorrido y recogido las aguas de gran parte del territorio andino. En particular para el río Cauca, desde Caramanta, pasando por La Pintada, Bolómbolo, Santa Fe de Antioquia, Tarazá, Caucasia, hasta Nechí; los caudales se incrementan de 800 $m^3/s$ a más de 1.600 $m^3/s$.





**Principales cuencas en la jurisdicción de CORANTIOQUIA y variabilidad en la escorrentía promedio anual**

**La demanda de agua.** El consumo básico mensual de agua potable en Colombia se estima en 20 $m^3$ por vivienda, equivalentes a un consumo per cápita de 133 l/hab/día. El consumo promedio en hogares urbanos alcanza los 200 l/hab/día, mientras que en las zonas rurales es de 120 l/hab/día, lo cual representa un requerimiento poblacional total de 70 $m^3/s$.

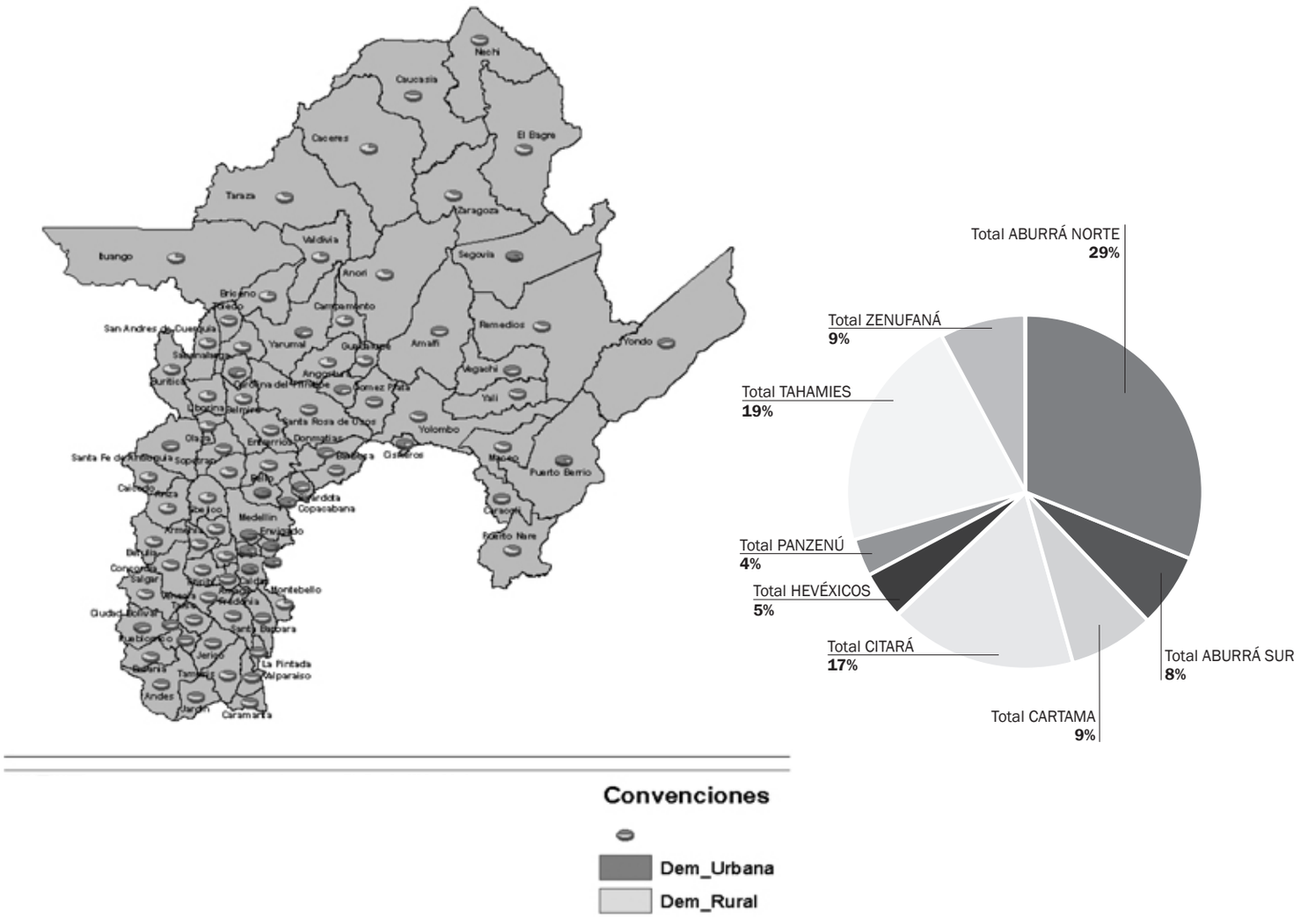
En el ámbito mundial se acepta que el consumo promedio para calidad de vida diaria razonable es de 80 litros por habitante. Según el diagnóstico sectorial para Colombia realizado en el año 2000, la población sin servicio de acueducto alcanzaba los 10,1 millones (25% de la población), la población sin servicio de alcantarillado llegaba a 16,1 millones (40% de la población), de las 750 plantas de tratamiento existentes para ese año, el 50% estaba en mal estado. El consumo de agua por usuario era 30% mayor al estándar nacional de 20 $m^3$; el 52 % del agua que se consume no se contabiliza; únicamente el 48 % del agua se factura y de ésta sólo el 28 % se recauda.

**Según el diagnóstico sectorial para Colombia realizado en el año 2000, la población sin servicio de acueducto alcanzaba los 10,1 millones (25% de la población).**

## Demanda de agua potable
## ámbito urbano y rural concentrado

| Parámetro | Año 1993 m³/s | Año 1998 m³/s | Año 2004 m³/s |
|---|---|---|---|
| Demanda urbana | 70.2 | 81.7 | 98.7 |
| Demanda rural | 13.4 | 13.4 | 13.4 |
| Demanda total | 83.6 | 95.1 | 111.6 |
| **Incrementado 25%** | | | |
| Demanda potable urbana | 93.6 | 108.9 | 130.9 |
| Demanda potable rural | 19.2 | 19.2 | 19.2 |
| Demanda potable total | 112.8 | 128.1 | 150.1 |

**Demanda de agua potable en Colombia. Fuente: Ministerio de Desarrollo. 1996.**




**Demanda hídrica para los 80 municipios que hacen parte de la jurisdicción de CORANTIOQUIA**

# Reflexión final

**Es innumerable la cantidad de citas periodísticas que nos recuerdan –con rigor científico o sin éste-, que la humanidad en su conjunto no marcha bien,** que el desarrollo no va por una ruta sostenible, que la economía ha fracasado, que las políticas y sus directos responsables también, que la sociedad no ha ejercido de manera ética su residencia en la Tierra. Según declaraciones de Philip O'Brien, director regional de UNICEF, con ocasión del Día Mundial del Agua y con la declaración del 2008 como el Año Internacional del Saneamiento; cerca de la mitad de la humanidad carece de saneamiento básico, lo que afecta en pleno siglo XXI a 2.600 millones de personas, situación que representa una grave amenaza para la salud y una ofensa a la dignidad humana. De esa cifra, 980 millones son menores de 18 años, y 280 millones de ellos tienen menos de 5 años, lo que hace de la infancia uno de los sectores más amenazados.

Ante la falta de higiene por no disponer de letrinas, los niños son especialmente vulnerables a enfermedades como la diarrea, que es la segunda causa de mortalidad infantil después de la neumonía y mata cada día a 5.000 menores de 5 años, más de 1,5 millones anuales. De los 120 millones de niños que nacen cada año en el mundo en desarrollo, la mitad vivirá en hogares sin letrinas ni agua. En todo el mundo, sólo el 39% de los habitantes de zonas rurales disponen de servicios de saneamiento, frente a un 80% en las zonas urbanas. Se calcula que, globalmente, más de 200 millones de toneladas de residuos humanos e innumerables millones de toneladas de aguas fecales pasan al torrente de los ríos cada año, lo que supone una fuente infinita de virus, bacterias y parásitos.

No puede decirse bajo ninguna circunstancia, bajo el supuesto peso de ningún argumento reciente, que los problemas que aquejan a la comunidad antioqueña y a la colombiana son el resultado del cambio climático. La historia reciente y la que ha quedado consignada en la frágil memoria así lo confirma. Si nos falta el agua a causa de fenómenos naturales, la solución no estará al alcance de los hombres. No obstante, que el agua falte hoy en nuestras comunidades donde la abundancia del recurso es evidente, resulta nuestra gran responsabilidad. No podemos suponer que el cambio climático es el responsable de la falta de acceso al agua de buena calidad y en cantidad suficiente en nuestros municipios antioqueños, tampoco lo son los desastres y pérdidas humanas debidas a la falta de protección contra las frecuentes inundaciones. Los usos inadecuados e incompatibles con el agua limpia son una consecuencia de nuestras acciones improvisadas, de la contaminación de todo tipo, de la inseguridad que genera el uso de agua de mala calidad, de los sobrecostos asociados a la falta de una planeación que considere criterios de sostenibilidad en el uso del agua; los costos cada vez más elevados para tratar el agua y mitigar en algo su estado de deterioro no son atribuibles al cambio climático, así como tampoco la mala administración y la falta de coordinación interinstitucional y social para atender los asuntos relativos al agua, especialmente a aquellos que se asocian a la escasez o a la abundancia del recurso.

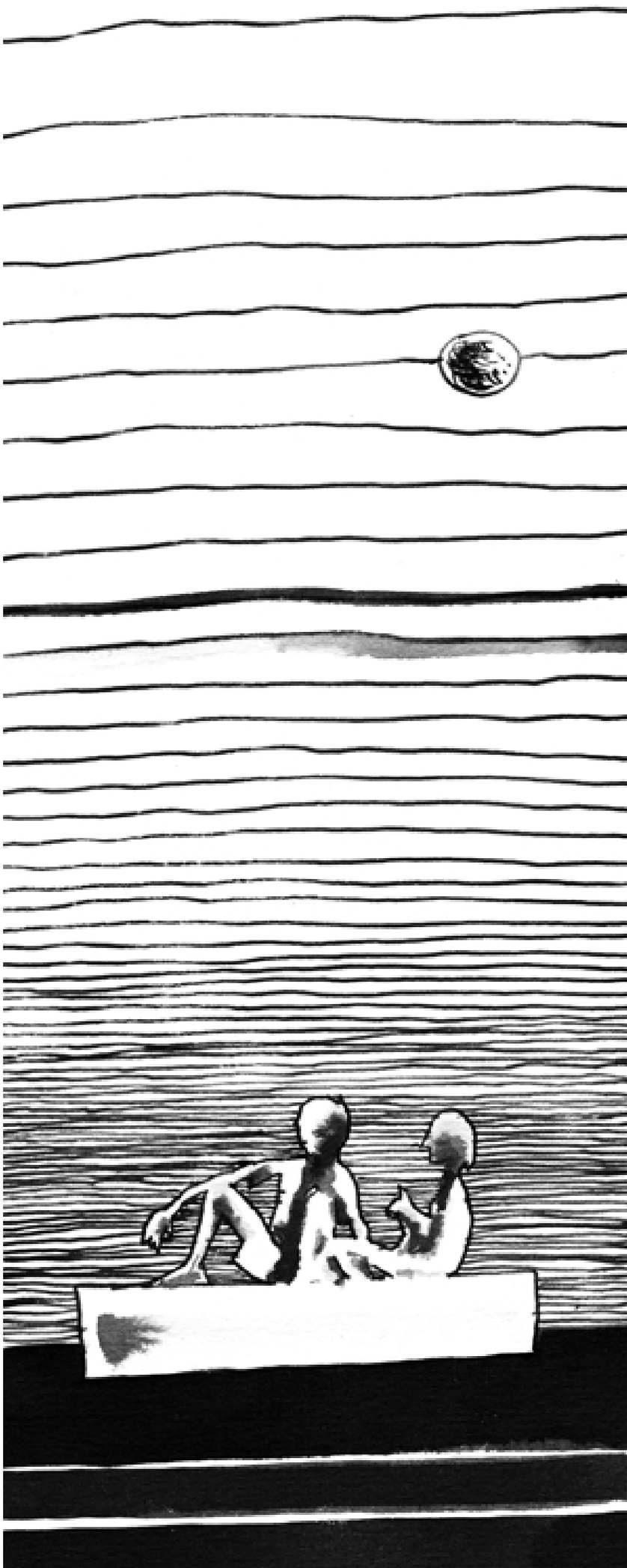
Recordemos que no brindar agua para calmar la sed, es y ha sido una de las peores formas de tortura, que no por causas fortuitas, el agua es el líquido más abundante sobre la Tierra y su presencia es notable inclusive en los desiertos, y en los lugares donde aparece, el verdor, la frescura y la vida, se dan cita concurrente.

Regresemos a las ideas iniciales de este ensayo. Una Tierra con 4.500 millones de años, el milagroso surgimiento de la vida en el planeta hace aproximadamente 3.500 millones de años; los primeros organismos multicelulares –un alga marina- surgieron hace 850

millones de años. Los primeros animales anfibios que comenzaron a colonizar los continentes lo hicieron hace 400 millones de años y el hombre surgió en el último instante, hace apenas un par de millones de años de esta historia, prácticamente transcurrió toda la edad de la Tierra para que éste apareciera; y el hombre moderno, "el industrializado", tiene apenas unas décadas en la escena de esta historia. Pero, este escaso lapso de tiempo ha sido suficiente para poner en peligro y generar una suerte de desorden en el orden –que desconoce- de la naturaleza; de magnitudes y consecuencias reales indeterminables. Ni las tribus humanas más "primitivas" ni los habitantes de la Edad de Piedra ni las hordas de bárbaros ni los incitadores de fuegos; habían logrado a través de sus acciones desencadenar tantos temores colectivos en la especie humana, porque al fin de cuentas el temor de estos cambios que se anuncian –hasta donde puede afirmarse–, son sólo de los humanos, es decir, de los "recién llegados" a este planeta azul de agua que llamamos Tierra.

Las diferentes escalas de los conflictos asociados al agua van desde la doméstica, la local, la veredal, la municipal, la regional; hasta la nacional, la internacional y la mundial. Ahora, si se quiere, trasciende la escala planetaria y los alcances de las naciones "poderosas" se orientan también a descubrir otros mundos con agua o agua en los mundos que se creen además de descubiertos, conocidos. Recientemente he leído en la revista "científica" *Nature*, que en la constelación Vulpecula, la atmósfera de un planeta extrasolar llamado HD189733b, a 63 años luz de distancia de la Tierra, contiene metano y vapor de agua. Investigaciones anteriores sugerían que en su atmósfera podía haber agua, pero que gracias al telescopio Hubble Space, que utilizó una técnica de ondas infrarrojas para determinar el espectro de transmisión, se han captado alteraciones químicas en las condiciones atmosféricas que han permitido a los científicos reunir la información clave para confirmar la presencia de metano y vapor de agua, y los astrónomos calculan que la temperatura de su superficie es de varios cientos de grados.

La información anterior se refiere a un planeta que se ubica a 63 años luz. ¿Qué pretenden informar los científicos con esto? Prefiero no recurrir a las conjeturas, pero ¿cómo pretender calmar nuestra sed o nuestros problemas de escasez de agua con un recurso que se encuentra a 63 años luz y cuya temperatura superficial es de varios cientos de grados? Con la inversión realizada en este proyecto se habría podido mitigar un alto porcentaje de la sed en el planeta. Sólo viene a mi memoria esa cita de Gabriel García Márquez que nos llama a pensar en lo que nunca debemos olvidar, la Tierra es nuestra casa y: "No tenemos otro mundo al cual podernos mudar".



# Comunicación, medio ambiente y cambio climático: retos para Colombia

**Daniel Hermelin Bravo**

**Es difícil hacer que un hombre entienda algo cuando su sueldo depende de que no lo entienda.**
**Upton Sinclair, citado por Al Gore (2007).**

## Introducción

**Los discursos sobre la necesidad de invertir en ciencia y tecnología,** tanto en educación como en investigación y desarrollo, han cobrado cada vez más importancia en las últimas décadas y, a veces, han tomado un cierto carácter repetitivo en los países llamados "no industrializados" como Colombia. Se trata de discursos que han sido promovidos particularmente por organismos multilaterales[1], como es el caso de la UNESCO y la OIE, sin ahondar en los que proponen o trazan políticas macroeconómicas como el Banco Mundial, el FMI, la OMC y el BID. No obstante, estos discursos tienen un eco relativo que se materializa en políticas consecuentes, con variaciones y adaptaciones según los países y los gobiernos de turno. Hay que señalar que en Colombia se trata difícilmente de políticas de Estado: éstas varían según el poder ejecutivo del momento, lo que se traduce en inversiones e incentivos para la ciencia y la tecnología, que cambian de forma aleatoria y que presentan grandes diferencias regionales y locales. El incremento y la posterior disminución, casi continua, en el presupuesto para investigación de una institución como COLCIENCIAS durante los últimos 20 años, es una manifestación de la inconsistencia de las políticas con los discursos mencionados.

Ahora bien, el debate sobre la importancia de invertir en ciencia y tecnología pasa por nuevos filtros. En los países "industrializados", se ha puesto en tela de juicio la relación entre dicha inversión y el progreso. La idea de un progreso "lineal y absoluto" ha sido discutida desde el siglo XIX en los países occidentales u "occidentalizados", especialmente por algunos artistas y filósofos. Pero las críticas a los avances científicos y tecnológicos se han fortalecido desde la primera mitad del siglo XX; críticas provenientes de la academia, los medios de comunicación y la sociedad civil. Mucho tuvo que ver en esto la puesta al servicio de la guerra de dichos avances, como sucedió durante la Primera y la Segunda Guerra Mundial, y posteriormente durante la Guerra Fría. En términos generales, tales críticas en torno a las grandes conquistas de la ciencia y al crecimiento exponencial del desarrollo tecnológico han aumentado, debido en buena medida a que muchos de sus efectos son impredecibles, y también a que tales logros, en ocasiones, benefician sólo a algunas personas, grupos o sectores, en detrimento de la sociedad.

**El debate sobre la importancia de invertir en ciencia y tecnología pasa por nuevos filtros. En los países "industrializados" se ha puesto en tela de juicio la relación entre dicha inversión y el progreso.**

El reconocimiento del deterioro del medio ambiente como un problema planetario está estrechamente relacionado con lo anterior. Dicho deterioro y sus posibles consecuencias, constituyen uno de los casos más representativos de que no todo lo que se hace en ciencia y tecnología mejora la vida de los individuos y de las sociedades, esto ha generado la necesidad de un debate a escala mundial, nacional y local. Una suerte de "conciencia planetaria" sobre los efectos nocivos de la industrialización en el planeta, empezó a generalizarse en la segunda mitad del siglo XX. De esto dan cuenta algunos hechos políticos como la creación del denominado Club de Roma, la reunión en Estocolmo de la Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente Humano, en 1972, y la creación en Estados Unidos de la EPA, *Environment Protection Agency* (Agencia de Protección del Medio Ambiente), en 1970.

Paulatinamente, conceptos como los de recursos renovables y no renovables (el agua incluida), desarrollo sostenible, impacto ambiental, entre muchos otros, dejaron de ser exclusivos de la jerga de científicos y expertos, y entraron en la del gran público. En general, la preocupación por los problemas ambientales ha crecido, con diferencias importantes, claro, según países, regiones y culturas. Tal preocupación se debe en buena parte al rol que han jugado los medios masivos de comunicación en los países "industrializados" y en los "no industrializados", como también a otras formas de comunicación típicas de la educación *no formal*[2]. Esto cobra más relevancia en las sociedades en las que a la educación formal se le ha dado menos prioridad o tiene menos recursos, y en particular para el tratamiento de los temas relacionados con el medio ambiente. En Colombia es común que la educación no formal, y en especial la ejercida por los medios de comunicación, supla las carencias de la escuela, el bachillerato y la educación superior. Sin embargo, esto no se asume necesariamente como una responsabilidad, y muchos periodistas o directores de medios no se plantean o eluden los límites entre la formación y la información. Aún más, el límite entre información y entretenimiento se vuelve cada vez más difuso, como lo explica Martini (2000).

1 **Ver, por ejemplo, Gómez Buendía (1998).**

2 **Entre académicos y expertos se ha dado la discusión sobre el uso del calificativo "no formal", y usan también el de "informal". Algunos, como Raichvarg (2004), arguyen que esto implica que se le considere a la educación que se sale del aula de clase como "sin forma". No entramos en dicha discusión, simplemente utilizamos aquí esta denominación para referirnos a la educación no escolarizada.**

## Medio ambiente y paradigmas del *desarrollo*

**Para conocer la transformación de las representaciones sociales** sobre la relación entre medio ambiente, ciencia y tecnología, hay que considerar el papel que han tenido los desastres de origen natural y artificial, y, en general, el aumento en la percepción de riesgos. En este sentido, los desastres de plantas nucleares como el caso de Three Mile Island en Estados Unidos, en 1979, o la catástrofe de Chernobyl en la antigua Unión Soviética, en 1986, se convirtieron en acontecimientos coyunturales. El primero, más que efectos reales graves generó un considerable pánico colectivo en y allende los Estados Unidos; y el segundo, dejó varias decenas de víctimas directas y afectó, y afecta, la vida de miles de personas en varias regiones de Europa del Este. Por lo demás, las consecuencias inmediatas y a mediano y largo plazo, interesaron a los medios masivos de comunicación, en especial en los países "industrializados". Sin duda, acontecimientos puntuales de este tipo han tenido un impacto importante en los imaginarios colectivos, pero también otros de orden nacional y local, ligados especialmente a la contaminación. El papel ejercido por los medios masivos de comunicación ha sido clave en dichos imaginarios, y en los que la crítica al desarrollo científico y tecnológico sin precauciones no se ha hecho esperar.

Durante las últimas décadas, hechos de mediana y larga duración han puesto en primer plano los problemas ambientales. Es el caso de la desaparición gradual de la capa de ozono en la alta atmósfera y del fenómeno denominado calentamiento global. El primero ha llevado a medidas importantes a escala internacional, como las restricciones en el uso de CFC (cloro-fluoro-carbonos, sustancias que se utilizaban en muchos productos en forma de aerosoles); el segundo, ha sido un fenómeno del que mucho se ha hablado, pero que sólo desde la reunión de febrero de 2007 en París, ha sido aceptado oficialmente por los representantes gubernamentales de la comunidad científica internacional y por organismos políticos multilaterales como la ONU. De otro lado, los desastres naturales, siempre "atractivos" para los medios de comunicación y, por supuesto, para el público, parecen relacionarse cada vez más con responsabilidades humanas, ya no sólo en cuanto a las normas de prevención, sino en el origen mismo de los acontecimientos. En el caso de la ola de huracanes de 2005 en el Caribe, sin precedentes en la historia reciente, se ha insistido en las relaciones con el cambio climático.

**Los desastres naturales, siempre "atractivos" para los medios de comunicación y, por supuesto, para el público, parecen relacionarse cada vez más con responsabilidades humanas, ya no sólo en cuanto a las normas de prevención, sino en el origen mismo de los acontecimientos.**

Estos elementos han tenido repercusiones mediáticas importantes, muchas veces alarmistas, que si bien no son definitivas, tampoco pueden desvincularse de transformaciones políticas y sociales, en los países "industrializados" y en los "no industrializados". Un ejemplo significativo de dichas

transformaciones políticas y sociales ha sido la creación de ministerios o de otras instituciones de carácter nacional, cuyo objetivo tiene que ver con velar por la conservación del medio ambiente, y el buen aprovechamiento de los recursos se hizo más común. Esto rápidamente dejó de ser una prioridad únicamente de los países del "Norte", los países del "Sur" también han tomado medidas en las últimas décadas. Colombia, por ejemplo, a partir de la Ley 99 de 1993 creó el Ministerio del Medio Ambiente[1].

Un ejemplo en este sentido, es el que tiene que ver con la creación y proliferación de partidos políticos "verdes" en muchos países; en "grandes potencias" como Alemania, estos partidos han llegado a tener tanta fuerza que se han vuelto decisorios para formar coaliciones de gobierno. Otro ejemplo, tiene que ver con las organizaciones más o menos estructuradas, propias de la sociedad civil. Éstas pueden ir desde las que surgen a partir o en pro de protestas y manifestaciones físicas y virtuales, de carácter más o menos espontáneo, hasta las ONG de la más diversa índole: locales, regionales e internacionales, con presencia en los cinco continentes, como es el caso de *Green Peace*[2]. Dichas organizaciones, bien se sabe, cumplen con tareas a veces de colaboración; a veces, en contracorriente con el Estado; tareas que éste no cumple, porque no alcanza, porque no puede, o, simplemente, por falta de interés.

En este punto, vale la pena detenerse en dos fenómenos, la prevención y el consumo desde un punto de vista político y social. La prevención es muy propia de las sociedades "industrializadas"[3]; el desarrollo del capitalismo ha ido a la par con políticas y actitudes cotidianas propias de un fuerte control a todo lo que tiene que ver con un futuro incierto (de hecho, muchos desarrollos en ciencia y tecnología responden a esa necesidad). No obstante, el incremento desaforado del consumo en los países "industrializados" y en algunos segmentos de los "no industrializados", ha traído consecuencias ineluctables desde el punto de vista del deterioro del medio ambiente (de suerte que dicho incremento se da a menudo en detrimento de los avances en la prevención). El consumo de servicios y de bienes materiales es cada vez más desproporcionado, aún más si se comparan los primeros países con los segundos.

**Es evidente que logros (de tipo científico y tecnológico) no necesariamente llevan a mejores condiciones de vida de las sociedades, en relación con ellas mismas y con su entorno.**

Cabe señalar que las consecuencias no han sido sólo de índole económica y ambiental: el consumo excesivo se ha convertido a la vez en causa y en consecuencia de una problemática psicosocial que tiene que ver con las carencias afectivas. El individualismo patológico, eso que podríamos llamar "la soledad de las personas no por elección sino por imposición", que se ha vuelto común en algunas sociedades, o sectores de la

1 **Que en el último gobierno se ha fusionado con otras carteras, y ha dado lugar al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.**

2 *Green Peace* **es considerada por muchos como más cercana al** *ecologismo* **que a la** *ecología*. **Una diferencia importante se puede encontrar en Margalef (1992). Mientras el ecologismo suele ser cercano a movimientos radicales y a menudo se aproxima al fundamentalismo, la ecología es, en términos rigurosos, una rama de las ciencias naturales que se apoya en aproximaciones transdisciplinarias.**

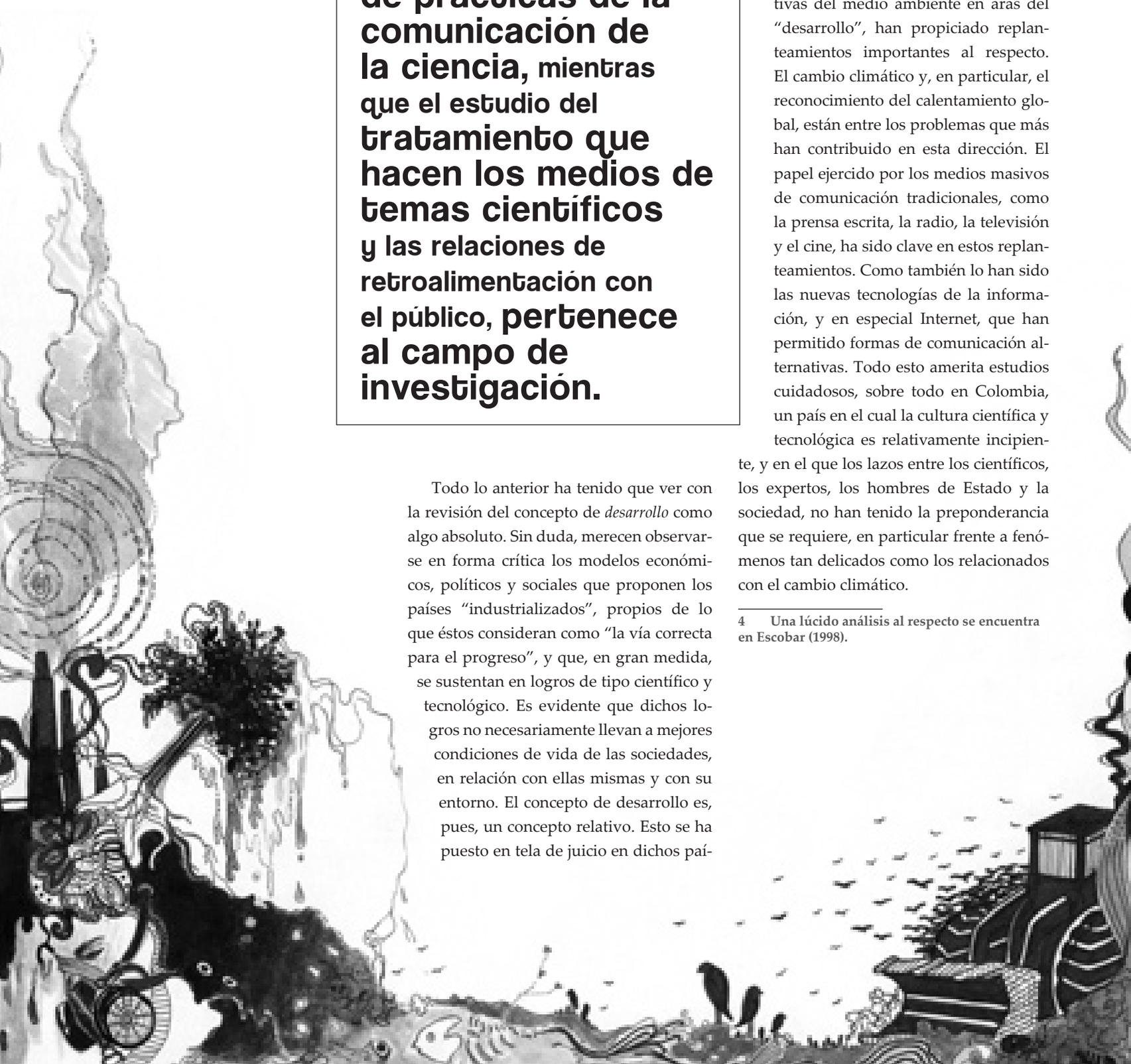
3 **No en vano se ha desarrollado una reflexión importante en las dos últimas décadas en estos países sobre las relaciones entre la sociedad y el riesgo, uno de cuyos representantes más importantes es el sociólogo teórico alemán Ulrich Beck. (Ver Beck, 1998).**

sociedad, pareciera resolverse o atenuarse con el consumo desmesurado de dichos bienes y servicios (ver, por ejemplo, Le Breton (1995)).

**(...) el ejercicio del periodismo científico pertenece al campo de prácticas de la comunicación de la ciencia, mientras que el estudio del tratamiento que hacen los medios de temas científicos y las relaciones de retroalimentación con el público, pertenece al campo de investigación.**

Todo lo anterior ha tenido que ver con la revisión del concepto de *desarrollo* como algo absoluto. Sin duda, merecen observarse en forma crítica los modelos económicos, políticos y sociales que proponen los países "industrializados", propios de lo que éstos consideran como "la vía correcta para el progreso", y que, en gran medida, se sustentan en logros de tipo científico y tecnológico. Es evidente que dichos logros no necesariamente llevan a mejores condiciones de vida de las sociedades, en relación con ellas mismas y con su entorno. El concepto de desarrollo es, pues, un concepto relativo. Esto se ha puesto en tela de juicio en dichos países, a pesar de que muchas de las políticas que sus dirigentes promueven digan lo contrario; en especial aquellas diseñadas para lo que han denominado "el Tercer Mundo"[4] (Tal denominación, hay que agregar, es cercana al "eurocentrismo", una creencia, muy propia del siglo XIX, de que la cultura occidental es la cultura superior y es siempre digna de imitación).

Es claro que las alteraciones negativas del medio ambiente en aras del "desarrollo", han propiciado replanteamientos importantes al respecto. El cambio climático y, en particular, el reconocimiento del calentamiento global, están entre los problemas que más han contribuido en esta dirección. El papel ejercido por los medios masivos de comunicación tradicionales, como la prensa escrita, la radio, la televisión y el cine, ha sido clave en estos replanteamientos. Como también lo han sido las nuevas tecnologías de la información, y en especial Internet, que han permitido formas de comunicación alternativas. Todo esto amerita estudios cuidadosos, sobre todo en Colombia, un país en el cual la cultura científica y tecnológica es relativamente incipiente, y en el que los lazos entre los científicos, los expertos, los hombres de Estado y la sociedad, no han tenido la preponderancia que se requiere, en particular frente a fenómenos tan delicados como los relacionados con el cambio climático.



**4 Una lúcido análisis al respecto se encuentra en Escobar (1998).**

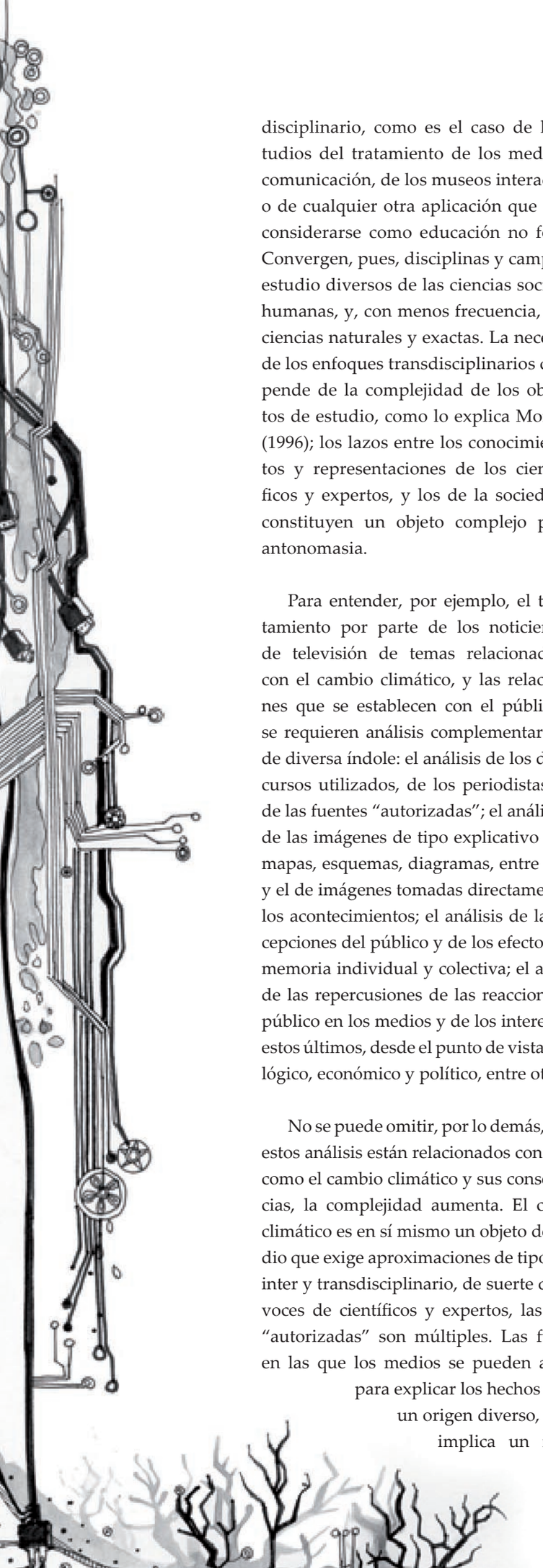
**Fortalecer la comunicación de tipo crítico ha sido, y debe ser, particularmente importante si se trata del medio ambiente y de factores apremiantes como los efectos del calentamiento global y, en general, del cambio climático.**

## Cambio climático y comunicación de la ciencia y la tecnología

**La comunicación de la ciencia y la tecnología** se ha constituido desde la segunda mitad del siglo XX en un campo de estudio y de investigación, y ha dejado de ser sólo un campo de prácticas o de aplicaciones. Este campo se ocupa de las relaciones entre los conocimientos y las representaciones de los científicos y los expertos, y los conocimientos y las representaciones de la sociedad. Como lo explica Hermelin (2007b), este campo se ha desarrollado poco en Colombia, sobre todo en estudio e investigación, pues en el ámbito de prácticas ha habido avances más significativos. Por otra parte, es necesario diferenciar las dos instancias, no como pares excluyentes sino como pares complementarios. Utilicemos un ejemplo ilustrativo: el ejercicio del periodismo científico pertenece al campo de prácticas de la comunicación de la ciencia, mientras que el estudio del tratamiento que hacen los medios de temas científicos y las relaciones de retroalimentación con el público, pertenece al campo de investigación.

Es claro que el diálogo entre "los que ejercen" y "los que investigan" será siempre provechoso, aunque no siempre aparezca como un camino expedito. Inclusive, muchos aportes se han dado desde grupos o personas que han trabajado en ambos campos a la vez. Quienes conciben y diseñan las experiencias de un museo interactivo de la ciencia y la tecnología (como *Maloka* en Bogotá o el *Parque Explora* en Medellín) deberán apelar tanto a la práctica y la aplicación en la comunicación de la ciencia y la tecnología, como a la investigación. No es razonable que, por ejemplo, los sociólogos de la ciencia o los epistemólogos nunca se interesen por este tipo de proyectos, como tampoco lo es que quienes conciben, diseñan y velan por el buen funcionamiento de experiencias interactivas de esta naturaleza, nunca se preocupen por consultar a los primeros. Consolidar las relaciones entre ambos es fundamental para el desarrollo de cada uno de los campos, pero, más que eso, es fundamental para la sociedad.

Ahora bien, la comunicación de la ciencia y la tecnología, como campo de investigación, se ocupa de objetos de investigación que requieren aproximaciones y enfoques de carácter trans-



disciplinario, como es el caso de los estudios del tratamiento de los medios de comunicación, de los museos interactivos, o de cualquier otra aplicación que pueda considerarse como educación no formal. Convergen, pues, disciplinas y campos de estudio diversos de las ciencias sociales y humanas, y, con menos frecuencia, de las ciencias naturales y exactas. La necesidad de los enfoques transdisciplinarios depende de la complejidad de los objetos de estudio, como lo explica Morin (1996); los lazos entre los conocimientos y representaciones de los científicos y expertos, y los de la sociedad constituyen un objeto complejo por antonomasia.

Para entender, por ejemplo, el tratamiento por parte de los noticieros de televisión de temas relacionados con el cambio climático, y las relaciones que se establecen con el público, se requieren análisis complementarios de diversa índole: el análisis de los discursos utilizados, de los periodistas y de las fuentes "autorizadas"; el análisis de las imágenes de tipo explicativo (como mapas, esquemas, diagramas, entre otras), y el de imágenes tomadas directamente de los acontecimientos; el análisis de las percepciones del público y de los efectos en la memoria individual y colectiva; el análisis de las repercusiones de las reacciones del público en los medios y de los intereses de estos últimos, desde el punto de vista sociológico, económico y político, entre otros.

No se puede omitir, por lo demás, que si estos análisis están relacionados con temas como el cambio climático y sus consecuencias, la complejidad aumenta. El cambio climático es en sí mismo un objeto de estudio que exige aproximaciones de tipo intra, inter y transdisciplinario, de suerte que las voces de científicos y expertos, las voces "autorizadas" son múltiples. Las fuentes en las que los medios se pueden apoyar para explicar los hechos tienen un origen diverso, lo que implica un mayor reto para los periodistas. Aún más si se trata de hechos que oscilan entre la inmediatez, como por ejemplo los efectos y variaciones de las olas invernales; y los de mediana y larga duración, como el aumento de $CO_2$ en la atmósfera, sus implicaciones en el efecto invernadero, y las implicaciones de éste en el aumento de la temperatura promedio de la superficie de la Tierra.

**Si bien en Colombia se han hecho avances importantes en la comunicación de la ciencia y la tecnología (...), los aportes hacia una comunicación crítica tal vez no son los más halagüeños.**

La complejidad varía igualmente para la práctica y la investigación de otras formas de comunicación de la ciencia y la tecnología, en relación con el cambio climático. No es igual hacer un taller para niños sobre un fenómeno propio de una disciplina, que cuando se trata de un fenómeno del que se ocupan diversas disciplinas. No quiere decir que intentar hacer una experiencia, por ejemplo de mecánica de fluidos, sea más sencillo que explicar la simbiosis de un ecosistema y sus alteraciones como consecuencia de algún fenómeno propio del cambio climático. Pero es muy probable que en el segundo caso se requieran muchas más herramientas, más experiencias y una pluralidad de enfoques para abordar los problemas.

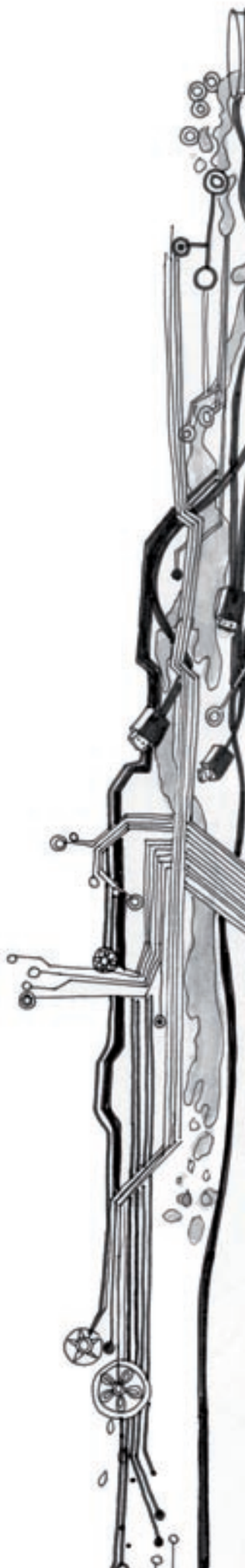
Ahora bien, en la deriva de la comunicación de la ciencia y la tecnología como campo de prácticas hacia uno de investigación, en la segunda mitad del siglo XX, ha tenido

mucho que ver una comunicación de tipo crítico. Allí ha residido una preocupación permanente de los que están implicados en ambos campos, porque el público y los científicos y expertos tomen distancia frente a los avances, de suerte que se tomen posiciones y decisiones que vayan en beneficio de la sociedad. Es importante señalar lo siguiente: que la sociedad tenga elementos de juicio para debatir los avances en ciencia y tecnología es provechoso para todas las partes. En este caso, el paso de una democracia representativa a una democracia participativa deja de ser una vana retórica, en la medida en que se acerca a un ideal: que la sociedad pueda velar sobre la inversión de los recursos, más si son públicos, y sobre las restricciones para el beneficio público y privado. En este ideal la sociedad se vuelve una aliada ineludible para científicos y expertos, y también para el sector privado y para el Estado.

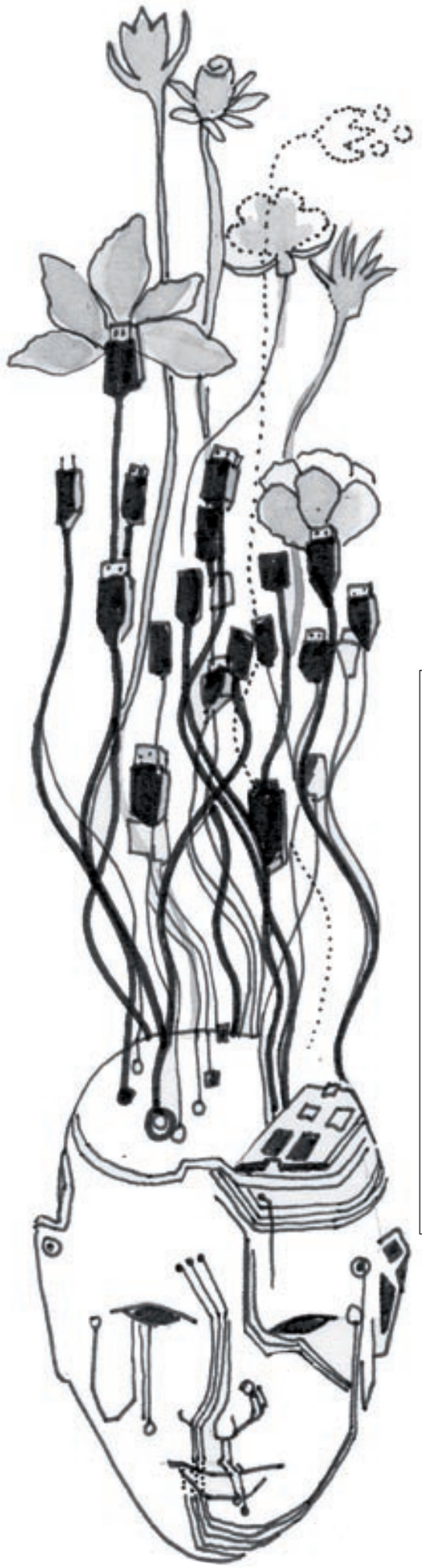
Fortalecer dicha comunicación de tipo crítico ha sido, y debe ser, particularmente importante si se trata del medio ambiente, y de factores apremiantes como los efectos del calentamiento global, y, en general, del cambio climático. Sin embargo, los avances al respecto varían mucho de un contexto a otro, de una cultura o un país a otro. Estas diferencias se aprecian, por ejemplo, entre "las potencias representativas de la cultura occidental". A pesar de los vaivenes políticos en Europa, las posiciones de la Unión Europea han sido más o menos consistentes en cuanto a las normas y leyes ambientales. Pero no se trata sólo de posiciones de los entes estatales, se trata de posiciones con fuerte participación de la sociedad civil. No sucede lo mismo en los Estados Unidos: tras los ocho años del gobierno de B. Clinton, el gobierno del presidente G. W. Bush no ratificó el tratado de Kyoto, y ha tenido una de las políticas consideradas como "de mayor retroceso" en relación con el respeto por el medio ambiente, más acentuadas aún durante el periodo en el que hubo mayoría republicana en el congreso.

Es en ese contexto que el trabajo liderado por Al Gore, ex vicepresidente durante el periodo Clinton, ha tomado más fuerza. Dicha labor, que ha tenido como eje central una comunicación crítica de la ciencia y la tecnología, ha logrado inmensas repercusiones en los Estados Unidos y en el ámbito mundial. El Premio Óscar a su documental *Una verdad incómoda*[5] y, sobre todo, el Premio Nobel de la Paz que le fue otorgado en 2007, son una muestra de ello. Se trata de un caso significativo en el que los diferentes actores sociales han participado o han procurado participar. Un proceso como éste parece orientarse hacia una "verdadera" comunicación, es decir, una interacción, un diálogo, un intercambio, una retroalimentación. No se trata de hacer aquí una apología ingenua de esta iniciativa, pues es obvio que no hay emisor neutral: el emisor por definición tiene intenciones, y más si tiene la investidura de, por ejemplo, Al Gore. Pero hay que resaltar los efectos que ese proyecto ha tenido desde el punto de vista de abrir un espacio de gran alcance internacional, con una invitación constante a la enorme gama de actores para que debata y actúe.

**Los estudios de recepción muestran cómo el público toma posiciones, y considerar que es pasivo y pusilánime, por no decir tonto, es una generalización a la que se llega fácilmente (...)**



5 **Del que hay también un libro, (Gore, 2007) con fotos, frases, informaciones impactantes, y cuyo subtítulo en español es** *La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla*.



Es preciso anotar que, si bien en Colombia se han hecho avances importantes en la comunicación de la ciencia y la tecnología -sobre todo como campo de prácticas, y aún en ciernes, como campo de investigación- los aportes hacia una comunicación crítica tal vez no son los más halagüeños (Hermelin, 2007b). La manera cómo la ciencia y la tecnología entran en los procesos de comunicación, y en especial a través de los medios de comunicación de masas, muchas veces carece de rigor, e incluso parece estar cercana a un tono propio de la idea de desarrollo como un absoluto. Tales carencias merecen más atención en lo que concierne a los problemas ambientales, y, en especial, al cambio climático, pues, evidentemente las consecuencias están relacionadas con la supervivencia de comunidades enteras, y con una responsabilidad planetaria.

**Aunque en algunos periódico existen secciones permanentes que se ocupan del medio ambiente y del clima, rara vez están en las primeras páginas, y no parecen muy comunes los debates ni las explicaciones detalladas sobre dichos fenómenos (...)**

## Medios de comunicación en Colombia y cambio climático

**En Colombia el papel que desempeñan los medios de comunicación** en la relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, es un objeto de estudio que ofrece grandes desafíos para los investigadores y los periodistas. En el caso particular del cambio climático hay un camino largo por recorrer. Este tema ha empezado a cobrar alguna importancia en la información noticiosa, y los medios en ocasiones empiezan a hacer explícitas algunas relaciones entre las catástrofes naturales y los posibles impactos del cambio climático global, por ejemplo. Pero hay que señalar que es poco el espacio que se da para un tratamiento periodístico más "profesional", como lo requiere un problema de esta índole. Los espacios para el debate detenido no son constantes en los medios colombianos, en especial en los medios nacionales privados.

Pareciera, pues, como si tuviéramos que aceptar la lúcida idea en la que el gran teórico de la comunicación en Colombia, Jesús Martín-Barbero, viene insistiendo desde hace algunos años: ya que en los medios masivos de comunicación nuestros de mayor audiencia, tiraje o pauta publicitaria, no hay un interés en el tratamiento cuidadoso, riguroso y contextualizado de la información, es necesario seguir impulsando cada vez más los medios de carácter alternativo, nacionales, regionales y locales. Aprovechar justamente, y valga la redundancia, su carácter alternativo, pues en éstos no es la inmediatez la que domina, ni la preponderancia de "la chiva", ni la búsqueda del mayor impacto en el espectador, entre otras cosas.

No se trata tampoco de inculpar a los medios masivos privados o más poderosos: sus dueños y directivas siempre podrán escudarse en el mismo lugar común "nosotros le damos al público lo que el público pide", y, claro, el público pide lo que le dan. Algo que ha sido verificado en buena medida con el desarrollo de los estudios de recepción de los medios, en especial desde los años setenta, a partir de muchos trabajos y enfoques en diferentes escuelas, como lo explican A. y M. Mattelart (1997). Sin embargo, el círculo vicioso

no es tan sencillo de cerrar. Los estudios de recepción muestran cómo el público toma posiciones, y considerar que es pasivo y pusilánime, por no decir tonto, es una generalización a la que se llega fácilmente; y en esto caen muchos periodistas, propietarios y directores de medios, e, igualmente, sus críticos más acérrimos. Los mecanismos son, pues, más complejos, y no puede obviarse el papel que juega todo el contexto de la comunicación. La importante acogida y proliferación de muchos medios alternativos habla en este sentido; también el desarrollo y la expansión de las nuevas tecnologías de la información, como Internet o el uso del celular, lo que ha redefinido los alcances tradicionales de la comunicación de masas.

Pero vale la pena detenernos ahora en algunos ejemplos concretos, que den más elementos para lo que se ha discutido. Un hecho de gran trascendencia como el de la cumbre mundial sobre calentamiento global, que culminó en París en febrero de 2007, desapareció rápidamente de los periódicos de mayor tiraje en Colombia. En general, es preciso estudiar desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo el cubrimiento que la prensa escrita le da al cambio climático y a los fenómenos relacionados con él. Lo cierto es que, aunque existen secciones permanentes en algunos periódicos que se ocupan del medio ambiente y del clima, rara vez están en las primeras páginas, y no son muy comunes los debates ni las explicaciones detalladas sobre dichos fenómenos, como sucede en general con las secciones dedicadas a temas científicos. No obstante, la prensa escrita suele considerarse el medio que le ofrece más espacio a este tipo de tratamientos, por su relación con el tiempo, y, particularmente, en contraste con la televisión. Pero las nuevas dinámicas mediáticas vienen haciendo transformaciones radicales al respecto, en la prensa colombiana y de muchos países (Las directivas de *Le Monde* de Francia, uno de los diarios más prestigiosos en el ámbito internacional, y que más se ha caracterizado por el tratamiento riguroso de sus informaciones, argumentaron a principios de 2006 la necesidad de un cambio de este tipo, "en aras de una mayor cercanía y agilidad para servir mejor a sus lectores").

**(...) en los medios colombianos es frecuente la aparición de elementos propios de los discursos religiosos, que a menudo se combinan con las fuentes de tipo científico (...)**

En cuanto a la radio y la televisión y su tratamiento de temas relacionados con el cambio climático, los espacios para la argumentación y las explicaciones con la colaboración de científicos y expertos no son frecuentes -a veces inexistentes- en las grandes cadenas colombianas. Y no lo son ni dentro de los noticieros ni en los programas propios de debate, siempre más ocupados con los temas políticos y de orden público. (Con la particularidad de que en las dos grandes cadenas de televisión nacionales y privadas, Canal Caracol y Canal RCN, los programas de debate -o al menos de entrevistas con "fuentes expertas"- son después de la media noche, es decir, al final de la franja Triple A o *Prime Time*). El contraste es marcado con canales de televisión regionales y locales que se consideran alternativos, como Teleantioquia, Telemedellín o Canal U. Si se observa el caso del canal regional Teleantioquia, en relación con la cantidad y calidad de programas sobre cambio climático emitidos durante 2007, aparece un desafío interesante para nuestros periodistas, en particular para los que laboran en los grandes medios de comunicación, nacionales y privados.

Ahora bien, es quizás, como se mencionó antes, a partir de acontecimientos como los desastres naturales cuando más se hace alusión directa o indirecta a algunas relaciones con los fenómenos del cambio climático, y, particularmente, en la televisión, en la que aparecen voces distintas a las de los periodistas o se intercalan discursos e imágenes propias de la divulgación científica. Sin embargo, como lo muestra Hermelin (2007a), el acercamiento a este tipo de acontecimientos con la ayuda de fuentes directas o indirectas, particularmente en la televisión, genera muchos interrogantes. El papel de los medios colombianos frente a la escalada de desastres naturales del año 2005 fue significativo. Esta escalada empezó con las consecuencias del tsunami del Sudeste Asiático, el 29 de diciembre de 2004 (uno de los peores desastres de los que se tenga registro), que tuvo una de las temporadas de huracanes más catastróficos de la historia, entre ellos el huracán Stam y el huracán Katrina, y en el que ocurrieron sismos como el de Pakistán, con decenas de miles de muertos y millares de damnificados, entre muchos otros, por ejemplo los ocasionados por la ola invernal en Colombia. En algunos medios colombianos se habló de algo así, incluso en estos mismos términos: "la Tierra parece estar viva", en una conexión de hechos sin ningún asidero científico comprobado (como entre un terremoto y la ola de huracanes), en un tipo de discurso un tanto cercano al fatalismo.

Aún más, en los medios colombianos es frecuente la aparición de elementos propios de los discursos religiosos, que a menudo se combinan con las fuentes de tipo científico; se intercalan explicaciones de expertos y científicos, con frases típicas como la de "castigo divino" para adjetivar esta clase de acontecimientos. Es fácil inferir que a partir de este tratamiento de las informaciones, los medios poco contribuyen a dar elementos de juicio, o mejor que sus efectos están ligados a una fuerte confusión del público. Por otra parte,

el hecho de que prevalezcan explicaciones religiosas, puede servir de ayuda para la catarsis individual y colectiva, y no se puede desconocer su valor cultural. Pero poco se contribuye a la prevención. Para enfrentar una ola de huracanes, que afecte la Costa Caribe colombiana, con consecuencias en las olas invernales que azotan nuestro país, y cause estragos a poblaciones enteras; no es suficiente con rezar por los muertos y por lo que se padeció en desastres anteriores.

**Diferentes estudios han mostrado que el sensacionalismo muchas veces contribuye al olvido de los acontecimientos, y esto a su vez, a la falta de prevención.**

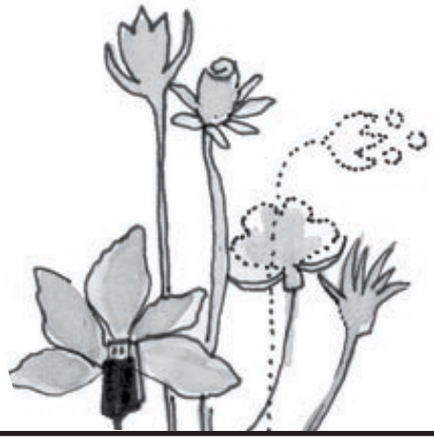
Otra característica del manejo de este tipo de noticias en los medios colombianos y, particularmente, en los de mayor sintonía, es el acercamiento a los acontecimientos de una forma muy emotiva, sin la posibilidad de tomar distancia de los mismos, que muchas veces raya en la práctica que conocemos como sensacionalismo. Los fenómenos ligados al cambio climático a menudo son objeto de dicha práctica. No obstante, el problema del sensacionalismo no es simplemente, como muchos suelen decir, que el público se insensibilice. Tal vez el problema más delicado radica en sus repercusiones en la memoria individual y colectiva. Diferentes estudios han mostrado que el sensacionalismo muchas veces contribuye al olvido de los acontecimientos, y con ello a la falta de prevención. Si a esto se suma la falta de herramientas que le permitan al público poner en contexto la información, los efectos pueden ser mayores. Tal ausencia de contexto genera, siguiendo a Barthes (1970), algo así como un efecto mitificador de los acontecimientos, es decir, cuando los acontecimientos se toman de forma aislada, sin descripciones de su relación cultural, histórica, geográfica, entre otras; entran en una suerte de anacronismo. Como un mito o un dios, para creer en él no hay que preguntarse por su origen y su fin; justamente al ser origen y fin de algo o de todo, se toma como punto de partida para la credibilidad[6].

Los retos para periodistas e investigadores son grandes, en especial para tratar temas como los relacionados con el cambio climático. Hay prácticas, algunas muy arraigadas, que merecen discutirse y reevaluarse, como las que están ligadas con lo mencionado anteriormente[7]. Ahora, hay una reflexión que vale la pena resaltar, que ha hecho, entre otros, el gran semiólogo Umberto Eco (2002). Tiene que ver con cómo la ciencia y la tecnología se relacionan con la magia. Los hechos tecnológicos nos son tangibles, hacen parte de nuestra cotidianidad, y al familiarizarnos con ellos se nos olvida todo su trasfondo (sabemos cómo enviar un correo electrónico, y nos podemos exasperar si se nos bloquea el envío; pero la gran mayoría no sabemos sobre el *hardware* y el *software* que nos permiten hacerlo). La ciencia, en cambio, se nos hace más distante e incluso inabordable. Pero se nos olvida que la tecnología es una especie de caja negra que no conocemos, y es a menudo la ciencia la que nos la puede explicar. Esta reflexión puede ser bastante sugerente a la hora de pensar en cómo comunicar el cambio climático.

---

**6 No es necesario para que un cristiano crea en Jesucristo y su resurrección, saber qué significó en la historia del cristianismo el hecho de que Constantino la convirtiera en la religión oficial del Imperio Romano. O sea, que dejara de ser una doctrina sólo de los excluidos, para volverse también una doctrina de los poderosos.**

**7 Para el caso específico de cómo abordar el problema de los prejuicios mutuos entre los científicos y los periodistas, puede verse De Cheveigné (1997), o Hermelin (2007b).**



## Conclusión

La comunicación de la ciencia y la tecnología como campo de prácticas y como campo de investigación, abre un espacio importante para el debate sobre las relaciones entre los científicos, los expertos y la sociedad. Este debate es ineludible en los temas relacionados con el medio ambiente, en especial con el cambio climático, y debe propiciarse desde múltiples instancias. El Estado, el sector privado, la academia, los medios de comunicación y la sociedad civil, tienen la responsabilidad de involucrarse en él, y de encontrar puentes, relaciones inextricables que permitan decisiones y acciones concertadas. Decisiones y acciones que eviten que los intereses particulares vayan en detrimento del bienestar de la sociedad. Sin embargo, es claro que en un tema como el cambio climático, los problemas de comunicación desbordan las fronteras, y deben hacer parte de las dinámicas internacionales. Las problemáticas locales y regionales no son ajenas a las problemáticas planetarias; no se trata del discurso, un tanto reiterativo, de la necesidad de hacer parte de un mundo globalizado. Quizás es la naturaleza de un macro fenómeno como el Cambio Climático global la que impone nuevas condiciones.

En Colombia los desafíos al respecto son grandes para todas las instancias mencionadas. Se han hecho algunos avances concernientes a una comunicación crítica de las ciencias, que, como se ha discutido, es más que pertinente para estos temas. Pero son avances en muchos casos incipientes, más si se trata de algo en lo que hasta ahora prevalecen las incertidumbres. No es nada desdeñable el papel que puede jugar en este sentido la educación no formal, desde sus múltiples formas. Como lo ha explicado tantas veces un gran referente en comunicación de la ciencia y la tecnología, el físico español Jorge Wagensberg, el método científico funciona muy bien para poner en marcha las ideas, pero para tener ideas nuevas no hay método científico que valga. Ahora bien, cuando se trata de enfrentar los problemas más apremiantes, las nuevas ideas constituyen tal vez lo que más necesitamos. Múltiples son, pues, las maneras de incentivarlas.

## Bibliografía


**Astolfi, J.-P. (1989).** *La didactique des sciences*. París: PUF, Que sais-je?

**Barthes, R. (1970).** *Mythologies*. París: Éditions du Seuil.

**Beck, U. (1998).** *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Madrid: Siglo XXI Editores. (Original en alemán: 1986).

**Bourdieu, P. (2000).** *Los usos sociales de la ciencia*. Buenos Aires: Nueva Visión. (Original en francés: 1997).

**De Cheveigné, S. (2000).** *L'environnement dans les journaux télévisés. Médiateurs et visions du monde*. París: CNRS Éditions.

**De Chéveigné, S. (1997)**. *La science mediatisé: les contradictions des scientifiques*. Hermès, No. 21, pp. 121-133.

**Eco, U. (2002).** *El mago y el científico*. Publicado originalmente en el diario El País de España. Tomado de: http://biblioweb.sindominio.net/escepticos/eco.html (Fecha de consulta, 30-11-2007).

**Escobar, A. (1998).** *La invención del tercer mundo*. Bogotá: Norma. (Original en inglés: 1996).

**Fog, L. (2004).** *Medios de comunicación y ciencia*. Revista Javeriana. Vol. 140. No. 708. pp. 36-43.

**Giordan, A., Souchon, C., Cantor, M. (1997).** *Musées, Médias et Écoles*. Nice: Z'Éditions. 202 p.

**Gómez Buendía, H. (Dir.) (1998).** *Educación: la agenda del siglo XXI.* Bogotá: TM Editores. 365 p.

**Gore, A. (2007).** *Una verdad incómoda. La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla.* Barcelona: Gedisa. (Original en inglés: **2006**).

**Hermelin, D. (2007).** "Los desastres naturales y los medios en Colombia: ¿información para la prevención?" En: *Revista Gestión y Ambiente.* Vol. 10. No. 2. pp. 101-108.

**Hermelin, D. (2007).** "La comunicación de la ciencia y la tecnología: algunas reflexiones para un campo de investigación en Colombia". En: *Memorias del Simposio sobre Comunicación de la Ciencia y la Tecnología, organizado por el Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, octubre de 2007*. (18 p.) (En prensa).

**Hermelin, D. (2007).** *La importancia de la comunicación de las ciencias como campo de estudio y de investigación en la formación del comunicador social.* 14 p. (Producto inédito).

**Hermelin, D.** (**2006**). *La télévision, les désastres naturels et le public en Colombie : une approche sur la communication et ses possibles conséquences.* Tesina de Master Recherche (bajo la dirección de los profesores Daniel Raichvarg y Pascal Lardellier), Universidad de Bourgogne, octubre de 2006, (123 p.). (Producto inédito).

**Isaza, J. F., Campos, D. (2007)** *Cambio climático. Glaciaciones y calentamiento global.* Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.

**Jacobi, D. (1999)** *La communication scientifique.* Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.

**Jorgensen, S. E. (1992)** *Integration of Ecosystem Theories: A Pattern. Dordrecht (Holanda).* Kluwer Academic Publishers.

**Le Breton D. (1995)** *La sociologie du risque.* París: PUF, Que sais-je?

**Maigret, E. (2005).** *Sociología de la comunicación y de los medios.* Bogotá: F.C.E. (Original en francés: 2003).

**Margalef, R. (1992).** *Planeta azul, planeta verde.* Barcelona: Prensa Científica.

**Martín-Barbero, J. (2002).** *La educación desde la comunicación.* Buenos Aires: Grupo Editorial Norma. 132 p.

**Martini, S. (2000).** *Periodismo, noticia y noticiabilidad.* Bogotá: Grupo Editorial Norma.

**Mattelart, A., Mattelart, M. (1997).** *Historia de las teorías de la comunicación.* Barcelona: Paidós. (Original en francés: 1995).

**Mc Comas, W. F., Almazroa, H. (1998).** *The nature of science in science education.* Science & Education. No. 7. pp. 511-532.

**Miège, B. (2005).** *La pensée communicationnelle.* Grénoble: Presses Universitaires de Grénoble.

**Moirand, S., (1997).** *Formes discursives de la diffusion des savoirs dans les médias.* Hermès, No. 21, pp 33-44.

**Morin, E. (1996).** *Introducción al pensamiento complejo.* Barcelona: Editorial Gedisa. (Original en francais: 1990).

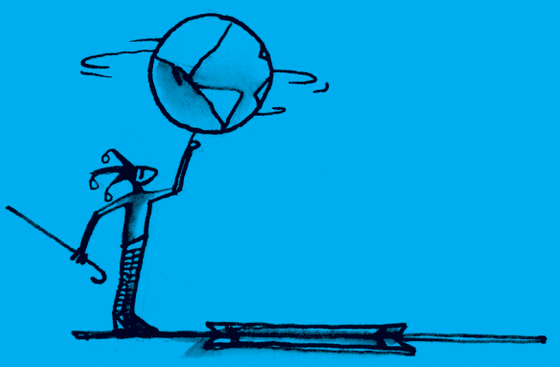
**Morin, E. (1991).** *La méthode. 4. Les idées. Leur habitat, leur vie, leurs moeurs, leur organisation.* Paris : Éditions du Seuil.

**Raichvarg, D. (2004).** *Comunicación personal.* Profesor de la Universidad de Borgoña (Francia). e-mail: Daniel.Raichvarg@u-bourgogne.fr

**Schielle, B. (1995).** *La médiation scientifique non formelle.* Perspectives. Vol. XXV, No.1. pp. 95-107.

**Verón, E. (1997).** *Entre l'épistémologie et la communication.* Hermès No. 21. pp. 25-32.

**Wagensberg, J. (1999).** *Ideas para la imaginación impura.* Barcelona: Tusquets.



# ÍNDEX *de autores*

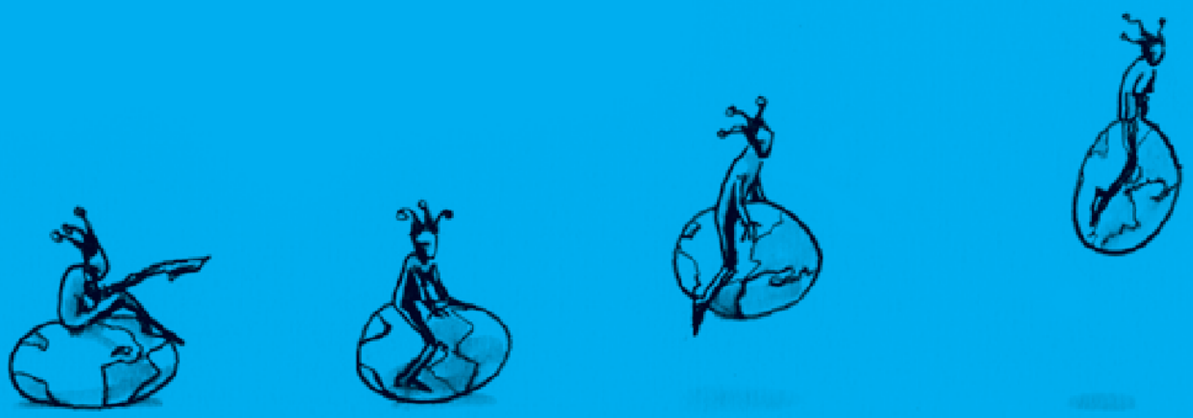
**Carlos Costa Posada**
Ingeniero Civil. Máster en Ingeniería Sísmica de la Universidad de Los Andes. Doctorado de la Universidad de Cambridge (Inglaterra) en Imágenes de Satélite y Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota. Se ha destacado por su trayectoria como docente e investigador en la Universidad de Cambridge y en la Universidad de Los Andes, en las áreas de Gestión de Riesgos y Sistemas de Información Geográfica. Desde enero de 2004 es Director General del IDEAM.

**Daniel Hermelin Bravo**
Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. DEA en Enseñanza y Difusión de las Ciencias, Universidad de París XI. Máster Recherche en Medios y Mediaciones Científicas, Universidad de Borgoña. Candidato a doctorado de la misma universidad. Docente del Programa de Comunicación Social, Departamento de Humanidades, Universidad EAFIT, Medellín.

**Iván Darío Correa Arango**
Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín; doctorado en Geología Marina, Universidad Burdeos I, Francia. Desde 1988 es docente investigador del Departamento del Departamento de Geología de la Universidad EAFIT, Medellín. Actualmente es Coordinador del Área de Ciencias del Mar (Grupo A de COLCIENCIAS).

**Michel Hermelin Arbaux**
Ingeniero de Geología y Petróleos, Universidad Nacional, Sede Medellín. Máster of Science, 1970. Colorado State University, Colorado, USA. Área Mayor: Petrología Ígnea y Metamórfica; Área Menor: suelos. Máster of Arts, 1973, Ph.D. Candidate, Princeton University, New Jersey, USA. Áreas Mayores: Mineralogía Petrología Ígnea y Metamórfica, Rocas Sedimentarias. Áreas Menores: Geomorfología, Geoquímica, Geología Estructural, Estratigrafía. Docente Departamento de Geología, Universidad EAFIT, Medellín.

**Óscar Mejía Rivera**
Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Colombia. MSC. Ingeniería Ambiental, Universidad de Antioquia. Exp. en Geomatemática. Esp. En Sistemas de Información Geográfica, Universidad de San Buenaventura. Esp. En Modelos en Ecología, Universidad Politécnica de Cataluña.

**Roberto Lorduy Gómez**
Físico, Universidad de Antioquia, Medellín. Administrador de Empresas Agropecuarias, Corporación Universitaria Lasallista. Esp. en Educación en Ciencias Experimentales, Universidad de Antioquia. Actualmente es docente del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad EAFIT, Medellín.

** Las opiniones de los autores son responsabilidad de cada uno ellos.*