

# Aspectos relacionados con las estimaciones globales y regionales del ascenso del nivel del mar, y su aplicación a Colombia

José Daniel Pabón<sup>1</sup>  
José A. Lozano<sup>2</sup>

## Resumen

Se llama la atención sobre las características de los escenarios de ascenso del nivel del mar, sobre los métodos con los que son obtenidos y sobre los cuidados que hay que tener cuando se requiera utilizarlos como base para la toma de decisiones en programas de adaptación o mitigación de los efectos de este fenómeno de largo plazo. Se señala la diferencia entre los escenarios globales y los regionales y locales, destacando las dificultades (series de datos cortas, dificultad para representar la manifestación regional o local del ajuste isostático, procesos tectónicos) que hay en la construcción de estos últimos, las cuales generan incertidumbres. Con un reconocimiento de lo que hasta ahora se ha realizado en este tema en Colombia, se hace un análisis crítico y se mencionan los puntos que habría que profundizar para mejorar las estimaciones y la información que servirá de base para refinar los estudios base para la formulación de programas de adaptación o de mitigación.

*Palabras clave: ascenso nivel del mar, cambio climático, Colombia*

## Abstract

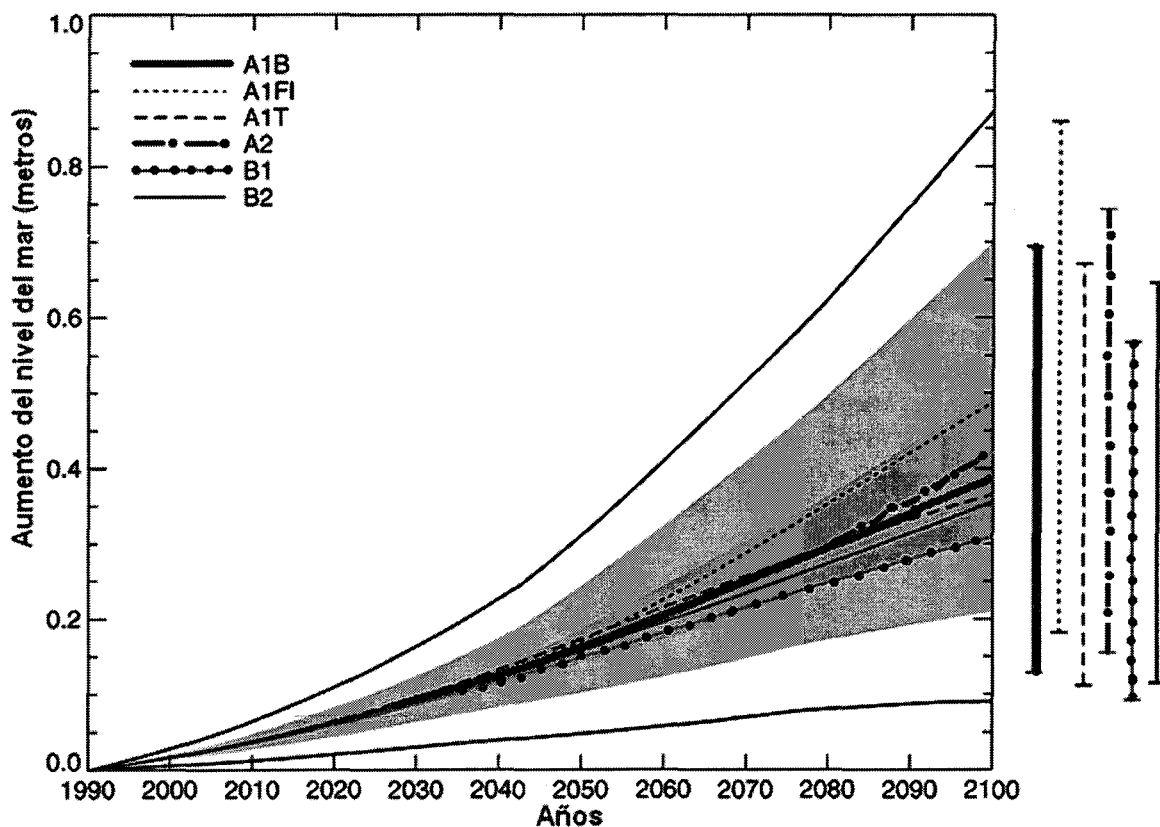
This paper brings attention both to characteristics of sea level rise scenarios, to methods used to construct them and to the care it is necessary to have using them as basis for decision making in adaptation and mitigation programs to face this long term phenomenon. The difference between global and regional and local scenarios is showed, pointing out the limitations (short time sequences of data, problems in the regional representation of isostatic adjusting and tectonic processes) in their construction, which generate uncertainties. Recognizing the studies carried out on this issue in Colombia, a critical analysis is made, showing topics that is necessary to develop deeply in order to improve the information which will serve as a basis for specific adaptation and mitigation studies and programs.

*Key words: Sea level rise, climate change, Colombia*

## 1. Introducción

Uno de los fenómenos a los que está asistiendo el planeta actualmente es el del calentamiento global de la atmósfera, el cual inducirá, entre otros aspectos, cambios en el clima de la Tierra y el ascenso del nivel del mar. Los escenarios de cambio auguran un incremento de la temperatura media global del aire de entre 1,5 y 4,0 °C, y un ascenso del nivel medio del mar de entre 16 y 80 centímetros para finales del siglo XXI (IPCC 2001) (Figura 1). No obstante, es necesario tener en cuenta que dichos fenómenos tendrán una manifestación regional diferente de las estimaciones globales, y podrían ser mayores o menores dependiendo de factores regionales y locales.

Las estimaciones mencionadas arriba han sido elaboradas con escenarios basados en supuestos del posible desarrollo global de los procesos biogeofísicos y socioeconómicos en el futuro. Las condiciones reales (el ascenso en un lugar concreto de la costa en una época determinada) pueden ser diferentes ya que es posible que ocurran cambios no previstos en las variables utilizadas, además de otros factores que introducen diverso grado de incertidumbre. Otra fuente de incertidumbre está asociada con la dificultad de considerar las particularidades regionales y locales de los diferentes procesos que afectan la corteza terrestre (isostacia, rebote elástico posterior a la glaciación, la tectónica de placas, u otros fenómenos de carácter local o regional como los flujos verticales que acompañan la formación de domos



**Figura 1.** Ascenso del nivel del mar para los escenarios SRES IPCC (2000). Según IPCC (2001), bajo estos escenarios hacia finales del siglo XXI el nivel medio global del mar habría ascendido entre 16 y 88 centímetros (con la mejor estimación entre 20 y 60 cms) en relación con el nivel registrado a finales del siglo XX.

salinos y volcanes de lodo, o los procesos de erosión y sedimentación que afectan de manera diferencial distintas zonas costeras).

A pesar de las anteriores consideraciones, es necesario contar con estimaciones del ascenso del nivel del mar y con su posible impacto en sectores costeros e insulares de los diferentes países del mundo. Como una salida práctica, en la guía del IPCC se recomienda que con ascenso del nivel del mar mayor de 40 centímetros hacia el año 2100, se use un metro para la evaluación de los impactos del ascenso del nivel del mar. Pero es necesario tener en cuenta que si bien se puede considerar un metro para una visión general (nacional, o incluso provincial o departamental), en zonas específicas de las costas de un país es conveniente usar estimaciones más aproximadas a la realidad biogeofísica y socioeconómica local. Considerar un metro de ascenso del nivel del mar en un sector de la costa Caribe colombiana (una bahía, por ejemplo) sólo porque el ritmo de ascenso estimado (cerca de 40 centímetros, como se expone más adelante) permite usar la recomendación del IPCC, sería una ligereza, ya que se podría sobrevalorar el impacto y sobreestimar las medidas de adaptación a dicho cambio, lo cual sería un sustento equivocado para las decisiones de un programa de adaptación.

Por ello, las estimaciones globales y el enfoque práctico general deben ser tomados con sumo cuidado para estudios que apoyan la toma de decisiones en programas de reducción de la vulnerabilidad de los sistemas (sociales, económicos, ecosistemas) o de adaptación, y en algunos casos, de mitigación, que se desarrollen en la escala nacional, regional y local. Generalmente, tales programas involucran decisiones trascendentales en planificación de largo plazo y en inversiones, por lo que deben estar sustentadas en estudios e información que consideren adecuadamente tanto el nivel general como el de detalle de los escenarios futuros a usar.

La visión general (nacional, por ejemplo, basada en la utilización de un metro de ascenso), es válida en la medida que permite establecer en primera aproximación las áreas críticas en la cuales se requeriría hacer evaluaciones detalladas del impacto potencial. Las evaluaciones del posible impacto del nivel del mar en lu-

gares o sectores concretos de la costa se deben basar en información más real que la suministrada por los escenarios globales. Esto implica que en la escala local se debe profundizar en los estudios sobre el ascenso del nivel del mar y sobre los procesos locales que pueden ser causa de incertidumbre con el fin de reducirlos, y sobre el escenario más probable de acuerdo con las particularidades de los procesos locales.

El uso de escenarios globales (el de un metro de ascenso, por ejemplo) en la valoración de las posibles áreas afectadas desde el nivel nacional o provincial, es útil también en la medida en que permite fundamentar una planificación de largo plazo que involucre desde ahora medidas de adaptación fáciles de implantar, de relativo bajo costo y menor riesgo, como la educación de las comunidades de esas áreas. Estudios basados en estos escenarios generales sirven de base para identificar las regiones donde se debería adelantar campañas de educación sobre este fenómeno de largo plazo y su relación con los que afectan la vida cotidiana actual; con ello se concientizaría a la población acerca de que, si bien el ascenso lento que está ocurriendo no representa una amenaza inminente (para hoy o mañana) semejante a la de otros fenómenos marinos y costeros (alto oleaje, marejadas de tempestad, mar de leva o eventualmente tsunamis), podría afectar de alguna manera (incluso al agudizarse los fenómenos actuales) a las futuras generaciones ya en la segunda mitad del siglo XXI.

En escalas detalladas (una ciudad costera o un sector de la línea litoral), como se anotó arriba, las medidas de adaptación deben considerar programas e inversiones concretas y costosas, por lo que se debe considerar escenarios ajustados a las realidades regionales y a la particularidad local del fenómeno de ascenso del nivel del mar. Las sobreestimaciones propiciarían la toma de decisiones erradas y el inicio de acciones y obras que a la postre podrían ser innecesarias.

Es conveniente llamar la atención acerca de estas particularidades ya que en Colombia se han realizado evaluaciones del potencial impacto del ascenso del nivel del mar que se han basado en escenarios globales. Con esta visión general ya se han identificado vulnerabilidades, se habla de acciones para la adaptación, e inclu-

so se ha oficializado la información en documentos dirigidos a organismos internacionales en cumplimiento de compromisos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (MMA-IDEAM-INVEMAR-PNUD 2001; INVEMAR 2002). Por ejemplo, la información producida al respecto es valiosa en el

sentido de que muestra en términos generales la posible magnitud de los problemas asociados al ascenso del nivel del mar que tendría que afrontar el país, y serviría de sustento para diseñar los componentes de un programa nacional de adaptación que no requiera mayor inversión (p.e., programas de educación y concientización); no

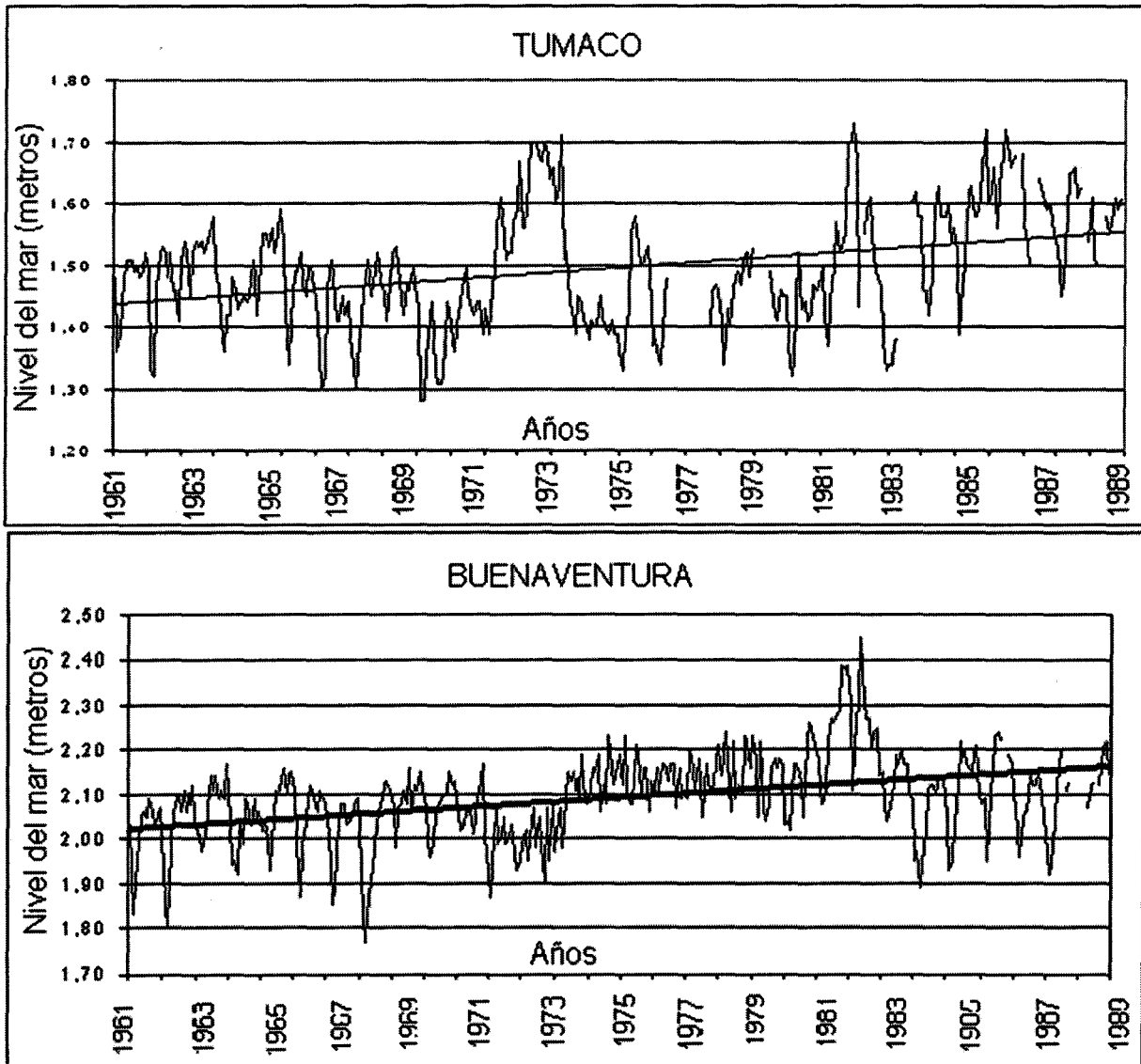


Figura 2. Tendencia de ascenso del nivel del mar en la costa Pacífica colombiana en el período 1961-1990, según registros de Tumaco y Buenaventura (Pabón 2003).

obstante, es conveniente que a la hora de plantear componentes de programas de adaptación o de mitigación que requieran de grandes inversiones o de grandes cambios en lo socioeconómico regional, esto se haga con base en resultados de estudios más profundos y detallados sobre la realidad local del fenómeno y de sus impactos, con el fin de reducir las incertidumbres que pueda haber en las estimaciones sobre el futuro ascenso del nivel del mar.

Finalmente, aún con el conocimiento más profundo, las proyecciones sobre el ascenso de nivel del mar mantendrán algún grado de incertidumbre y sólo serán una indicación de que hay alguna probabilidad de que en determinado período se presente un incremento dado; con tales proyecciones, sólo se podrá construir situaciones posibles (escenarios) en cuanto a impactos socioeconómicos y ambientales se refiere. Al tomarlos como base para la formulación de programas de adaptación, se deben asumir como *escenarios*, como situaciones que pueden ocurrir, y no como algo que ocurrirá después de determinado período.

## 2. Las estimaciones actuales de ascenso de nivel del mar en Colombia y la evaluación de su impacto potencial

El fenómeno del ascenso del nivel del mar es una realidad, pero hay que tratar de considerar su verdadera magnitud en su manifestación regional. Por ejemplo, el análisis de tendencias del ascenso del nivel del mar en las costas colombianas arroja una tasa de 3-5 milímetros anuales (Pabón *et al.* 1998) para los últimos 40 años del siglo XX. Las proyecciones, basadas en extrapolación de las tendencias identificadas en las costas nacionales, en tendencias regionales y globales, así como tomando en consideración las proyecciones globales para el siglo XXI, indican que a finales del siglo XXI el nivel medio del mar en las costas colombianas podría alcanzar entre 30-40 centímetro (costa Caribe) y 50-60 centímetros (costa Pacífica) centímetros por encima del nivel de 1961-1990 (Pabón 2003).

Con las anteriores estimaciones, siguiendo las recomendaciones del IPCC, es posible considerar un

metro de ascenso de nivel del mar para los estudios de evaluación del impacto potencial de dicho fenómeno. Para Colombia, en MMA-IDEAM-INVEMAR-PNUD (2001), e INVEMAR (2002) se tomó esta opción y se construyó el escenario socioeconómico y ambiental para la dos costas con un aumento de un metro en el nivel del mar; con base en ello se estimó el área de las dos costas susceptible de inundación, los ecosistemas que se afectarían, la población, la infraestructura y los sectores socioeconómicos que podrían recibir diversos grados de impacto.

Aunque aceptable y útil desde el punto de vista general (permite desarrollar políticas nacionales orientadas a identificar las zonas donde probablemente estarían localizados los mayores problemas), la aproximación basada en el ascenso de nivel del mar de un metro no deja de generar sobrestimaciones del impacto en algunos sectores de la costa y subestimaciones en otros. Para tomar medidas concretas frente al ascenso del nivel del mar en sectores o lugares específicos es necesario reducir tales errores de estimación. Esta reducción del error se puede lograr en la medida que se tenga un conocimiento profundo de cómo actúan local y regionalmente los factores que inciden en el nivel relativo medio del mar.

## 3. Reducción de incertidumbres para construcción de escenarios regionales y locales

Para contribuir a reducir los errores que se puedan dar en la toma de decisiones sobre medidas de adaptación al ascenso del nivel del mar para una zona concreta es necesario disminuir las incertidumbres en las proyecciones sobre dicho fenómeno en la escala regional y local. Para ello, se deben realizar estudios que profundicen el conocimiento sobre aquellos aspectos regionales y locales que inciden en el nivel del mar y que hasta ahora han sido difíciles de cuantificar.

En el caso del ascenso del nivel del mar en las costas colombianas, se debería avanzar en el entendimiento de aspectos como el efecto que puede tener en las estimaciones la corta longitud de las series usadas en el

análisis de las tendencias (Douglas y Peltier 2002), considerar la corrección que habría que hacer por el efecto regional del ajuste isostático iniciado con la última deglaciación, y la tectónica en la escala regional y local.

### Acerca de la longitud de las series de datos para estimar tendencias

Douglas y Peltier (2002) mostraron claramente (Figura 3) la diferencia en la estimación de tendencia de ascenso de nivel del mar con series de datos de longitud variada, señalando los problemas en que se podría incurrir si se toman series cortas. En el análisis que hicieron para Nueva York, en la serie de 103 años es posible identificar una tendencia de 2,9 milímetros/año, en tanto que al analizar períodos de 20 años, se hallan tenden-

cias que oscilan entre 0 y 6 milímetros/año. Esto es debido a la presencia de ciclos interdecadales y, en muchos casos, a la ocurrencia de eventos extremos en la variabilidad interanual e interdecadal del nivel del mar.

En el caso de las estimaciones efectuadas para las costas colombianas (Pabón *et al.* 1998; Pabón 2003), las series usadas fueron cortas (para el Pacífico, no van más de cincuenta años; para el Caribe, el período de los datos de TOPEX/Poseidon es de 10 años) y pudieron generar errores como los que mencionan Douglas y Peltier. En efecto, regionalmente se presentaron situaciones que hicieron variar el ritmo de aumento en diferentes decenios. Por ejemplo, para el Pacífico colombiano, la tendencia de ascenso en los decenios de 1980 y 1990 es bastante alta, debido a que en los 90 fueron más

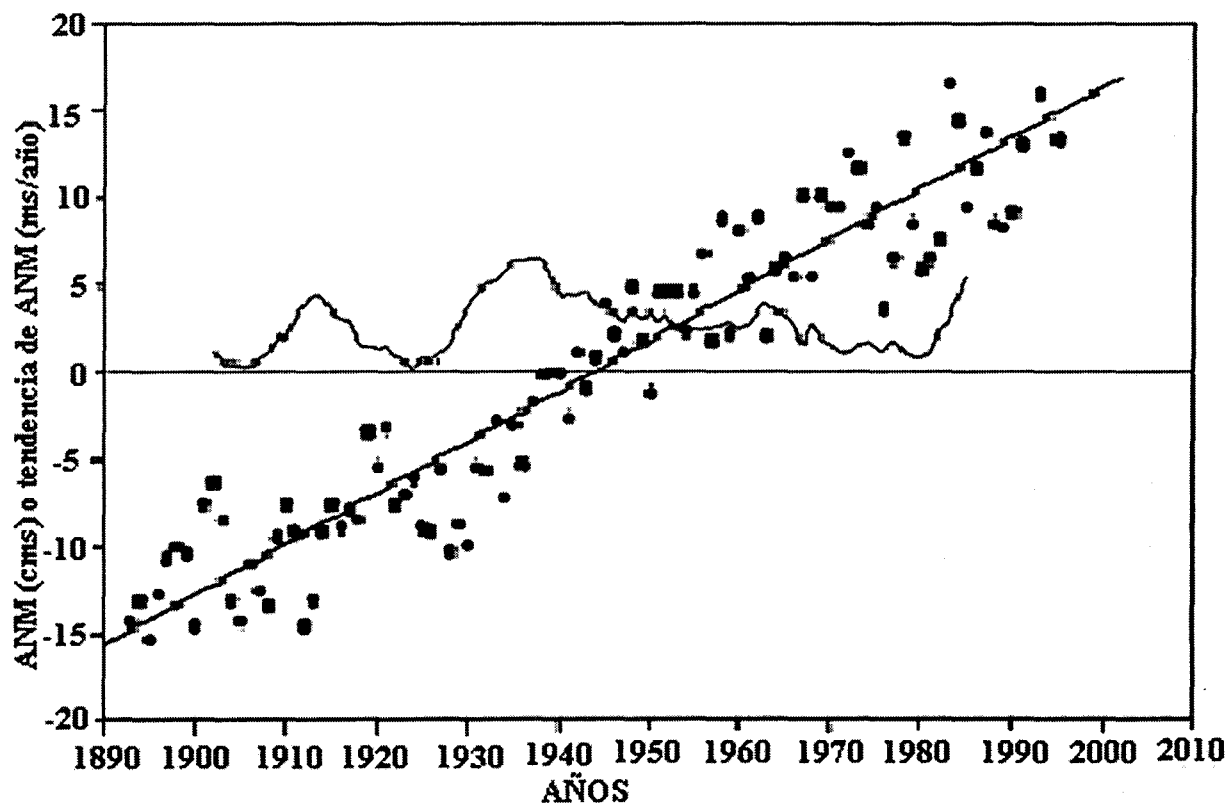


Figura 3. Nivel medio del mar en Nueva York en el siglo XX. La línea recta representa la tendencia de ascenso del nivel del mar en 103 años. La línea ondulante delgada muestra la tendencia (en mm/año) para períodos de 20 años en ventana móvil (tomado de Douglas y Peltier 2002).

frecuentes los eventos El Niño, los cuales están asociados a aumento temporal (el máximo puede durar hasta seis meses) del nivel medio del mar; justo en los 90 se presentaron dos eventos (1991-1992 y 1997-1998) con marcados aumentos del nivel. Aunque Pabón (2003) llamó la atención sobre este particular y no consideró el decenio de los 90 en las estimaciones para no falsearlas por esta causa, aún no se ha explorado una forma de filtrar tal efecto de los eventos extremos de la variabilidad interanual del nivel del mar.

En vista de lo anterior, con miras a reducir las incertidumbres en las estimaciones de las tendencias para las costas colombianas, se requiere:

- Usar series de datos más largas, o en las series cortas distinguir las tendencias de largo plazo de los efectos de la variabilidad interanual e interdecadal.
- Explorar metodologías que permitan filtrar el efecto de valores extremos propios de la variabilidad interanual e interdecadal.

### Sobre el ajuste isostático

El movimiento vertical de la superficie sobre la cual están emplazados los instrumentos influye en las mediciones del nivel del mar y, por ende, en la estimación de las tendencias de largo plazo. Uno de los procesos que aporta a los movimientos verticales de dicha superficie es el ajuste isostático o levantamiento de la corteza debido a la disminución de la carga de hielo en la deglaciación. Este proceso lento viene presentándose con la deglaciación observada en el holoceno, y, según Douglas y Peltier (2002), es significativo en la actualidad. El aporte de este factor es tan importante que en el Golfo de Bothnia, en la Península Escandinava, por el ascenso de la corteza, el nivel medio del mar en el siglo XX muestra un descenso del orden de los 10 milímetros/año (Douglas y Peltier 2002). Según estos mismos autores, este ajuste isostático para la región donde está localizado el territorio colombiano es del orden de 0,6 - 0,8 milímetro/año, lo cual debería reducir la tendencia de ascenso del nivel del mar en esa misma magnitud (es decir que a las estimaciones de ascenso de nivel el mar se debería restar (0,6 - 0,8 milímetro/año). Ade-

más, se debe considerar que en la última glaciación, hace aproximadamente 20 000 años, los Andes soportaron una carga importante de hielo; sin embargo, sobre el efecto de este componente del ajuste sobre el territorio colombiano no se tiene información.



Figura 4. Configuración de las placas tectónicas en la escala mundial (adaptado de Kious y Tilling 1996).

### La manifestación regional y local de los procesos tectónicos y de los eventos sísmicos asociados

Otro de los factores que inducen movimientos verticales de la superficie donde se realizan las mediciones y donde se percibe el nivel medio del mar, son los procesos tectónicos y la sísmica asociada a estos, los cuales pueden generar ascenso o subsidencia de la superficie costera y variar los valores de la tendencia del nivel (relativo a esa superficie) del mar. Sin embargo, el producto de la interacción de las placas en sus bordes es muy variado (ascensos o subsidencias locales de la superficie), lo que es aún más complejo en las zonas donde interactúan más de dos placas.

En el noroccidente de Suramérica confluye la acción de las placas Sudamericana, de Nazca y del Caribe

(ver Figura 4). Según Murcia (1981) y James (1985) (citados en Flórez 2003), la placa de Nazca avanza hacia el oriente con una velocidad de 6,5 centímetros al año, la placa del Caribe avanza hacia el suroriente con una velocidad de 1,9 cm/año, mientras que la placa Suramericana avanza hacia el occidente a 0,5 cm/año. Colmenares y Zoback (2003) presentan datos similares, aunque en mayor detalle para el territorio colombiano. Los procesos asociados a esta configuración de la tectónica regional producen efectos muy variados en cuanto a cambios en el nivel relativo medio del mar en la escala local.

Se dispone de evidencias de los efectos causados en el litoral colombiano por la sismicidad y otros procesos; tales efectos han inducido cambios en el nivel relativo medio del mar en escalas locales o de pequeños sectores del litoral. En el Pacífico, por ejemplo, eventos sísmicos como el de Bahía Solano en 1970 (Restrepo 1971), Tumaco en 1979 (Herd *et al.* 1981) y posiblemente el evento al norte del delta del río San Juan (González *et al.* 2001), han generado subsidencia en diferentes sectores de la costa. Según Herd *et al.* (1981), en el evento de Tumaco se produjo hundimiento hasta de 1,6 metros en diferentes sectores a lo largo de 200 kilómetros del litoral entre Tumaco y Buenaventura; en el evento de Bahía Solano se produjo un hundimiento de entre 20 y 30 centímetros en la ciudad (Restrepo 1971).

Correa y Restrepo (2001) muestran también ejemplos de los cambios en el litoral por licuefacción y erosión que han llevado a cambios notables del nivel relativo medio del mar en localidades concretas de la costa pacífica colombiana.

En el Caribe colombiano, particularmente en la costa suroccidental, se han encontrado manifestaciones claras (Page 1983; Vernet 1985) de la combinación de los efectos causados por la interacción de las placas del Caribe, Nazca y de Suramérica, con otros procesos locales durante el holoceno: las terrazas marinas registran deformación tectónica regional, fallamiento y presencia de la acción de volcanismo de lodo. Page (1983) estudió la deformación de la zona costera entre Mulatos y las Islas de San Bernardo ocurrida en el período de los últimos 2000 a 5000 años. En particular, encontró

que al levantamiento regional causado por la tectónica en esta zona, estimado en 5 mm/año, se suma el efecto de las intrusiones de lodo del volcanismo local; esta acción conjunta produce un efecto tal que en el sector de Mulatos y Cedro el levantamiento ha sido de 15 mm/año aproximadamente. Igualmente encontró que en el sector entre Cedro y Coveñas el levantamiento es del orden 1-2 mm/año, y en Isla Fuerte, de 0,6 mm/año, mientras que para el área del Golfo de Morrosquillo estableció que, por el contrario, hay subsidencia de 0,7 mm/año.

Lo anterior indica que la compleja dinámica local, de mesoescala, y la tectónica regional, generan condiciones muy particulares que intervienen en las variaciones del nivel relativo medio del mar. Por tales cambios, la situación local puede diferir notablemente de lo estimado en una visión general como la planteada para Colombia en MMA-IDEAM-INVEMAR-PNUD 2001 e INVEMAR 2002. Estas particularidades deberían ser consideradas antes de plantear medidas de adaptación o mitigación concretas para sectores y localidades en las costas colombianas.

## 4. Conclusiones

En la actualidad se dispone de estimaciones de tendencia de nivel relativo del mar para las costas colombianas que se han realizado con base en el análisis de datos provenientes de estaciones nacionales y de los países vecinos, así como en la información obtenida en el programa TOPEX/Poseidon. También se cuenta con proyecciones del ascenso del nivel del mar para el siglo XXI. Sin embargo, tanto las estimaciones de las tendencias como las proyecciones tienen cierto grado de incertidumbre debido a que no se han considerado del todo los factores que intervienen en los cambios del nivel del mar.

A pesar de lo anterior, dichas proyecciones pueden ser la base para tomar decisiones sobre el desarrollo de algunos componentes de programas de adaptación como la educación y concientización de la población de la zona costera que posiblemente se verá afectada. También sirven de base para identificar las regiones donde se podrían presentar los mayores problemas y donde se



debería focalizar estudios detallados para proponer medidas de adaptación o mitigación concretas.

Para estudios detallados sobre el ascenso del nivel medio del mar en zonas específicas del litoral es necesario considerar los factores que inciden en el nivel relativo del mar y en particular aquellos que en la región presentan una magnitud no despreciable. Tales factores son el ajuste isostático debido a la última deglaciación y la manifestación regional y local de los procesos tectónicos asociados con las placas de Nazca, Suramericana y del Caribe. También se deben considerar los efectos de otros procesos locales como el volcanismo de lodo en el Caribe y la erosión costera en el Pacífico.

## 5. Recomendaciones

En la situación actual, en lo que atañe a los escenarios futuros de ascenso del nivel relativo medio del mar para las costas colombianas, es posible plantear que se debería hacer lo siguiente:

- Promover la educación como componente importante de las medidas de adaptación para las zonas identificadas como vulnerables en la evaluación general del fenómeno de largo plazo realizada hasta ahora para el Caribe y el Pacífico colombianos; con ello se prepararía a la población en dos sentidos: en primer lugar, se mejoraría el conocimiento y la posibilidad de respuesta ante los fenómenos marinos y costeros que podrían acentuar su frecuencia en un nivel del mar más alto que el actual; en segundo lugar, la incorporación de este conocimiento por parte de la comunidad coadyuvaría en la inclusión de este tema en la planificación de largo plazo en diferentes escalas.

- Desarrollar estudios tendientes a lograr describir, modelar y proyectar hacia el futuro las particularidades de diferentes sectores del litoral Caribe y Pacífico colombianos, con el fin de construir escenarios de ascenso del nivel del mar con base en el conocimiento de los procesos específicos de esas regiones. Basados en ese nuevo conocimiento y escenarios, revisar las evaluaciones del posible impacto del ascenso del nivel del mar en las costas colombianas.

## Notas

<sup>1</sup> Profesor Asistente, Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Colombia; jdpabonc@unal.edu.co

<sup>2</sup> Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; jlozano@accefyn.org.co

## Obras citadas

- Chaparro, J. y O. Jaramillo. 2000. Impactos socioambientales del ascenso del nivel del mar en la Isla de San Andrés. Tesis de pregrado, Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Colombia.
- Colmenares, L. y M. Zoback. 2003. Stress Field and Seismotectonics of Northern South America. *Geology* 31 (8): 721-724.
- Correa, I. D. y J. D. Restrepo, eds. 2001. *Geología y oceanografía del delta del río San Juan, litoral Pacífico colombiano*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Douglas, B.C. y W.R. Peltier. 2002. The Puzzle of Global Sea-Level Rise. *Physics Today*, March, 35- 40.
- Flórez, A. 2003. *Colombia: Evolución de sus relieves y modelados*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia / Unibiblos.
- González, J. L., I. D. Correa y O. Aristizábal. 2001. Evidencias de subsidencia cosísmica en el delta del río San Juan. En *Geología y oceanografía del delta del río San Juan, litoral Pacífico colombiano*, eds., I. D. Correa y J. D. Restrepo. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Herd, D., T. Youd, H. Meyer, J.L. Arango, W.J. Person y E.C. Mendoza. 1981. The Great Tumaco, Colombia, Earthquake of 12 December 1979. *Science* 211: 441-445.
- INVEMAR. 2002. ¿Somos vulnerables ante un eventual ascenso del nivel del mar? Síntesis de la experiencia de Colombia. Programa holandés de asistencia para estudios sobre Cambio Climático -NCCSAP. Resumen

- ejecutivo. *Atlas digital ANM Colombia*. Santa Marta. Documento en CD-ROM.
- IPCC. 2000. *Special Report on Emissions Scenarios*. Eds., N. Nakicenovic y R. Swart. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific basis; Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Eds., J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell y C. A. Jonson. Cambridge: Cambridge University Press.
- James, M.E. 1985. Evidencia de colisión sobre la miniplaca del bloque andino y la placa norteamericana, desde el mioceno medio. En *Memorias VI Congreso Latinoamericano de Geología* 1: 58-72. Bogotá.
- Kious, W.J. y R.I. Tilling. 1996. *This Dynamic Herat: Story of Plate Tectonics*. Washington D.C: US Government Printing Office. Edición disponible en <<http://pubs.usgs.gov/publications/text/dynamics.html>>
- MMA-IDEAM-INVEMAR-PNUD. 2001. *Colombia: Primera comunicación nacional ante la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Bogota: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Murcia, L.A. 1981. Rasgos morfológicos de la tectónica cuaternaria en el suroccidente de Colombia. *Geología norandina* 4:23-30.
- Pabón, J. D., P. J. Rojas, J. E. Montealegre, K. Robertson, J. L. Ceballos, N. Martínez y E. Ñañez. 1998. El océano. En *El medio ambiente en Colombia*. Bogotá: IDEAM.
- Pabón, J.D. 2003. El aumento del nivel del mar en las costas y área insular de Colombia. En *El mundo marino de Colombia: Investigación y desarrollo de territorios olvidados*, 75-82. Red de Estudios del Mundo Marino. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia/ Unibiblos.
- Page, W.D. 1983. Holocene Deformation of the Caribbean Coast, Northwest Colombia. En *General Geology, Geomorphology and Neotectonics of Northwest Colombia*. Tenth Caribbean Geológica Conf., Cartagena, Agosto 1983. Field Trip C, por H. Duque Caro *et al.* Bogotá.
- Restrepo, H.A. 1971. Zona de falla de Puerto Mutis en Bahía Solano. En *El terremoto de bahía Solano del 26 de septiembre de 1970*, 27-34. Publicación seriada Sismología 33. Instituto Geofísico de los Andes Colombianos.
- Vernette, G. 1985. La plate-forme continentale Caribe de Colombia: Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sédimentation, 834. Tesis doctoral, Univ. Bourdeaux I.