

**EDICIÓN
ESPECIAL**

Innovación & Ciencia

VOLUMEN XI, No. 3 y 4

Medio ambiente

- Conocimiento y gestión
- El clima
- Investigaciones aplicadas

TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. COLOMBIA \$12.500



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA



[*áce-áce*]

Es una entidad sin ánimo de lucro,
fundada el 9 de octubre de 1970,
que trabaja por el fomento de la
Ciencia y la Tecnología como base
del desarrollo social.

ACAC desarrolla diversos programas
cuyos fines son

integrar a la comunidad científica

y reforzar su compromiso con el

estudio de los problemas del país,

difundir el conocimiento científico

promover y apoyar la

investigación Científica & Tecnológica

e impulsar programas de apropiación social

de Ciencia y tecnología.

Correo electrónico acac@acac.org.co

www.acac.org.co

*Un paso adelante
en ciencia y
tecnología*

*Lea Innovación
y Ciencia...*



• ***Suscríbese ya por sólo \$ 36.000 al año*** •

*Al afiliarse a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia
recibirá la revista **TOTALMENTE GRATIS***

Sumario

EDICIÓN ESPECIAL MEDIO AMBIENTE, VOL. XI, No. 3 y 4.



**ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE
DE LA CIENCIA - A.C.A.C.**

Junta Directiva ACAC

Eduardo Posada Flórez
Guillermo Hoyos V.
Carlos Corredor P.
Marcelo Riveros R.
Édgar Alberto Paéz
Rubén Ardila
Horacio Torres S.
Raúl Joya O.
Helena Groot
Andrés M. Pérez
Jairo Giraldo
CIDEIM - Francisco Miranda
MALOKA - Nohora Elizabeth Hoyos
ACCEFYN - Moisés Wasserman

Presidente

Eduardo Posada Flórez

Directora Ejecutiva

Carmen H. Canvajal López

Editor

Mauricio Pérez Gil

Coordinación Editorial

Lorena Ruiz Serna

Asesores Académicos

Julio Carrizosa Umaña
Germán Márquez Calle

Comité Editorial

Carlos Corredor
Guillermo Hoyos
Moisés Wasserman
Horacio Torres
Ligia Consuelo Acosta
Libia Hernández

Consejo Editorial Internacional

León Lederman
Isabel Llano
Rodolfo Llinás

Producción Editorial y Diseño

Vesalius, Arte y Ciencia Ltda

Asistente Coordinación Editorial

Yuliett Arias

Corrección de estilo

Marina García

Fotografía

PhotoDisc, Germán Márquez Calle,
Sergio Trujillo Dávila y Cía,
IDEA - UNAL, Luis Eduardo Mejía,
Camilo Moreno.

Impresión

Panamericana Formas e Impresos S.A.

Distribución

Distribuidora Unidas

Innovación y ciencia es la revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC. DERECHOS RESERVADOS. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización expresa del Comité Editorial. La publicación no es responsable legal del contenido de la publicidad de cada edición. Los conceptos expresados en los artículos no reflejan necesariamente la opinión de los editores.

Resolución Ministerio de Gobierno No. 5447 del 9 de octubre de 1992. ISSN 0121-5140

Tarifa postal reducida No. 769 de Adpostal. Vence Diciembre de 2005

ACAC

Cra. 50 No. 27-70
Unidad Camilo Torres
Bloque C, Módulo 3
Teléfonos: 3150734 -
3155898 - 3155900. Fax:
2216950.

Email:
innovacionyciencia@
acac.org.co
Bogotá, D.C. - Colombia

Precio Venta Edición Especial al público: \$ 12.500.
Suscripción (4 números al Año): \$ 36.000

EDITORIAL

7

Medio ambiente en Colombia

INTRODUCCIÓN

9

Ambiente y Ciencia



Portada

Conocimiento y gestión

Ciencia, tecnología, y sostenibilidad

Ernesto Guhl Nannetti

12

El artículo se inicia con el planteamiento de la problemática ambiental originada por la intervención humana y con una presentación de definiciones y conceptos que permiten ver la evolución del problema. A continuación, precisa los elementos que configuran la situación actual y explora el tema de la sostenibilidad, las posibilidades que ofrecen la ciencia y la tecnología como herramientas para apoyar la búsqueda de la misma y concluye con la propuesta de un modelo de un sistema de ciencia y tecnología aplicado a los problemas ambientales y sus soluciones en el país.



Ecosistemas, condiciones de vida y futuro

Germán Márquez

24

Este artículo plantea dos tesis complementarias. La primera propone una relación entre deterioro ambiental y empobrecimiento de la población y del país en su conjunto. La segunda, posibles relaciones entre características ecológicas y fenómenos de violencia recurrentes en su historia. Con ellas se plantea incorporar los ecosistemas y su deterioro, como factores importantes en la configuración histórica del país. Además, se presentan opciones futuras, a la luz de la situación ambiental.

Quién ordena el territorio:

una respuesta desde la ecología humana basada en sistemas de alteridad

Germán Camargo Ponce de León

34

El desarrollo del territorio obedece más a la lógica de los actores particulares, pobladores o propietarios, y a otros factores endógenos que a la ordenación estatal. Esta autarquía depende de los sistemas de alteridad o modos de vida particulares que los actores locales aplican y reproducen en el territorio y de los mensajes del estado, no siempre concientes e intencionales. Una interpretación ecológica de cómo los sistemas de alteridad leen la oferta ambiental local, compiten por el espacio y sus recursos, lo ocupan y lo transforman, es la base del análisis y gestión del territorio como sistema autopoyético, susceptible de ser regulado mas no decretado.



Complejidad, interdisciplina y política ambiental

Julio Carrizosa Umaña

48

Las ciencias y las técnicas tienen que ver con cada política más de lo que generalmente se piensa. Casi todas las políticas ambientales diseñadas durante los últimos diez años han sido elaboradas por técnicos provenientes de las ingenierías o de la biología, con asesoría de abogados y de economistas; en estos procesos multidisciplinarios se presentan, generalmente, algunos problemas de fondo, sobre los cuales se reflexiona en este artículo.

El clima

¿Es posible pronosticar el cambio climático?

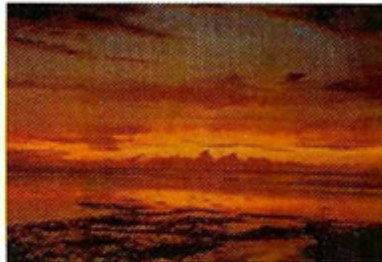
J. Daniel Pabón

La expectativa de un cambio climático que ya en el presente siglo podría hacerse notorio con marcados impactos en diferentes regiones del planeta, ha generado la necesidad de información acerca del clima del futuro, la cual puede ser muy útil para que la comunidad mundial logre prepararse, ser menos vulnerable y adaptarse a las nuevas condiciones; dicha información es valiosa para la planificación del desarrollo de muy largo plazo de los países del mundo.

56



PARTE II



El cambio climático y sus manifestaciones en Colombia

J. Daniel Pabón

La actividad socioeconómica mundial, a través de la emisión de gases y del cambio de las propiedades radiativas (absorción y reflexión de radiación solar) de la superficie terrestre por el uso del suelo, está alterando de diversas formas el balance de radiación (incrementando el efecto invernadero, entre otros) del sistema superficie-atmósfera que mantiene el clima del planeta. Esto está conduciendo hacia un *calentamiento global* de la atmósfera, el

68

cual es diferenciado en el planeta: algunas regiones tendrán mayor calentamiento que otras. Según el panel intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC, 2001a), la temperatura media global del aire ha aumentado en 0.6°C durante el último siglo. Si bien, hay muchos factores que intervienen en el clima de la tierra, se ha identificado que en el calentamiento global de la atmósfera la actividad humana empezó a hacerse bastante notoria en los últimos doscientos años aproximadamente.

Investigaciones aplicadas

Relaciones entre la aparición de casos de malaria y el clima en Colombia

Jairo Alberto García Giraldo

Se estudió el comportamiento de la malaria en Colombia, según la localización de la población rural en diferentes rangos de temperaturas, para un año en particular (1998). Se obtuvieron modelos de tipo arima con el clima como variable exógena para el comportamiento de la malaria a nivel de semanas epidemiológicas para dos municipios y un horizonte temporal de 210 semanas entre 1997 y el año 2000. Los modelos simulan satisfactoriamente el comportamiento de la enfermedad y permiten concluir que el clima de entre 4 y 7 semanas anteriores a la aparición de eventos epidémicos tiene influencia en el desarrollo de la enfermedad. Además, se encontró que en promedio llueve más en las semanas anteriores a los períodos epidémicos que en las semanas previas a los períodos endémicos de acuerdo con el rezago temporal de la precipitación indicado para la variable clima en los modelos.

76



PARTE III



Las selvas de catival chocono, escenarios de riqueza y singularidad biológica

Giovanni Córdoba

Colombia es uno de los países catalogados de megadiversos, con más de 45.000 especies de plantas y con el primer lugar en el mundo en número de orquídeas. Esta diversidad es especialmente importante en la región pacífica colombiana, donde se estima que existe un 10% de la diversidad del mundo. Para la mayoría de los grupos de seres vivos, incluyendo aves, mamíferos, reptiles, anfibios, mariposas y hormigas, la diversidad "in situ" más alta del mundo, se presenta en algún sitio de la alta Amazonia.

82



CONVENCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL

*mares,
ríos y
aguas
interiores*

Cartagena, Colombia
octubre 21/23
2004



Medio ambiente en Colombia

Para Innovación y Ciencia es muy grato ofrecer a sus lectores este número especial dedicado al medio ambiente, uno de los temas más críticos para la supervivencia de la especie humana. Hemos tenido la suerte de contar con la colaboración de connotados especialistas en este campo que cubren en sus artículos las diferentes áreas relacionadas con la biodiversidad, los ecosistemas, la relación del clima con la salud humana y el cambio climático.

Gracias a ello, el lector podrá formarse una completa opinión acerca de la situación de este importantísimo sector, no sólo en lo que a nuestro país se refiere, sino en sus repercusiones a nivel mundial.

Es evidente que para una nación dueña de una biodiversidad tan grande como la de Colombia, una tarea fundamental debe ser la de buscar estrategias para conocerla y preservarla. Para ello es fundamental, antes que todo, hacer un estudio serio de esa diversidad, a través de programas de investigación de largo plazo, diseñados no sólo para establecer inventarios sino para evaluar sus posibles aplicaciones comerciales y las mejores alternativas para su conservación.

Sin embargo, el tema del medio ambiente es quizás el que de manera más clara escapa a las fronteras políticas y a las limitaciones geográficas. Por ello, un Estado no puede establecer normas en ese campo sin tener en cuenta lo que ocurre a nivel mundial y, especialmente, en los países vecinos. Nada se obtiene con emprender acciones para la preservación de nuestro patrimonio biológico, si aquellos no toman medidas similares y protegen del mismo modo el suyo propio, que en la mayoría de los casos es muy similar al nuestro.

Igualmente, en lo relacionado con el clima, las medidas deben adoptarse a nivel mundial, tanto en lo que se refiere a la destrucción de la capa de ozono, como al efecto invernadero que, en buena parte, se deben a la actividad humana en el último siglo. A menudo se afirma a la ligera que la ciencia y el desarrollo tecnológico derivado de ella, son los principales responsables del actual deterioro ambiental, de la desaparición de numerosas especies y de los fenómenos climáticos mencionados atrás. Sin embargo, es cierto que la mayor parte del crecimiento indus-

trial del siglo pasado se hizo sin miramientos hacia el medio ambiente, lo que causó un innegable deterioro del entorno; también lo es que la comprensión de la magnitud del problema y la búsqueda de soluciones vinieron de la comunidad científica mundial que, además, ha contribuido de manera decisiva a la toma de conciencia por parte de la sociedad acerca de la urgencia de poner en marcha estrategias adecuadas sobre este tema.

No hay duda de que, a largo plazo, la solución de los problemas ambientales requiere aún muchísima investigación. El comportamiento del clima a mediano y largo plazo, por ejemplo, está muy lejos de ser comprendido en su totalidad. En el pasado, la tierra ha tenido grandes variaciones climáticas ajenas a cualquier tipo de actividad humana y atribuibles a causas mal conocidas, relacionadas ya sea con fenómenos astronómicos como la inclinación del eje de la tierra, la actividad solar, el vulcanismo terrestre o con fluctuaciones de la actividad biológica en nuestro planeta.

Un tema que tiene obvia relación con el desarrollo productivo reciente es el de la contaminación de los cauces de los ríos y aguas dulces que, al igual que el de la disposición de residuos sólidos, está directamente relacionado con la actividad del sector agropecuario e industrial.

Los problemas mencionados requieren soluciones técnicas eficientes y la toma de decisiones políticas que deben buscarse dentro de un consenso tanto regional como nacional e internacional. Desafortunadamente, las respuestas existen pero, en muchos casos, es imposible implementarlas; ejemplo de ello, es la actitud asumida por algunos países que ven en el protocolo de Kioto un obstáculo a su desarrollo económico a corto plazo, sin tener en cuenta las consecuencias que estos problemas pueden traer a escala planetaria.

Esperamos que este número de Innovación y Ciencia se constituya en una herramienta valiosa de consulta y que, más aún, contribuya en alguna forma al debate sobre este tema en nuestro país.

EDUARDO POSADA FLÓREZ
Presidente.

CARMEN HELENA CARVAJAL
Directora Ejecutiva.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

IDEA

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES



Docencia

Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo
(Gestión Ambiental y Economía Ecológica)
Maestría Modalidad Virtual

Investigación

Ambiente y desarrollo, Ecología y sociedad,
Gestión ambiental urbana y municipal, Cultura
y ambiente, Movilidad, transporte y ambiente,
Política ambiental....



COLOMBIA,
UN PAÍS IRREPETIBLE.



Extensión

Revista Gestión y Ambiente, publicaciones,
página web, extensión solidaria

Convenios y asesorías con entidades públicas
y privadas: ordenamiento, planificación, gestión...

PUBLICACIONES RECIENTES

- ▶ Colombia un país irrepensible. Introducción a los ecosistemas tropicales (video documental)
- ▶ Colombia de lo imaginario a lo complejo – Julio Carrizosa
- ▶ Cultura y ambiente – Olga María Bermúdez

www.idea.unal.edu.co

Ambiente y ciencia

En esta edición de Innovación y Ciencia se encuentran los resultados de una primera convocatoria de la ACAC a la comunidad ambientalista en busca de un tratamiento científico-técnico riguroso de los problemas ambientales. Los dos primeros artículos tratan acerca de las dificultades conceptuales que se encuentran al tratar estos problemas enfocándolos como asuntos cognitivos. El doctor Ernesto Guhl Nanetti proporciona una buena síntesis de algunas de las posibilidades planteadas, desde la obsesión de Humboldt por describir la totalidad de la realidad, pasando por la reciente introducción de los conceptos de límite, huella ecológica y sostenibilidad. Guhl propone un modelo que utilice el concepto de calidad del sistema y que maneje la relación entre conocimiento del mismo y disminución de la presión de demandas sobre éste como un indicador de las actividades educativas y de gestión ambiental.

El siguiente artículo, del biólogo Germán Camargo utiliza la estructura conceptual de la ecología humana para proponer el análisis de sistemas de alteridad como instrumentos de ordenamiento territorial. La propuesta de Camargo apunta a presentar una opción a las dificultades prácticas que encuentra la acción del Estado. Germán Márquez proporciona una síntesis del trabajo adelantado en el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia sobre ecosistemas, condiciones de vida y futuro de los territorios del país. Los resultados de este análisis conducen, como dice Márquez a afirmar la necesidad del pago de la deuda ecológica y de los servicios ecológicos para solucionar los problemas de un "país ingobernable por la fuerza". El autor de esta introducción, contribuye en esta edición con un artículo acerca de algunas reflexiones de cómo diseñar una política ambiental efectiva e involucrar un trabajo interdisciplinario y complejo.

Daniel Pabón proporciona en los dos artículos siguientes una clara visión del cam-

bio climático recordando las dificultades y los límites del pronóstico del clima y teniendo en cuenta los problemas de "conocimiento incompleto" y "conocimiento incognoscible".

El doctor Jairo Alberto García presenta los estudios que se adelantan en el IDEAM sobre las relaciones entre malaria y clima, tema sensible al cambio climático global. García confirma los intervalos de temperatura en donde se desarrollan los insectos portadores y proporciona nuevas informaciones sobre las relaciones entre la precipitación de lluvia y los brotes epidémicos de la enfermedad en Colombia. Finalmente, Giovanni Córdoba aporta una explicación de la existencia de "enclaves de homogeneidad" en medio de la diversidad biológica de la selva de la Costa del Pacífico. Para Córdoba la existencia de bosques homogéneos de cativo se debe a los atributos biológicos de la especie los cuales le han proporcionado ventajas adaptativas a los ecosistemas inundables.

Todos los aportes muestran los avances en la construcción de un ambientalismo preocupado, tanto por los problemas conceptuales, como por la posibilidad de predicción. Es interesante observar que detrás de cada uno de los autores están algunas de las instituciones creadas durante los últimos veinte años para estructurar la investigación ambiental; organizaciones no gubernamentales, institutos universitarios e institutos oficiales han proporcionado bases más firmes que las que poseía el país a finales del siglo XX.

Julio Carrizosa Umaña

Profesor Titular,
Instituto de Estudios Ambientales,
Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia.
E-mail: carrizo@telecom.com.co



PARTE I



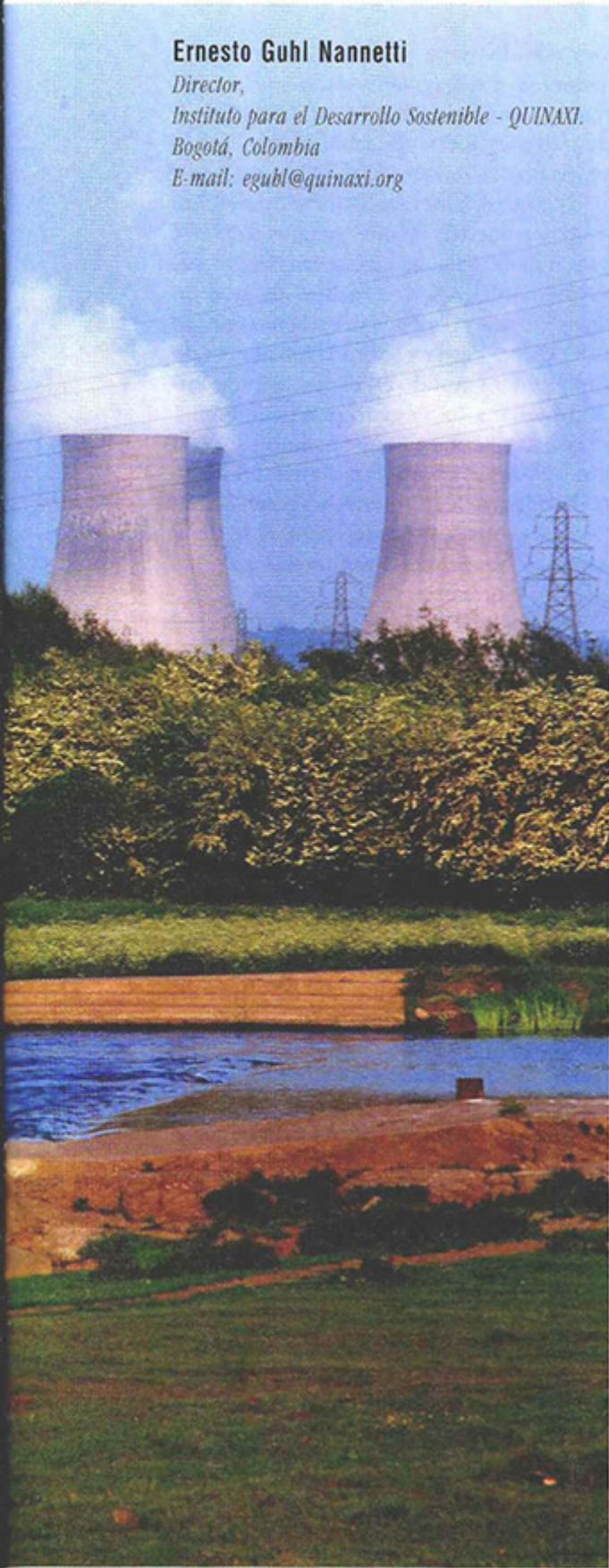
Conocimiento y gestión



Ciencia, tecnología, y sostenibilidad



Existen muchas maneras de entender el concepto de “lo ambiental” según la persona que lo defina. Para algunos significa el mundo natural al margen de la intervención humana; otros lo asocian con el ambiente rural; algunos lo entienden como la naturaleza incluyendo al ser humano como parte de ella, para otros se confunde con la ecología y aun otros lo identifican, desde una perspectiva antropocéntrica, como todo aquello que los rodea pero sin incluirlos.



Ernesto Guhl Nannetti

Director,

Instituto para el Desarrollo Sostenible - QUINAXI.

Bogotá, Colombia

E-mail: egubl@quinaxi.org

De acuerdo con los avances más recientes, se define lo ambiental como el espacio de interacción entre el mundo natural y el mundo cultural, es decir como el espacio de relación sociedad-naturaleza. Desde esta perspectiva se hace evidente que entre sus características se destaca, por su importancia, la complejidad. Si el mundo social es cambiante, amplio, diverso e incierto, al igual que el mundo físico, constituido por relaciones basadas en delicados equilibrios dinámicos entre sus diversos componentes bióticos y abióticos, con mucha mayor razón lo será su interacción que entrecruza multitud de variables y efectos recíprocos con diversos grados de intensidad y magnitud.

Esta aproximación plantea lo ambiental como una extensa y amplia red de relaciones, en la cual interviene un enorme número de variables. Los resultados de estas interacciones pueden ser muy difíciles de predecir e incluso a veces resultan inimaginables. Lo ambiental tiene un alto grado de incertidumbre y se mueve en una dimensión temporal que hace que los efectos de la relación entre los procesos sociales y la base natural sean poco perceptibles en la escala temporal de los acontecimientos individuales.

En realidad podría decirse que lo que hace esta definición es dar un nuevo nombre a una antigua y persistente meta de los científicos, que han querido encontrar una visión totalizante que abarque las causas de los diversos fenómenos y su relación. Por ejemplo, hace 200 años Alexander von Humboldt, descubridor científico del trópico americano, antes de su largo viaje por las colonias españolas de América lo establece de la siguiente manera "coleccionaré plantas y animales, estudiaré la temperatura, la elasticidad, la composición magnética y eléctrica de la atmósfera, la descompondré, determinaré las longitudes y los paralelos geográficos, mediré montes; pero en realidad éste no es mi objetivo final. Mi verdadera y única finalidad es investigar como se entretajan todas las fuerzas naturales, la influencia de la naturaleza muerta sobre el mundo vivo animal y vegetal.¹⁷ En

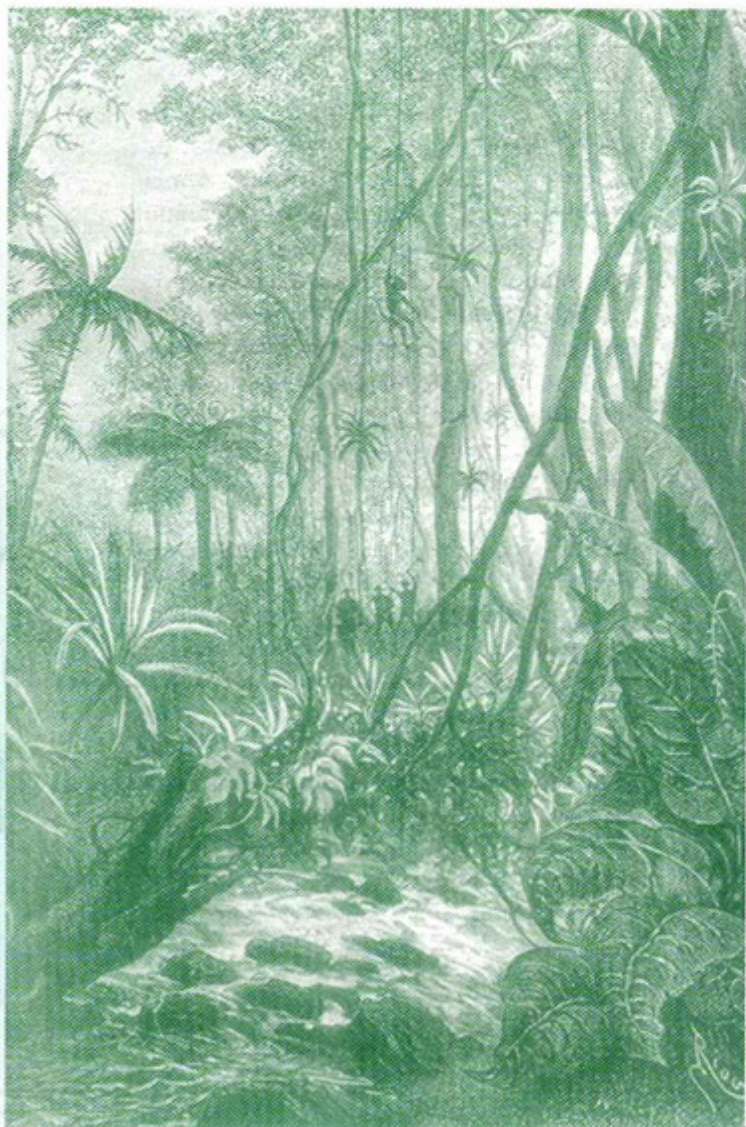
su Cosmos, habla de los fenómenos naturales como "una concatenación general que no presenta una dirección sencilla y lineal, sino que conforma un tejido que se entrelaza en forma de red- y en su diario expresa que «todo es interacción.» Puede decirse que la visión "humboldtiana" de la naturaleza y el ser humano se anticipa a Haeckel, quien definió formalmente la Ecología, y que corresponde con bastante cercanía a la actual definición de lo ambiental.

Sin embargo, a principios del siglo XIX el mundo estaba en expansión, estaba descubriéndose. Existían fenómenos y organismos desconocidos para los europeos, al igual que vastos recursos y territorios

inexplorados y se tenía la idea de que la naturaleza era inagotable dado que la intervención humana sobre los ecosistemas no era aún muy fuerte. En cambio hoy en día, en el amanecer del siglo XXI, existe una gran claridad, lamentablemente no siempre tenida en cuenta, de que estamos llegando a los límites de la naturaleza en cuanto a sus recursos y servicios, e incluso de que en algunos casos y regiones ya los hemos traspasado. Es esta certeza sobre la existencia de límites en un mundo en el que la intervención humana ha llegado prácticamente a todos sus rincones, la que ha impulsado la sostenibilidad como paradigma del aprovechamiento de los bienes y servicios que ofrece el mundo natural, es decir de la oferta ambiental y de los procesos de desarrollo.

Desde esta perspectiva se comprende la necesidad de que la planificación, el manejo, y la solución de los problemas y las situaciones ambientales cambien hacia el uso de herramientas apropiadas a su carácter. Para lograrlo es necesario consolidar y adoptar formas de pensamiento y de acción adecuadas a la complejidad de lo ambiental y a la conciencia sobre los límites de la naturaleza. Es decir, llevar a cabo una transformación cultural exigente y profunda porque supone dar espacio a la curiosidad, liberar la imaginación y la creatividad, pensar con flexibilidad y aceptar la gradualidad en los resultados.

Las formas de pensamiento y de acción convencionales, así como los modelos tradicionales, corresponden a visiones simplistas y parciales de la realidad que consideran solamente pocas variables. De ellos se esperan resultados predecibles y concretos en tiempos definidos mediante la aplicación de herramientas en las que dominan las creencias dogmáticas en la causalidad



simple y en la linealidad. Su utilización en los temas ambientales puede ser muy equivocada e incluso peligrosa, dado su carácter complejo, como corresponde a redes de interacción entre muchas variables, ya que en ellas no es posible confiar en simplificaciones elementales de este tipo.

Los límites

Al igual que los demás organismos, las sociedades humanas modifican el ambiente en que viven. La presión que ejercen sobre el planeta y sus recursos ha venido incrementándose a lo largo de la historia con el crecimiento demográfico, con los usos y costumbres y con el avance tecnológico. A partir de la revolución industrial, y cada vez con mayor intensidad, esta presión ha aumentado propulsada por la generalización de patrones de consumo insostenibles, y por valores, metas e ideales sobre la calidad de la vida y sobre el éxito, asociados con niveles de bienestar inalcanzables para la mayoría de la población mundial. En realidad, el impacto de la acción humana es de tal magnitud en este momento por su escala y velocidad, que ha producido una situación sin antecedentes en la historia: alterar el planeta más rápidamente de lo que logramos entender.

Si se mira hacia el futuro, la tendencia hacia la globalización de estos patrones e ideales provenientes de los países del Norte, alcanzados a través de la apropiación unilateral de los recursos globales y la preponderancia del "capitalismo salvaje" como modelo de desarrollo, acelerarán las demandas por recursos y servicios ambientales haciéndolas cada vez más insostenibles.

Sería un listado casi interminable el de los efectos negativos del modelo económico dominante sobre el planeta y el funcionamiento de sus ecosistemas, pero no se trata de ello ni de revivir una postura ya superada en defensa a ultranza de la naturaleza. Vale la pena dar un ejemplo ilustrativo de estos efectos, tomando el caso del agua por su importancia vital: debido al crecimiento demográfico y al aumento del

consumo impulsado por los patrones de uso del recurso, la población que carecerá de una cantidad "adecuada" de agua se multiplicará por 7 entre 1990 y 2025, año en el cual 3.000 millones de personas vivirán en países con algún grado de escasez de agua.

Este aumento en la presión sobre la disponibilidad de agua se incrementará tan fuertemente en las próximas décadas que dará origen a situaciones de conflicto entre países que comparten cuencas hidrográficas como puede ser el caso del Nilo, cuya cuenca se reparte entre nueve países con necesidades crecientes por el recurso, o las de los ríos Tigris y Éufrates compartidas por Turquía, Siria e Irak, que requieren ampliar su disponibilidad de agua agregando un elemento explosivo a la difícil situación existente.

*Al igual que los demás organismos,
las sociedades humanas modifican
el ambiente en que viven.*

La huella ecológica

Se ha desarrollado el concepto de "huella ecológica" para medir el área requerida por un ciudadano promedio de una determinada economía para generar los bienes y servicios ambientales, incluyendo la disposición y manejo de los residuos que produce.² La comparación entre el valor de este indicador para diversos contextos culturales muestra resultados muy interesantes.

Si se dividiera la tierra ecológicamente productiva de manera equitativa entre la población del planeta, a cada uno de nosotros nos correspondería en la actualidad un área equivalente a un círculo con un diámetro de 138 m. Una sexta parte de este círculo estaría destinada a tierra cultivable, el resto

se distribuiría entre potreros, bosques y espacios naturales y área construida. Pero si algunos de los habitantes requieren un área tres veces superior al promedio dictado por la equidad, como es el caso de los estadounidenses, tres personas de otras partes del mundo deben contentarse con solamente un tercio de ella. Esto conduce a la conclusión de que hay países que ya han ocupado la totalidad de su área ecológica y que deben "importarla" de otros países y regiones para mantener su actividad económica y su nivel de vida.

El análisis también permite señalar que la huella ecológica de la población del planeta en su conjunto ha excedido en una tercera parte su capacidad de soporte de la actividad humana. La única posibilidad de mantener funcionando el voraz modelo económico vigente es consumiendo cada vez más "capital natural", lo cual lo hace insostenible cuando se superan los umbrales que garantizan el funcionamiento de los sistemas de soporte de la actividad económica y social, condenando a nuestros hijos a vivir en un planeta ambientalmente empobrecido.

Vale la pena destacar que los valores y los patrones de consumo juegan un papel fundamental en la sostenibilidad y que ella no depende únicamente del crecimiento demográfico. El análisis de la huella ecológica muestra que su valor varía de

acuerdo con los modelos culturales, tecnológicos y económicos. Así por ejemplo, cada estadounidense requiere 5,1 hectáreas para satisfacer sus necesidades, un canadiense 4,3 hectáreas, el promedio mundial se estima en 1,8 hectáreas y en la India se requieren 0,4 hectáreas. Es decir, ¡casi 13 veces menos que un estadounidense! La pregunta obvia es si éste es también 13 veces más feliz que un indio, por el hecho de consumir muchos más recursos.

La sostenibilidad

La sostenibilidad es uno de esos conceptos que todo el mundo acepta pues se entiende como algo bueno y deseable. Más aún, en un momento en que todo parece estar cambiando, la sostenibilidad resulta algo estable y atractivo. Por estas razones el concepto se ha vuelto muy popular y está presente prácticamente en todas las propuestas de políticas y programas tanto públicos como privados.

Pero al igual que otros ideales abstractos como la justicia, la paz o la verdad, su definición no es asunto fácil, ya que por su naturaleza compleja y la carga ideológica que conlleva, puede variar mucho entre culturas y aún entre individuos. Precisamente la amplitud del concepto es una razón para su popularidad.

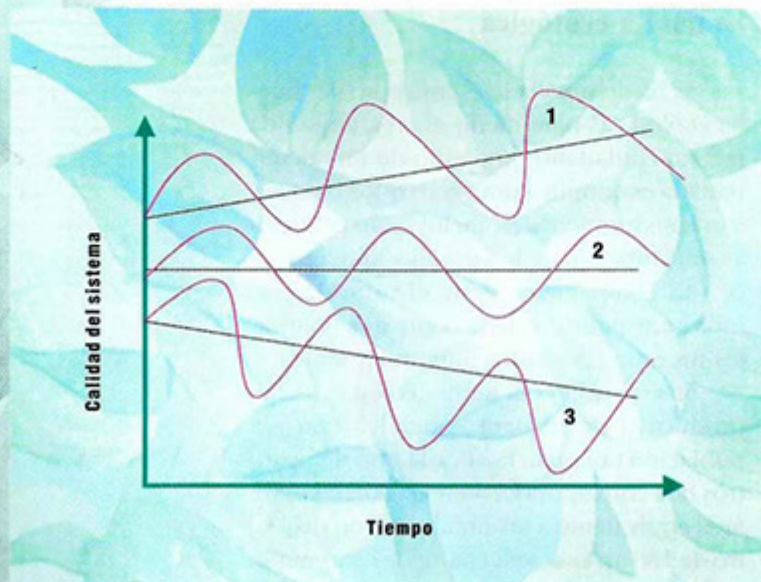
Pero ¿qué significa en términos más concretos la sostenibilidad? Algunos estudiosos del tema dan definiciones como las siguientes:³

"La capacidad de un sistema para mantener su producción a un nivel aproximadamente igual o mayor que su promedio histórico, con la aproximación determinada por el límite histórico de variabilidad". Lyman y Herdt (1989).

"Maximizar los beneficios netos del desarrollo económico, sometidos a mantener los servicios y la calidad de los recursos naturales en el tiempo". Ponce y Turner (1990).

"La sostenibilidad de los ecosistemas naturales puede definirse como el equilibrio dinámico entre los flujos naturales de entrada y salida, modificados por eventos

Figura 1. Esquema simplificado del concepto de sostenibilidad.



externos tales como el cambio climático y los desastres naturales". Fresco y Kroonenberg (1992).

"La sostenibilidad puede definirse como un balance dinámico entre tres elementos interdependientes: 1. La protección y mejora de los recursos y los ecosistemas naturales; 2. La productividad económica y 3. La provisión de infraestructura social como empleo, vivienda, educación, atención médica y oportunidad cultural". Dominsky et al (1992).

Estas definiciones destacan dos características básicas del concepto: su amplitud y su complejidad. La primera corresponde a su naturaleza jerárquica, que como se dijo, lo asimila a altos valores como la paz, la justicia o la verdad. Dado que existen diversas visiones de lo justo, lo pacífico, lo verdadero, o lo sostenible, se requiere llegar a compromisos o acuerdos para poder encontrar una definición "aceptable" que permita formular políticas y proyectos para buscarla.

La segunda característica, la complejidad, implica la presencia de diversas áreas y elementos que interactúan de manera sistémica para producir resultados que la mayoría de las veces son difíciles de prever. La sostenibilidad debe incluir la interacción de las variables ecológicas, sociales y económicas. Por lo tanto, las concepciones holísticas y sistémicas son fundamentales para llevar el concepto a algún grado de aplicabilidad.

Además de las anteriores características existen otras variables fundamentales para aplicar la sostenibilidad. Las más importantes de ellas son la escala y el tiempo. La búsqueda de la sostenibilidad debe darse sobre territorio definido, como una finca, una cuenca, un municipio, un ecosistema, una región, un país, un continente o en último término el planeta, pero todos ellos son interdependientes para lograrla. De la misma manera, la definición del horizonte de tiempo en que se trabaje para aproximarse a la sostenibilidad es también esencial ya que puede abarcar desde unos pocos años, hasta décadas o

Hay países que ya han ocupado la totalidad de su área ecológica y que deben "importarla" de otros países y regiones para mantener su actividad económica y su nivel de vida.

incluso siglos, dependiendo de la meta que se busque alcanzar.

Para avanzar hacia una mayor claridad se presenta la *figura 1* que muestra de manera esquemática y simplificada una aproximación a este concepto.

Los escenarios 1 y 2 muestran condiciones en que la "calidad del sistema" se incrementa (1) o se mantiene constante (2) a lo largo del tiempo, es decir que son "sostenibles" y el escenario (3) es insostenible ya que la "calidad del sistema" se degrada con el tiempo.

Esta simplificación supone juicios de valor, pues el término "calidad del sistema" está impregnado de relatividad, ya que la percepción de la calidad puede variar de una persona a otra o entre comunidades.

La siguiente expresión matemática simplificada ayuda también a clarificar aún más el concepto:

$$K_t = K_n + K_m + K_s + \dots + K_h$$

Donde para que haya sostenibilidad debe cumplirse que:

$$DK_t \geq 0$$

K_t = Capital total: es el valor total de los activos, servicios y productos de que dispone una comunidad ubicada sobre un territorio dado en un momento determinado.

K_n = Capital natural: es el valor de los recursos naturales y servicios ambientales, incluyendo los procesos biofísicos y las relaciones entre los componentes de la ecosfera que proveen servicios de soporte para la vida en ese territorio.

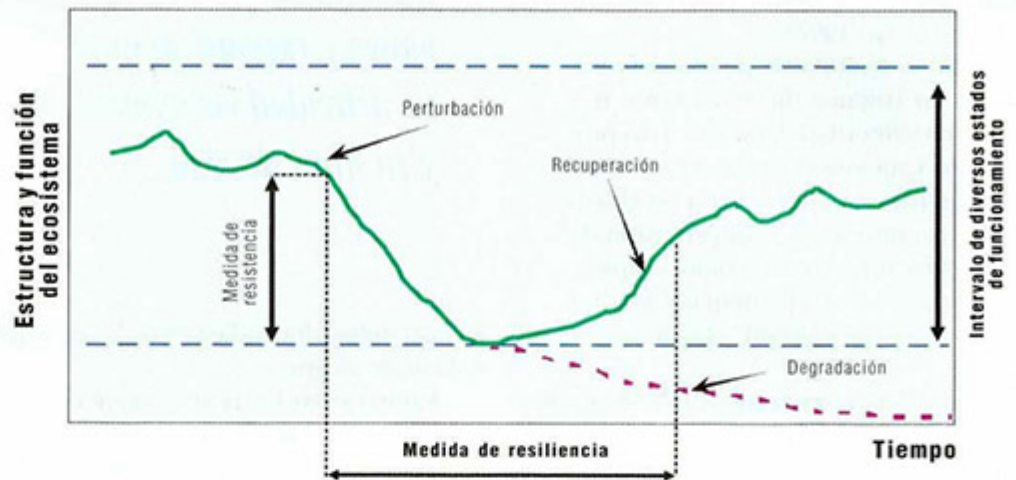


Figura 2.
Esquema de
respuesta de un
ecosistema a una
perturbación

Fuente: Adaptado de Vogt, Gardon, Wargo et al.

Km = Capital manufacturado: es el valor de los activos y de la producción de bienes y servicios que realiza la población del territorio en consideración. Es decir, es el valor del capital creado por la sociedad en su actividad.

Ks = Capital social: es el conjunto de las normas, reglas y costumbres que hacen posible que la comunidad viva y progrese de manera armoniosa y pacífica.

Kh = Otras formas de capital presentes en la comunidad y zona bajo estudio que pueden ser el conocimiento, el arte, los recursos financieros, etc.

DKt = Cambio en el valor del capital total en el período de tiempo en consideración.

Para que una determinada situación sea sostenible en el tiempo, se debe cumplir la condición de que el capital total aumente o por lo menos se mantenga constante.

La figura 2 muestra la respuesta de un ecosistema con respecto a su estructura y función, a la perturbación generada por la presión causada por el uso de los recursos naturales y servicios ambientales. Los umbrales que definen la sostenibilidad, están dictados por la capacidad del ecosistema para reproducirse y recuperarse y para absorber los impactos ambientales, es decir, por su capacidad de carga y por su resiliencia.

¿Qué hacer?

El papel de la ciencia y la tecnología

Como conclusión de lo expresado, es claro que nuestra "civilización" está socavando la capacidad de soporte de los sistemas naturales del planeta y nos ha conducido muy cerca de los límites del crecimiento que vislumbrara el Club de Roma a principios de la década de los setenta.⁴

La comunidad internacional ha reconocido la necesidad de reducir la pobreza en el mundo, no solamente por razones de equidad, sino por consideraciones ambientales. Si se busca mejorar las condiciones de vida de la gran población mundial que carece de los niveles de bienestar requeridos para una vida sana y productiva, es indispensable cambiar las formas de relación sociedad-naturaleza. Además, aunque en éste momento suene utópico, es posible elevar el nivel de vida de la población de los países del Tercer Mundo, aumentando su participación en la distribución de los recursos y de la riqueza planetarios que en buena medida se originan en ellos.

El reto que enfrenta hoy el mundo, consiste en hacer compatible la expansión de los beneficios del desarrollo, expresados en mejoras de la calidad de vida a una población creciente, con una cantidad de recursos naturales y servicios ambientales limitada y en muchos casos decreciente. En

otros términos se trata de lograr formas de desarrollo inmersas en un marco de principios integrador, equitativo y sostenible.

Es aquí donde surgen la ciencia y la tecnología como herramientas poderosas para contribuir a la búsqueda de la sostenibilidad, superando los viejos conceptos deterministas, que pretendían supeditar al ser humano y sus posibilidades de bienestar y progreso a los factores físicos del entorno. La solución al dilema expresado, al igual que el peligro de no resolverlo, radica en la mente humana.

Para precisar esta idea, se pueden dar como ejemplos dos líneas estratégicas en las que se ve el papel que pueden jugar la Ciencia y la Tecnología para obtener formas sostenibles de aprovechamiento de los recursos naturales y del medio ambiente, teniendo en cuenta los ambientes culturales en que se apliquen.

Mejorar el conocimiento de los ecosistemas nacionales y su funcionamiento con fines de conservación y aprovechamiento

El conocimiento de las características biogeográficas y socioeconómicas del territorio es un requisito para lograr su aprovechamiento sostenible. Pero este conocimiento, que parte de la investigación científica básica, agrupa una gran cantidad de ramas de las ciencias naturales y sociales como la geología, la hidrología, la botánica, la zoología, la ecología, la climatología, la geografía, la antropología, la economía y la sociología. Además, tiene características que debe cumplir para ser útil en la formulación de metas y políticas ambientales y lograr el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de los servicios ambientales.

Existen diferentes escalas de trabajo y de recopilación de información que tienen propósitos diferentes. En términos generales puede decirse que la información necesaria para la gestión ambiental en el campo biogeográfico disponible en el país, se encuentra en escalas que no tienen el grado de precisión adecuado para formular proyectos que sirvan para corregir problemas o situaciones ambientales, o para lograr métodos sostenibles de aprovechamiento. Pue-

de afirmarse sin mucho temor a equivocarse, que la línea base ambiental del país se encuentra todavía en un nivel incipiente de desarrollo y que es más útil para efectos descriptivos y de información general, que para apoyar una gestión orientada al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente.

Adicionalmente, la información se encuentra disgregada en diferentes entidades y no es fácil consolidarla para contar con visiones integrales del territorio y mucho menos para facilitar la consideración de las interacciones entre las diferentes variables y fenómenos. Diseñar y construir un sistema de información que permita lograrlo no es tarea sencilla y debe desarrollarse de manera acumulativa y creciente, para que paulatinamente sea más refinado y preciso con el tiempo.

Pero mientras esto sucede y, dado que el esfuerzo para lograr un conocimiento adicional muy especializado puede ser sumamente demandante en términos de tiempo y costo, el camino posible para actuar rápida y racionalmente, parece ser la identificación de los temas más prioritarios e importantes, es decir, "las variables dominantes" que configuran un territorio determinado y trabajar con ellas. Esta aproximación requiere métodos y herramientas de planificación ambiental nove-

Nuestra "civilización" está socavando la capacidad de soporte de los sistemas naturales del planeta y nos ha conducido muy cerca de los límites...

dosos que involucren la complejidad y la interdependencia entre las múltiples variables.

En último término, este proceso debe conducir a formas de desarrollo sostenibles, basadas en el ordenamiento del territorio y

el aprovechamiento de las potencialidades de su oferta ambiental para lograr productos que den valor al capital natural, con lo cual se garantiza su conservación.

Estos productos pueden ir desde la agricultura orgánica hasta bienes resultantes de procesos muy sofisticados. Así por ejemplo, Colombia es uno de los países megadiversos y esta característica podría cambiar nuestra posición de país exportador de materia primas sin valor agregado, a la de productor y exportador de productos tropicales con alto contenido de conocimiento y tecnología. A diferencia del carbón o del petróleo cuyo horizonte temporal es finito, la biodiversidad, si sabemos conocerla y utilizarla mediante la investigación científica y la tecnología sumadas a los conocimientos tradicionales, se puede convertir en una fuente inextinguible de riqueza.

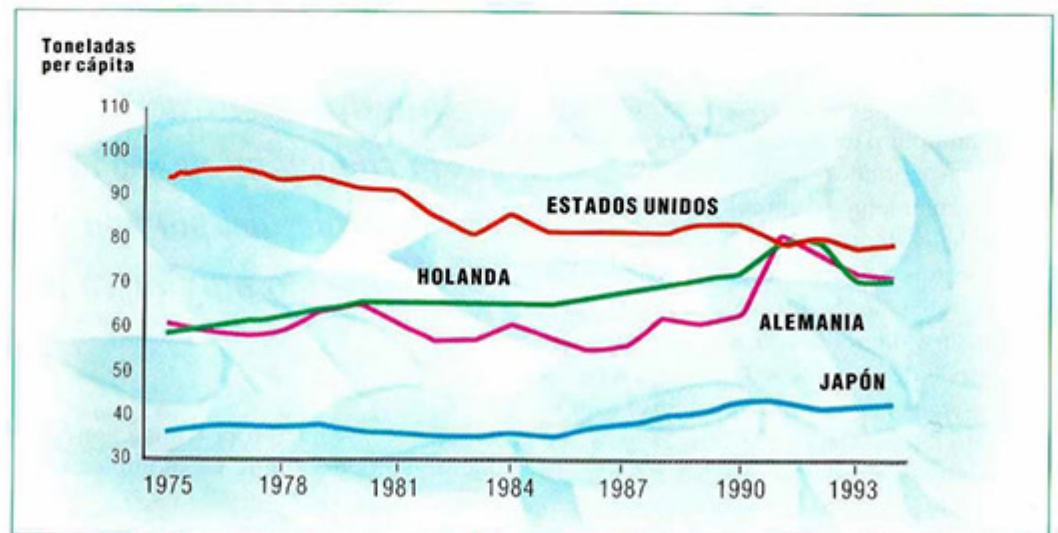
Desde luego, el camino por recorrer no es fácil. Será necesario continuar realizando los inventarios de la biodiversidad nacional y abocar su conocimiento científico; desarrollar productos que tengan valor en el mercado internacional y generar tecnologías que agreguen valor y trabajo nacional;

ser capaces de industrializar su producción y adelantar los lentos procesos de ensayos y obtención de patentes para colocarlos en el exterior.

Colombia es uno de los países megadiversos y esta característica podría cambiar nuestra posición de país exportador de materia primas sin valor agregado...

La industria farmacéutica, fundamentalmente ubicada en los países del norte, es una de las más importantes y rentables del mundo y, en buena medida, se basa en el aprovechamiento de la biodiversidad. Los procesos de investigación y desarrollo de productos nuevos, implican una alta capacidad técnica y científica y abundantes recursos económicos y temporales. De acuerdo con experiencias en éste campo, la colocación de un nuevo producto farmacéutico en el mercado internacional con posibilidades de éxito comercial, requiere

Figura 3. Demanda y flujo total de materiales anuales per cápita



Fuente: Adaptado de Adriaanse Albert et al. Resource flows: the material basis of industrial economies; Washington; WRI; 1997.

entre 12 y 18 años y una inversión de alrededor de US \$ 120 millones.⁵ La posibilidad de realizar alianzas estratégicas equilibradas, con empresas que cuenten con los recursos para lograr estos propósitos es una alternativa inicial muy atractiva.

Disminuir la presión sobre el territorio y sus recursos

La preocupación por el tamaño de la huella ecológica de nuestra civilización y su rápido crecimiento han conducido a que se

...a la de productor y exportador de productos tropicales con alto contenido de conocimiento y tecnología.

plantee la posibilidad de reducir el consumo de materia y energía por unidad de producción, para satisfacer las necesidades de la población de una manera menos agresiva con la naturaleza. Los sistemas industriales transforman los recursos naturales en alimentos, ropa, medicamentos, materiales de construcción y, en general, en los bienes de consumo y de capital que conforman el bagaje material que define nuestra forma de vivir. Además, la mayoría de estos productos y los residuos de su fabricación y uso retornan al ambiente, creando flujos de materia y de energía que requieren de espacio y de los servicios ambientales de recuperación y de autodepuración.

El consumo y la transformación de los recursos naturales y del paisaje pueden hacerse más leves para el ambiente, si se cuenta con procesos industriales más eficientes y eco-amigables. Los países industrializados de la OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), han planteado la meta de reducir en el largo plazo su intensidad en el uso de materiales por un factor de 10. Es decir, adelantar un

proceso de "desmaterialización" de la economía con base en mejores diseños, en la investigación y desarrollo de procesos industriales más eficientes en términos de consumo de recursos y en el desarrollo de equipos y de bienes de bajo impacto ambiental.

Los estudios realizados sobre este tema han utilizado el concepto de la Demanda Total de Materiales (DTM) de una economía, que se define como el total de flujos de recursos naturales primarios y los flujos indirectos que ellos implican, tanto locales como importados, incluyendo las alteraciones deliberadas del paisaje. Este valor es una medida en unidades físicas de la actividad económica y complementa los indicadores monetarios de un país como su Producto Nacional Bruto. La DTM es también una medida aproximada de la presión que ejerce una economía sobre el medio ambiente.

Los análisis hechos muestran que los valores de la DTM per cápita de tres países industriales, Alemania, Holanda y Estados Unidos se han venido nivelando entre 75 y 85 toneladas métricas por persona/año. En cambio en el Japón, uno de los países más desarrollados, este valor es aproximadamente la mitad del que se requiere en los anteriores, que son los que se consideran como líderes del modelo «deseable». Estas cifras indican como los cambios en patrones de consumo y las variables culturales pueden apoyar la sostenibilidad sin reducir la calidad de vida de la mayoría de la población. La *figura 3* presenta estos resultados.

Si se analiza el comportamiento de este índice a lo largo del tiempo relacionándolo con el PNB, se encuentra que en las últimas décadas ha existido un modesto progreso en términos de desmaterialización de la economía para los países analizados, lo que señala hacia el potencial de buscar tecnologías menos intensivas en el uso de materiales abriendo un campo muy prometedor en su investigación y desarrollo. Adicionalmente, este camino se ve estimulado por las normas y regulaciones

Figura 4. Esquema ilustrativo del Plan-Proceso.

ambientales que está asumiendo la comunidad internacional en términos de restricciones comerciales.

Naturalmente la estrategia de reducir la presión sobre la naturaleza debe ser

integral y cubrir muchos otros sectores además del industrial. Por ejemplo, los proyectos agrícolas o el diseño, construcción y operación de la infraestructura de transporte para prevenir y reducir sus



Características:

- Las actividades señaladas en los planes anuales son continuas. Su mención en uno de ellos significa énfasis en ese periodo.
- Los resultados del sistema deben darse desde el principio e irse incrementando y consolidando en el tiempo.
- Los dos primeros planes multianuales deben tener un gran énfasis en el fortalecimiento institucional y la formación de recursos humanos.
- Los flujos financieros deben ser continuos y crecientes en el tiempo y cumplir los acuerdos intragubernamentales establecidos.

Fuente: Hacia una política de Investigación Ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales, IDEA, 1998.

severos impactos ambientales, son otros campos abiertos a la investigación y el desarrollo. Por otra parte, los cambios culturales para mejorar la relación sociedad-naturaleza son parte esencial de esta estrategia.

El nuevo modelo

La incorporación de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en un modelo innovativo que reduzca la presión sobre la naturaleza y aproveche sosteniblemente las potencialidades naturales del país, transformándolas en productos con valor agregado para el mercado mundial; es un objetivo de largo plazo que requiere voluntad política, estabilidad y apoyo financiero para dar resultados.

Existe una base institucional muy valiosa, conformada por los institutos de investigación científica del Sistema Nacional Ambiental, los centros de investigación públicos y privados, las universidades y programas académicos y una red de relaciones con el exterior que permitiría consolidar y desarrollar el sistema de ciencia y tecnología para los propósitos buscados.

El IDEA de la Universidad Nacional investigó este tema en 1998 y formuló una propuesta de desarrollo científico y tecnológico para apoyar un modelo de desarrollo sostenible para el país.⁶ Este trabajo propuso una serie de planes para varios años que permitirían ir consolidando paulatinamente la capacidad científica nacional en relación con el medio ambiente. Se planteó una secuencia de cuatro planes con una duración de 4 a 5 años cada uno, en los cuales se establecieron objetivos que deberían conducir al propósito buscado. La *figura 4* presenta esta secuencia y los programas instrumentales de apoyo necesarios para cumplir con los planes.

En forma resumida puede decirse que las estrategias propuestas buscan la definición política de las líneas básicas de investigación y desarrollo, la consolida-

ción de la estructura investigativa nacional, la sistematización y difusión de los resultados que se vayan obteniendo y, naturalmente, el estímulo a los procesos de investigación básica y desarrollo y la aplicación generalizada de nuevas tecnologías para el manejo sostenible de la oferta ambiental.

En lo que se refiere a los programas instrumentales de apoyo, se proponen como esenciales el apoyo financiero a la propuesta y a su consolidación institucional. La formación de recursos humanos de alto nivel para la investigación básica y aplicada y los programas para la concientización y educación ambiental, tanto formal como no formal, para inducir cambios en la relación sociedad-naturaleza que apoyen la sostenibilidad y la creación de un sistema de seguimiento y evaluación de los resultados a medida que se ejecutan los planes.

Para concluir, es muy importante señalar que una propuesta como la que se esbozó representa un esfuerzo financiero por parte de la Nación y que el momento no es el más adecuado para hacerlo, dada su delicada situación fiscal. Sin embargo, la función esencial de los gobernantes es la de mirar no sólo la coyuntura a corto plazo, sino trazar políticas que orienten al país en el largo plazo que permitan buscar un futuro mejor para sus habitantes. Con esta visión la propuesta se puede considerar como una inversión para construir un camino que contribuya a superar los problemas de la sociedad colombiana, mediante el aprovechamiento sostenible de la naturaleza para lograr una sociedad más justa y feliz.

Bibliografía

1. Humboldt Alexander Von. *Diario de Viaje 1 al 5 de agosto de 1803*
2. Wackernagel M. & Rees W.: *Our ecological footprint: Reducing human impact on the Earth. Canada: New Society Publishers, 1996.*
3. Bell S & Morse S.: *Sustainability Indicators. Measuring the immeasurable, London: Earthscan, 2000.*
4. *Los Límites del crecimiento. Club de Roma, 1972.*
5. K. ten Kate. *Royal Botanic Gardens, Kew.*
6. Carrizosa J. y Gubl E.: *Hacia una política de investigación ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA, 1998.*
7. Adriaanse A., Bringezu S. et al.: *Resource flows: The material basis of industrial economies. Washington, World Resources Institute, 1997.*
8. Bell S. y Morse S.: *Sustainability Indicators: Measuring the immeasurable. Earthscan Publications Ltd, London, 2000.*
9. Carrizosa J.: *Colombia: de lo imaginario a lo complejo. Reflexiones y notas sobre ambiente, desarrollo y paz. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA. Bogotá, 2003.*
10. Carrizosa J. y Gubl E.: *Hacia una política de investigación ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA. Julio, 1998.*
11. Vitousek P., Mooney H. et al.: *Human domination of Earth's ecosystems. Science, Vol. 277: 494 - 499, 1997.*
12. Wackernagel M. y Rees W.: *Our Ecological Footprint: Reducing human impact on the Earth. New Society Publishers, Gabriola Island, Canada, 1996.*

Germán Márquez

*Biólogo MSc., Biología Marina, Ecología tropical,
Profesor Asociado, Departamento de Biología,
Director, Instituto de Estudios Ambientales IDEA,
Universidad Nacional de Colombia.
Bogotá, Colombia
E-mail: gemarquez@unal.edu.co*

Este artículo plantea dos tesis complementarias. La primera propone una relación entre deterioro ambiental y empobrecimiento de la población y del país en su conjunto. La segunda, posibles relaciones entre características ecológicas y fenómenos de violencia recurrentes en su historia. Con ellas se plantea incorporar los ecosistemas y su deterioro como factores importantes en la configuración histórica del país. Además, se presentan opciones futuras, a la luz de la situación ambiental.





Ecosistemas

condiciones de vida y futuro

El deterioro ambiental y la pérdida de biodiversidad son causa de empobrecimiento de sectores campesinos

Transformación de ecosistemas en Colombia

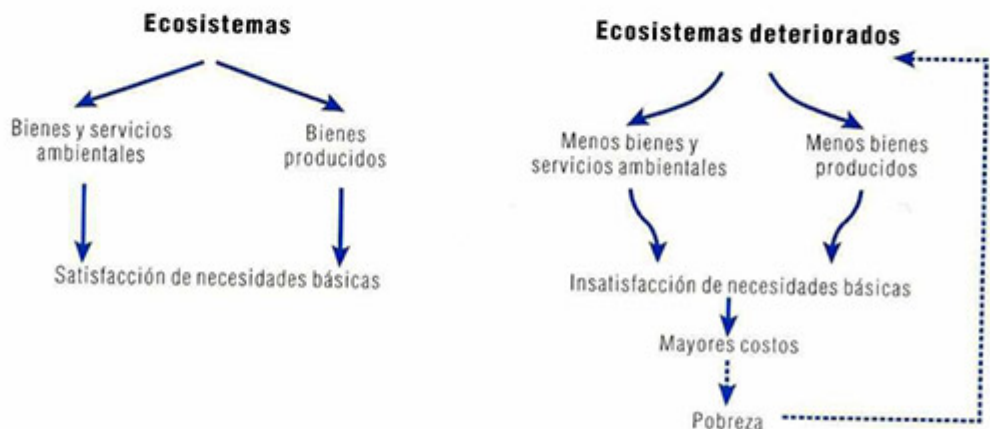
Los mapas 1 y 2 muestran la transformación que han sufrido los ecosistemas colombianos por acción humana y su situación actual. En balance, puede afirmarse que el grado de transformación de los ecosistemas colombianos es avanzado, aunque está por debajo de los niveles promedio mundiales de transformación y en condiciones equiparables al resto de Suramérica, según se deduce por comparación con los datos de Hannah *et al.*, 1994. Estos reportan que 52% del área terrestre del planeta permanece sin alterar, pero indican que parte importante de esta área está cubierta de desiertos, hielos y rocas; si se hace referencia tan sólo a áreas previamente cubiertas por vegetaciones densas, el área sin alterar es del 27% y lo parcialmente alterado es de 36,7%. El promedio en Suramérica sería del 62,5% sin alteración y del 22,5% parcialmente alterado, para dejar sólo 15,1% totalmente dominado por el hombre. Como se indicó, hay una correspondencia general con los datos para Colombia, que son de 63% sin alterar y 6% parcialmente alterado.

Medio ambiente y pobreza

El mecanismo a través del cual se propone una relación entre medio ambiente y pobreza se esquematiza en las figuras 1 y 2. En lo fundamental, señalan que el medio ambiente soporta la productividad a través de dos mecanismos básicos: la oferta de condiciones adecuadas básicas para la producción (clima, suelos, agua) y la oferta de bienes y servicios naturales aprovechables (extraíbles) sin producción (madera, leña, caza, pesca). El deterioro ambiental afecta las dos ofertas, lo cual disminuye la producción por una parte, y por otra, destruye recursos aprovechables. La rentabilidad del agro, en consecuencia, disminuye, y puede llegar a convertirse en una causa de empobrecimiento pues es necesario sustituir los bienes y servicios ambientales perdidos mediante costos directos de sustitución. El proceso puede ser muy lento, de tal manera que no es evidente su relación con el deterioro ambiental.

El deterioro ambiental y la pérdida de biodiversidad son causa de empobrecimiento de sectores campesinos que a través de los siglos complementaron su producción agropecuaria, con frecuencia escasa y mal paga, con la extracción y aprovechamiento de recursos naturales. La escasez creciente de nuevos suelos con los cuales sustituir los agotados por el uso; la pérdida de bosques que proveían leña, madera y caza; la fluctuación impre-

Figura 1.
Relaciones entre deterioro de ecosistemas y pobreza.



decible del clima alterado por la deforestación; las plagas cada vez más incontrolables; el agua un día escasa y al siguiente en exceso; la disminución de la pesca; son reflejos todos del deterioro del ambiente en el país y factores que inciden en el paulatino deterioro de las condiciones de vida en el campo. A todo esto se suma la escasa rentabilidad, el malestar social y la violencia para expulsar a los campesinos hacia las ciudades, a donde acuden también atraídos por los espejismos que les proyectan los medios y las luces de la ciudad.

La economía campesina ha entrado en crisis, hasta el punto que analistas muy respetables se apresuran a expedirle certificado de defunción, mientras millones de personas enfrentan un presente y un futuro inciertos. Frente a ello se plantean dos opciones en alguna medida contrapuestas. De una parte el desarrollo de una agroindustria pesada, con tecnologías intensivas, elevados insumos, sistemas de riego, tractores, pesticidas, etc., reservada a los grandes capitales, en suelos selectos (y escasos), y que ofrece empleo marginal a algunos de los campesinos tradicionales, la mayoría de los cuales deberá, de todas maneras, buscar otras opciones (se ignora cuáles). La economía campesina, con insuficientes excedentes, queda condenada a desaparecer y millones de campesinos, sobre todo en tierras de ladera, quedan marginados de la economía. De otra parte, se propone una reforma agraria que daría a cada quien un poco de tierra con el propósito, mas bien ilusorio, de que pueda vivir de ella como en el pasado, y a pesar de los cambios sociales, culturales y ambientales ocurridos. La agroindustria quizá solucione, al menos, parte del problema de la productividad agrícola del país, aunque seguramente agravaría sus problemas sociales. La reforma, si no considera otras variables más allá de la tierra, solamente lograría esto último.

Aquí es donde la agroecología puede jugar un papel significativo. La

agroecología es un conjunto de técnicas, muchas aún en proceso de investigación, que propende por un mejor uso de la tierra y procura compensar los desequilibrios introducidos en el ambiente, adaptándose a las condiciones ecológicas, dentro de modalidades económica, social y ambientalmente sostenibles en el largo plazo. La agroecología podría contribuir, por una parte, a aumentar la eficiencia del modelo agroindustrial y a evitar que dicho modelo acabe, de una vez por todas, con precarios equilibrios ambientales, sacrifique el futuro en aras de las urgencias y ganancias inmediatas y destruya la biodiversidad, una de nuestras ventajas comparativas para el desarrollo en un contexto globalizado. Pero sobre todo en la medida en que pueda hacer productivas las parcelas campesinas, y restaurar en parte los equilibrios ambientales de los cuales dependen, desarrollar tecnologías intensivas de pequeña escala, adecuadas desde el punto de vista ecológico, y diversas para mantener una oferta conveniente de alimentos y productos. En este contexto debe pensarse en la siembra intensiva y extensiva de frutales que recuperen la cobertura de vegetación del país y ofrezcan alimento con baja intensidad de trabajo y laboreo de la tierra. Así, la agroecología permitiría el uso adecuado

Figura 2. Relación entre la transformación de ecosistemas y condiciones de vida.

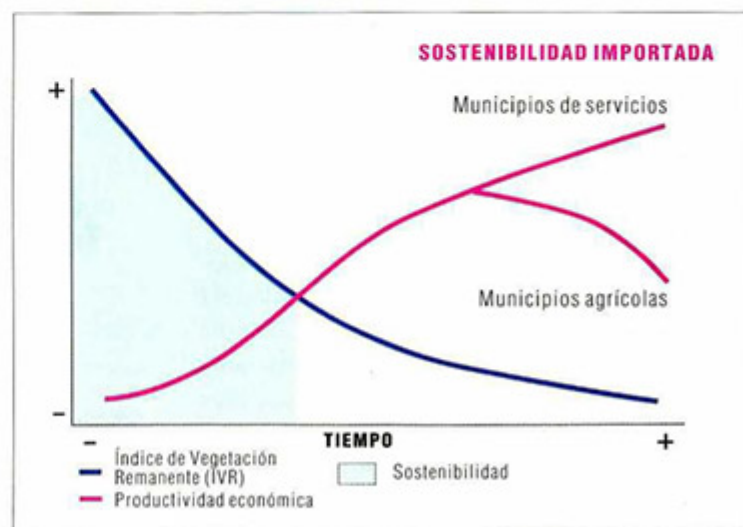


Figura 3.
Interacciones sociales que generan violencia en condiciones de abundancia de recursos y escasez de mano de obra.



de recursos cada vez más limitados y de suelos de ladera y, en especial, haría viable y útil una reforma agraria (que de todas maneras requiere otros complementos), al permitirle a los campesinos mantenerse en el campo (si otros factores no los expulsan), autosostenerse y generar algunos excedentes, quizá no muy grandes pero que les permitirían vivir en razonables condiciones de vida, más equitativas. Para ello es necesario, por supuesto, mucha investigación, educación y divulgación, que amerita un respaldo especial en estos momentos de expectativa y un esfuerzo muy concienzudo por parte del Estado y de las instituciones responsables. Porque si la agroecología hace más factible un retorno al agro, se producirán excedentes más importantes y necesarios que los de alimentos y materias primas, así no entren en las cuentas económicas: bienestar y paz.

Medio ambiente y violencia

La relación entre medio ambiente y violencia se daría a través de dos procesos no excluyentes entre sí. El primero, y más frecuentemente analizado, alrededor de la escasez de recursos naturales; recursos escasos tienden

a ser apropiados por sectores dominantes económica y/o políticamente, en detrimento de sectores marginados del acceso a los mismos. La violencia surge de dos maneras en este proceso: como mecanismo de exclusión, cuando se la usa para controlar el acceso a los recursos y como

respuesta de los grupos excluidos para tratar de acceder a los recursos que se les niegan. El otro proceso se da en condiciones de abundancia de recursos, caso en el que el problema no es cómo acceder a los recursos, ya que estos sobran, sino a la mano de obra necesaria para aprovecharlos. Este proceso da lugar entonces a una reacción violenta de las clases excluidas. Ambos procesos habrían coincidido en Colombia, en distintos momentos históri-



cos y espacios geográficos. Las relaciones se esquematizan en la *figura 3*.

Se propone que el fenómeno dominante en las fases iniciales de la historia posterior a la Conquista española y hasta principios del siglo XX (aunque aún es importante en muchas partes del país), es el de la abundancia de recursos y escasez de mano de obra, que habría determinado que las primeras expresiones de violencia se relacionaran con el uso de la violencia para someter la mano de obra indígena y, sucesivamente, la mano de obra esclava y mestiza (mercedes de tierras, repartimientos, encomiendas, mita, esclavitud, haciendas, bajos salarios). Uno de los mecanismos se relaciona con la apropiación excluyente de la tierra, no con fines de producción (la tierra no se usa una vez ocupada), sino de exclusión y control social. Habría, así mismo, fenó-

La agroindustria quizá solucione, al menos, parte del problema de la productividad agrícola del país, aunque seguramente agravaría sus problemas sociales.

menos de violencia relacionados con el deseo de oponerse a la exclusión, con expresiones como la cimarronería, la Revolución de los Comuneros, la Independencia y, sobre todo, las luchas por la tierra que en buena medida explican la violencia "clásica". La subversión actual se origina, al menos en principio, en una lucha de esta naturaleza. La apropiación violenta de recursos escasos es un fenómeno que se puede haber dado en diversos momentos y episodios, eminentemente

locales, pero no sería un proceso dominante, al menos hasta tanto el deterioro de los recursos naturales y la apropiación creciente de los mismos dio lugar a fenómenos de escasez. Esto correspondería a episodios recientes y marcaría una tendencia creciente hacia el futuro en la medida en que los recursos naturales se tornan escasos y son apropiados de manera excluyente por sectores de la población, en detrimento de otros.

De singular interés es el fuerte impacto ambiental de las intervenciones. Así, la apropiación improductiva de tierras y recursos se ha traducido en la transformación en Colombia de cerca de 45 millones de hectáreas de distintos ecosistemas, donde sólo unos 10 mi-

Mapa 2. Tipos Principales de Ecosistemas Potenciales de Colombia según hábitats: Cobertura actual.



Cobertura actual de vegetación	
Transformación:	
40%	en promedio
70%	en el Caribe
70%	en los Andes
40%	en el Pacífico
35%	en la Orinoquía
<10%	en la Amazonia

llones de las tierras así ocupadas se han usado de manera eficiente y con un impacto económico nacional, en algún momento significativo. En contra de la aparente lógica económica, a lo anterior puede atribuirse que predomine el latifundio, que muchos de los mejores suelos se destinen a ganadería extensiva y que los usos intensivos sean escasos; de predominar estos, al país le habría bastado transformar un área menor de sus ecosistemas para su desarrollo.

La hipótesis se complementa y en muchos sentidos se opone a tesis vigentes que enfatizan el papel de las luchas por la tierra en la historia de Colombia. A ello se contraponen la idea: "donde abunda la tierra el problema cardinal es la mano de obra"; sólo que en Colombia la abundancia ha sido de recursos en general, y no sólo de tierras. La relación entre recursos y mano de obra cambia a lo largo del tiempo, en fases que van desde la abundancia de los primeros y escasez de la segunda, hasta lo opuesto; hoy se da, incluso, una situación anómala en la cual sobran recursos y mano de obra: el campo está abandonado mientras la población, empobrecida

y desempleada, se acumula en las ciudades. En relación con las fases, las luchas cambian y también la intensidad de la violencia. Así, en condiciones de gran abundancia de recursos y escasez de mano de obra, como durante la Conquista, predominó la violencia por sujetar a los indígenas. Al sobrar mano de obra predomina la lucha contra las clases dominantes, que a su vez defienden sus privilegios (como durante la violencia clásica). En la anómala situación actual, con tierras abandonadas y desempleados, la lucha parece salirse del esquema propuesto para concentrarse en pugnas por el control territorial, no con fines prioritarios de producción, sino como parte de luchas por el poder político y económico entre Estado, guerrilla y paramilitares, y al margen de la población. No obstante, no puede descartarse que gran parte de los movimientos de guerrilla y paramilitares se orientan a controlar mano de obra campesina tradicional para obligarla a la siembra de coca, pues, aunque esta puede sembrarse en gran parte del territorio nacional, de nuevo quien puede sembrar no es quien tiene donde hacerlo sino con quién hacerlo.



El mapa de un fracaso

El mapa de la transformación de los ecosistemas en Colombia es también el mapa de su desordenamiento ambiental y territorial, producto de la pugna por el control de la población, de la riqueza y del poder. Se ha sugerido que el paisaje es la expresión espacial del pensamiento hegemónico. En tal caso, el paisaje colombiano reflejaría los intentos, ninguno del todo exitoso, de imponer diversos modelos, desde el señorial español hasta el capitalista neoliberal. Unos y otros se han basado en la exclusión y han terminado por recurrir a la fuerza y a la violencia; han tenido éxitos parciales, pero no han podido imponerse. Contra ellos ha actuado un factor de ingobernabilidad que se deriva del tamaño y de las características naturales del país y de los métodos utilizados. El fracaso sería, entonces, el del autoritarismo, la exclusión y la fuerza. Pero es también el fracaso de los pocos proyectos colectivos de nación, ante el individualismo favorecido así mismo por las condiciones naturales. Fracaso que se refleja, a escala local, en los inciertos triunfos de los políticos y clases dominantes, amenazados siempre por la revuelta o el asesinato, como lo están los gobiernos y el Estado por la corrupción y la subversión. Aquí vale recordar lo dicho por un estudioso del país, en el sentido de que en Colombia se ha probado todo menos la verdadera democracia, quizá la única opción hacia la constitución de un verdadero poder que permita reorganizar los ecosistemas, el territorio, la sociedad, la economía y el Estado.

¿Y hacia el futuro?

Cabe preguntarse, por último, sobre el futuro. Una acción necesaria es declinar toda pretensión hegemónica y emprender diálogos serios hacia la democracia. Esto requiere el reconocimiento de que el país es ingobernable por

la fuerza y que para ello se necesita una visión concertada, plural, elástica, que reconozca la posibilidad de estar, al menos en parte, equivocados y aceptar cambios de orientación.

Otra acción debe ir hacia el uso adecuado del territorio, lo cual implica mejorar la productividad de áreas ya transformadas, conservar los ecosistemas que se mantienen e iniciar procesos de restauración de la base natural en las áreas degradadas. Se debe tener presente que aunque se han transformado más de 45 millones de hectáreas, menos de 10 millones están siendo bien utilizadas de acuerdo. Ello significa que no se requieren más transformaciones y, por el contrario, es necesario mantener una estructura natural que garantice servicios ecosistémicos básicos. Todo lo anterior se resume en la necesidad de un reordenamiento en el uso del territorio.

El mapa de la transformación de los ecosistemas en Colombia es también el mapa de su desordenamiento ambiental y territorial

El reordenamiento podría basarse en el uso intensivo pero muy cuidadoso, con base en firmes principios agroecológicos, de algunos de los mejores suelos del país; Colombia quizá no requiera mucho más de 15 millones de hectáreas bien utilizadas para alcanzar seguridad y soberanía alimentarias, abastecimiento de materias primas y competitividad ante los mercados externos. La economía campesina deberá reorientarse, también dentro de principios agroecológicos, hacia la sostenibilidad y el autoabastecimiento para que, aunque no genere excedentes económicos, genere empleo y paz. La concentración de la actividad agropecuaria e industrial debe acompañarse de la respectiva de la población alrededor de algunos núcleos de producción y de servicios, sin incurrir en la excesiva concentración actual en Bogotá ni la excesiva dispersión hacia todos los extremos del país.

Un modelo intermedio, concentrado en los Andes y el Caribe, permitiría hacer un mejor uso de las áreas transformadas, de la infraestructura construida o por construir y la conservación de los ecosistemas remanentes, en especial los relictos en estas mismas regiones, que son, junto con las vastas extensiones de la Amazonia, el Pacífico y la Orinoquía, un importante patrimonio poco reconocido.

Por último, se considera de suma importancia que los ecosistemas se incorporen en

necesidad de su uso, dado que ocupan áreas que ni el país ni la población requieren para la producción ni están en condiciones de ocupar de manera eficiente, salvo en forma mínima para garantizar la soberanía y la conservación de sus invaluable servicios. Sobre esta base debe conducirse así mismo una negociación internacional para lograr el reconocimiento y pago de la deuda ecológica que se deriva no sólo de lo que fue transformado y extraído en el pasado, sino de los

bienes y servicios que cada día, y de manera continua, prestan los ecosistemas colombianos al mundo.

La economía campesina deberá reorientarse hacia la sostenibilidad y el autoabastecimiento para que, aunque no genere excedentes económicos, genere empleo y paz.

los análisis económicos, lo cual puede realizarse a partir de la valoración de sus bienes y servicios actuales o de la consideración de que forman parte de una infraestructura ecológica, equiparable a las infraestructuras construidas y, como ellas, parte del aparato productivo y de soporte del bienestar social en el país. Conviene así mismo destacar su potencial como reservorios de biodiversidad y otros recursos, elemento geoestratégico o atractivo ecoturístico, aún a riesgo de parecer utilitaristas. Debe reforzarse la importancia de su conservación y la poca conveniencia y

Este trabajo resume otros más amplios del autor, en especial Márquez (2001 a y b). Estos y otros trabajos más recientes aún en proceso de publicación se pueden consultar en la página web del Instituto de Estudios Ambientales IDEA de la Universidad Nacional: www.idea.unal.edu.co.



Referencias

Hammab, L.; Lobse, D.; Hutchinson, Cb.; Carr, J.L.; Lanikerani, A.: *Apreliminary inventory of human disturbance of world ecosystems*. *AMBIO* 23(4-5): 246-250; 1994.

Márquez, G.: *De la abundancia a la escasez: La transformación de ecosistemas en Colombia: 2001a*. En: G. Palacios (ed.) *La Naturaleza en Disputa*. Universidad Nacional de Colombia. UNIBIBLOS. Bogotá; 2001.

Márquez, G.: *Medio ambiente y violencia en Colombia: una hipótesis*. *Análisis Político* 44: 58-77; 2001b.

Pregrado en INGENIERÍA AMBIENTAL

Registro ICFES 181343400001100111100



Universidad
de los Andes

FACULTAD DE INGENIERÍA Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

En Diciembre de 2004, el programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad de los Andes cumple 5 años y queremos compartir con ustedes la graduación de nuestros primeros egresados.

El ingeniero ambiental

El Ingeniero Ambiental egresado de la Universidad de los Andes ha sido preparado para trabajar en consultoría, en el sector público y en la industria, dentro de los siguientes campos de acción:

- Determinación del impacto ambiental de obras públicas y privadas
- Diseño de estrategias para la gestión y el tratamiento de aguas efluentes de los procesos industriales, aguas residuales y para consumo
- La gestión ambiental de las compañías
- Tratamiento de manejo y disposición de residuos sólidos urbanos e industriales
- Determinación de tendencias de calidad del aire y el agua basados en mediciones de campo
- Diseño, instalación, operación y monitoreo de sistemas de remediación de suelos y aguas subterráneas
- Desarrollo de políticas ambientales
- Manejo de recursos naturales

Lineas de investigación

Dentro de los programas de pregrado y maestría las líneas principales de investigación en el área de ingeniería ambiental en la Universidad de los Andes son:

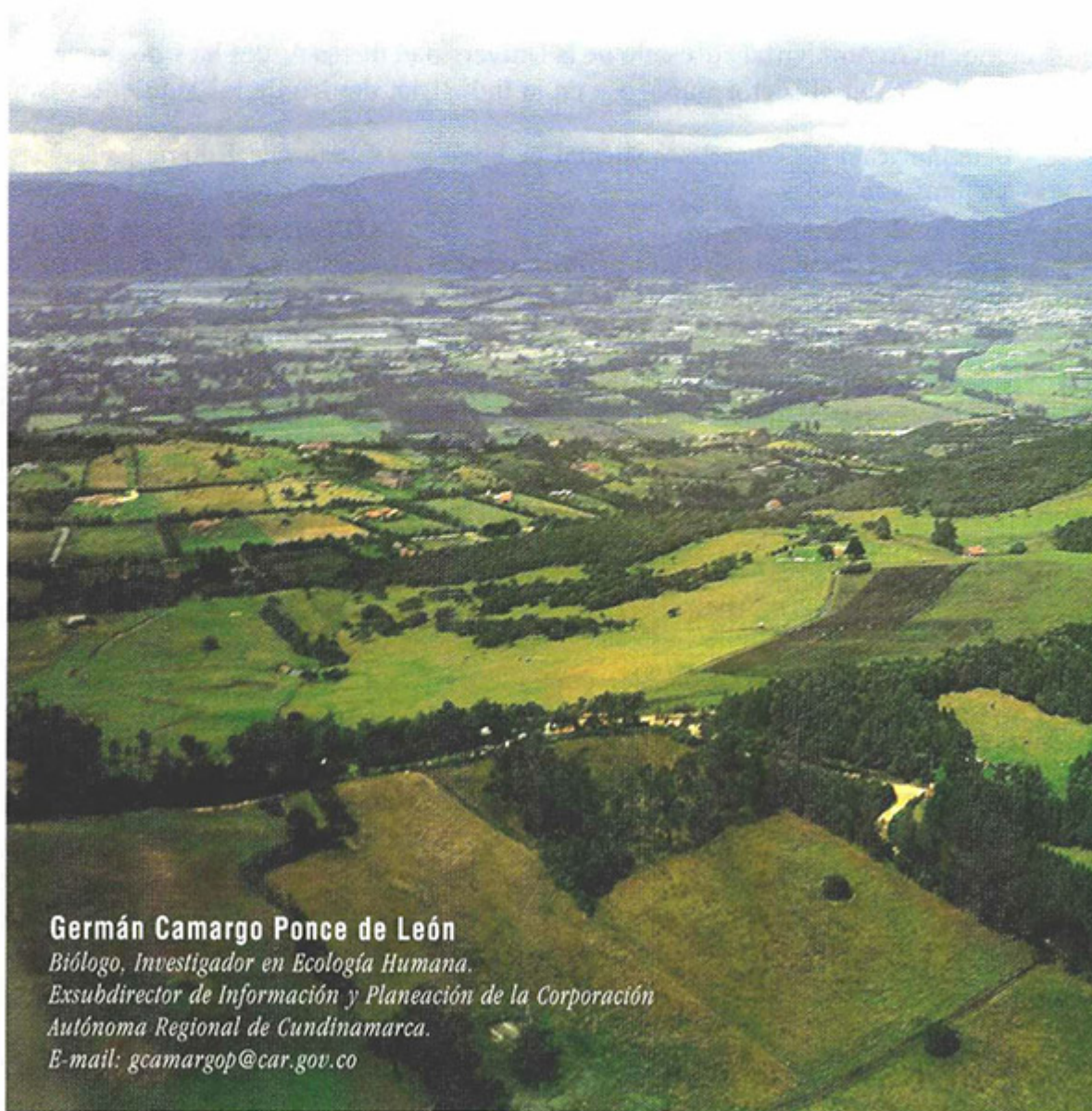
- Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales y para consumo
- Calidad del aire y control de la contaminación atmosférica
- Salud pública
- Gestión y manejo del medio ambiente
- Ecología y sistemas medioambientales
- Manejo de residuos sólidos, residuos industriales y peligrosos
- Modelación de la calidad del agua y del aire
- Política ambiental

Para mayores informes sobre programas académicos, proyectos de investigación y servicios de laboratorio por favor contáctese con:

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Tel. 3324312/ 3324314 - Correo electrónico: pregiamb@uniandes.edu.co - <http://ingenieria.uniandes.edu.co>

¿Quién ordena



Germán Camargo Ponce de León

Biólogo, Investigador en Ecología Humana.

*Exsubdirector de Información y Planeación de la Corporación
Autónoma Regional de Cundinamarca.*

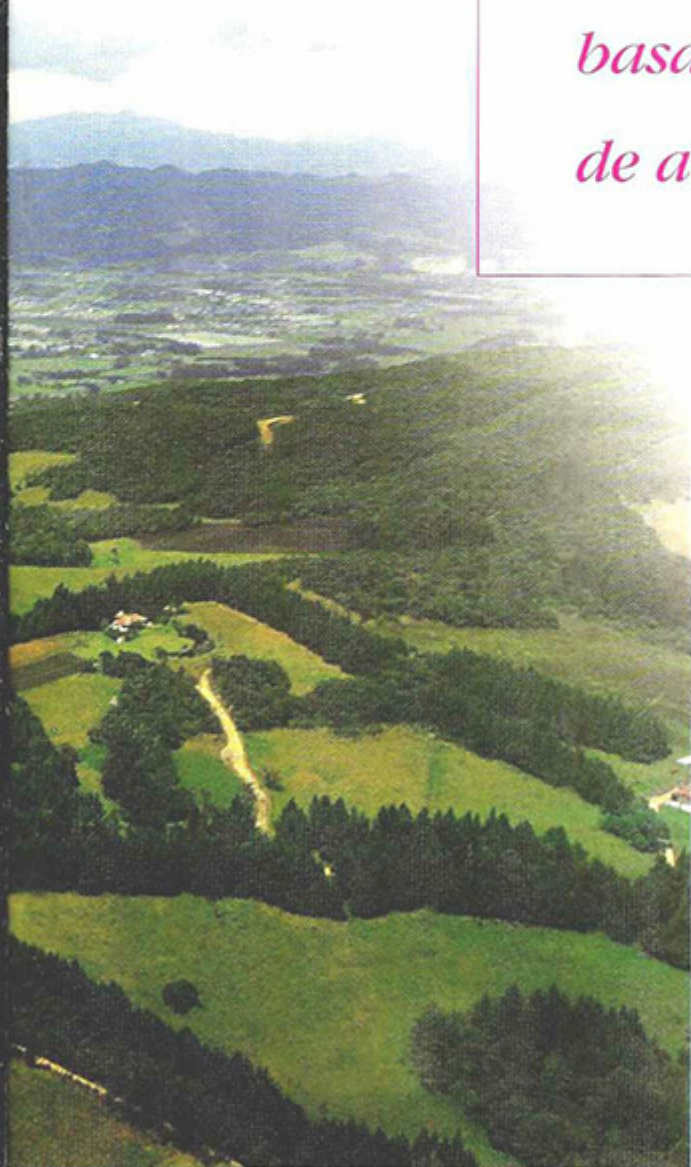
E-mail: gcamargop@car.gov.co

el territorio?

*Una respuesta desde
la ecología humana
basada en sistemas
de alteridad*

Planificación y determinación del paisaje

En regiones que muestran rápidas transformaciones del paisaje, tales como franjas periurbanas o suburbanas, frentes de colonización, frentes coqueros, zonas de minería, zonas de macroproyectos energéticos o infraestructurales, resulta más evidente la falta de una metodología para la comprensión, modelado y predicción de dichos procesos y sus resultados económicos, sociales, espaciales y ambientales. Si tal método estuviera disponible, serviría de base, además, para una tecnología de manejo que previniera, controlara o mitigara los efectos sociales, económicos y ambientales indeseables al tiempo que se potenciaran los positivos. Esto sería una auténtica metodología de ordenamiento territorial con un fundamento científico: la capacidad de entender, predecir y controlar el ordenamiento espontáneo, proceso por el cual, los ecosistemas humanos se organizan sobre el paisaje transformándolo en territorio.



Los estudios que generalmente se aplican a estos casos muestran una amplia gama de métodos y enfoques con algo en común: los estudios temáticos detallados (ejemplo: litología, fisiografía, geomorfología, vegetación, fauna, hidrología, economía, producción, sociología, cultura, etc.) que se integran *ex ante* o *ex post* con base en un marco conceptual regional o de paisaje, con gala de superposición computarizada de cartografía temática y composición de volúmenes muy interesantes que aportan más al tema que a la realización del desarrollo sostenible. Estos estudios, en su mayoría, aportan muy pocas herramientas eficaces de control, pues de entrada no dan cuenta de las funciones que determinan la transformación del paisaje: si falta el modelo, falta la predicción y no hay posibilidades de manejo.

Sin embargo, sistemas mucho menos informados si logran transformar el paisaje, ordenar cuencas y hacer historia: el minifundio papero, el fundo colono, la empresa maderera, la comunidad indígena resistente, la chabola suburbana o la "cocina" coquera lo logran pues poseen –sus agentes– una descripción y predicción suficientes de la dinámica regional, las oportunidades y limitantes y los probables escenarios futuros para adaptar su papel particular en ella y del futuro estado de cada unidad de territorio. Es decir, cualquier hijo de vecino tiene información más relevante para el ordenamiento que un equipo interdisciplinario convencional y puede participar más eficazmente en el mismo. Con base en una breve y eficiente toma de información estos sistemas determinan el ordenamiento del paisaje, mientras que con base en voluminosas y costosas tomas de información, los planificadores contemplan la transformación del paisaje.

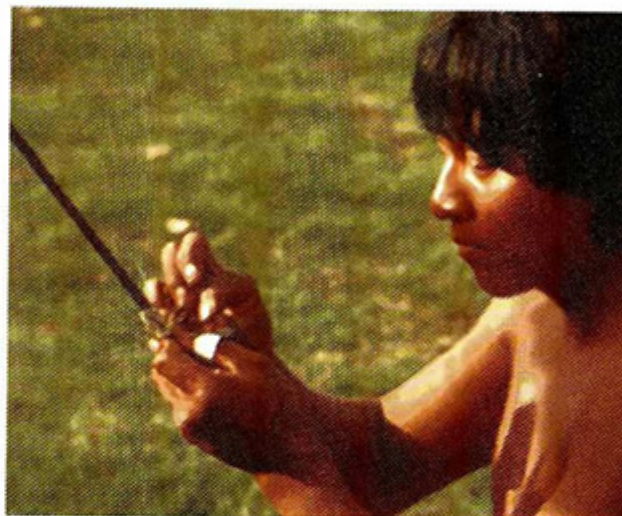
Siendo la Ecología la ciencia del sentido común, acometió la tarea de transvasar este saber empírico, por medio del diálogo de saberes y a través de los códigos de la teoría general de sistemas, a un conjunto de postulados y métodos que permitieran emular y superar técnicamente la capacidad cognitiva y ordenadora de los sistemas locales. Un resumen de los resultados se expone a continuación.

Adecuación/Adaptación

Si la determinación del ordenamiento del paisaje estuviera en lo biofísico, ambientes biofísicamente homogéneos determinarían formas homogéneas de relación hombre-nature-

za y, por complemento, ambientes biofísicamente heterogéneos determinarían una diversidad consecuente de sistemas de relación hombre-naturaleza.

Sin embargo, lo más frecuente es apreciar cómo sobre ambientes biofísicamente heterogéneos se desarrollan sistemas humanos muy homogéneos, que lejos de reflejar la diversidad ambiental, la simplifican, y producen una homogeneización del paisaje en el tiempo. De hecho, la diversificación de estos sistemas suele suceder más bien cuando se densifican, desarrollan relaciones recíprocas más estrechas y se dan



procesos de especialización socioeconómica, segregación, compartimentación y centralización, todas ellas tendencias generales de los sistemas abiertos, que señalan un alto grado de autodeterminación socioeconómica y cultural, es decir de autarquía, en gran medida libre de la determinación biofísica.

En la práctica, los sistemas por los cuales el hombre se relaciona con la naturaleza reflejan la condición dual, inherente al concepto de nicho y fundamental en la relación hombre-naturaleza: el estar compuesta por procesos de adaptación, por los cuales el hombre se transforma en función de los limitantes y oportunidades del entorno natural, así como por procesos de adecuación, por los cuales el hombre transforma su entorno natural, humanizándolo en función de sus propios potenciales y limitaciones biológicas, sociales, económicas y culturales.

Existe adecuación y adaptación en el nicho de cualquier grupo biológico, pero, en el caso de organismos con las dos características; socia-

les y constructivos, la enorme capacidad de adecuación determina la aparición de propiedades emergentes, para conformar ecosistemas nuevos que están, más que ningún otro, determinados por la actividad de los seres vivos. Tal es el caso de los insectos sociales, los pólipos coralinos, los árboles sociales y alcanza su mayor expresión en el hombre, sus organizaciones y sus artefactos. Esta es la esencia del nicho ecológico del hombre y la base de la Ecología Humana.

Clásicamente la Geografía ha considerado el clima, los suelos y la biota como los principales determinantes de la evolución de las razas, culturas y naciones. Sin embargo, el ambiente biofísico ejerce una fuerte determinación en las sociedades humanas a gran escala, por macroregiones o grandes biomas; una escala espacial y temporal mayor que la que caracteriza los procesos de rápida transformación humana del paisaje. A escala regional o inferior, las variaciones del paisaje se explican mejor en términos de sus determinantes antrópicas y es precisamente dentro de ese margen de variación que interesa comprenderlas, predecirlas y manejarlas, cual es el propósito de la gestión ambiental.

No se trata de ignorar los condicionantes físicos y bióticos de la sociedad, la economía y la cultura; pero dentro de los potenciales y limitantes del marco biofísico del desarrollo, los sistemas humanos tienen un amplio margen para organizarse a sí mismos y organizar el paisaje a su alrededor en una expansión permanente de su esfera de adecuación, dado que cuentan con los excedentes energéticos necesarios, provenientes hoy en su mayoría de los combustibles fósiles y la energía hidráulica, subsidios que dotan al hombre de la capacidad tecnológica para inclinar el balance hacia la adecuación, en detrimento de la adaptación, con lo cual frecuentemente se pierde potencial ambiental, se violan limitantes naturales y se acumula degradación de la base ecosistémica.

Naturalmente, existen límites a la adecuación pues por encima de ciertos rangos energéticos y temporales pierde viabilidad. La alteración de los ecosistemas vitales, el agotamiento de los servicios y bienes ambientales eventualmente se convierten en factores limitantes técnica, económica y organizacionalmente insoslayables. Sin embargo, en los breves lapsos que con frecuencia toman los procesos de rápida transformación del paisaje en Colombia, es poco probable que dichos eventos puedan incidir

política o económicamente en los procesos genéticos del ordenamiento espontáneo, determinados más por la violencia y la falta de equidad socioeconómica que por considerandos de conservación o sostenibilidad.

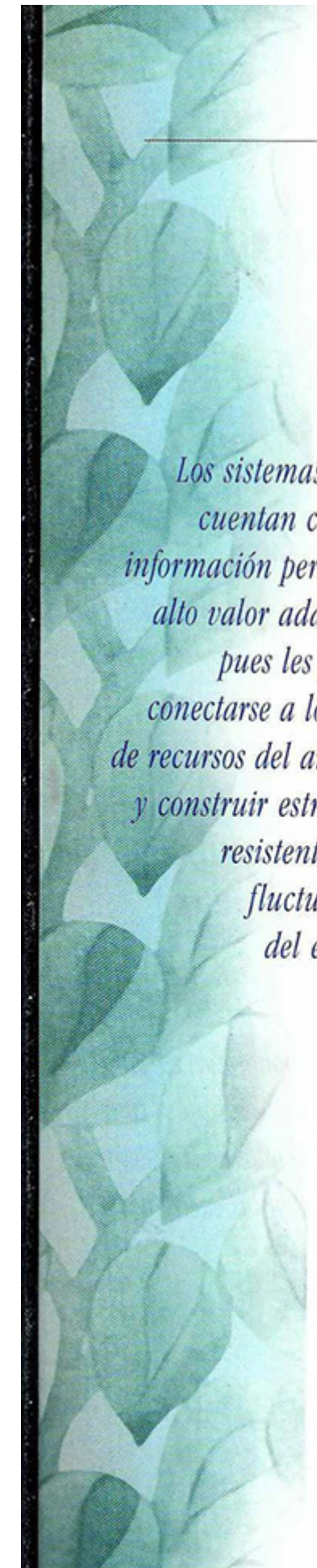
En la práctica, el balance de adecuación/adaptación exhibido por un ordenamiento, es consecuencia directa de la energía disponible para los sistemas de alteridad, tanto como del trasfondo histórico-cultural de sus agentes.

El control informático del ordenamiento efectivo

El ordenamiento territorial efectivo es el que se da en la práctica sobre un paisaje concreto. Puede ser espontáneo, resultado de las interacciones entre sistema de alteridad y sistemas de integración, o regulado, en la medida en que un ente planificador-administrador interviene eficazmente. Lo que este modelo sugiere es que el fenosistema (los elementos de cobertura del paisaje y su distribución espacial) es, en primer lugar, el resultado estructural de los procesos y transformaciones en el criptosistema, es decir, de las funciones modeladoras, las cuales responden a una determinación cultural, a partir de las ideas ordenadoras implícitas en la(s) cultura(s) de alteridad actuantes en el territorio.

Los sistemas humanos tienen un amplio margen para organizarse a sí mismos y organizar el paisaje a su alrededor en una expansión permanente de su esfera de adecuación, dado que cuentan con los excedentes energéticos necesarios.

El ordenamiento del paisaje procede, según la determinación de la estructura, por la función socioeconómica y la función, a su vez, está determinada por la información cultural de los actores claves. El modelo copia por isomorfismo el modelo biológico: en el organismo los genes contienen muy poca información la cual se cruza con la información ambiental (con la que el organismo "cuenta" por anticipado gracias a su adaptación) y produce la complejidad



Los sistemas locales cuentan con poca información pero de un alto valor adaptativo, pues les permite conectarse a los flujos de recursos del ambiente y construir estructuras resistentes a las fluctuaciones del entorno.

emergente de un organismo; este es el modelo de planificación genética que Richard Dawkins ha llamado "receta de pastel", que dice muy pocas cosas, pero cuenta con su correspondencia con un conjunto mucho mayor de información ambiental y puede así moldear el desarrollo de un sistema complejo.

Isomórficamente, los sistemas culturales por los que el hombre se relaciona con su entorno, contienen muy poca información en comparación con la información ambiental con la que cuentan depositada en su entorno; cruzadas las dos informaciones se produce la complejidad emergente del ordenamiento espontáneo del paisaje. Esta poca información de partida que exhibe una capacidad de control tan vasta es abstraída de lo estrictamente relevante para la adaptación específica de cada sistema de alteridad y basta para bloquear en gran medida la posterior entrada de información ambiental, confinando al sistema de alteridad autarquía y poniendo la transformación del paisaje en manos de estas minúsculas y bien adaptadas concentraciones de información. En resumen, los sistemas locales cuentan con poca información pero de un alto valor adaptativo, pues les permite conectarse a los flujos de recursos del ambiente y construir estructuras resistentes a las fluctuaciones del entorno.

La definición informática de adaptación: incorporación de información del entorno necesaria y suficiente para bloquear posteriores entradas de información, pasando el sistema de determinado a autárquico y de controlado por el ambiente a controlador del mismo, encuentra su máxima expresión en las especies constructivas como las madréporas, los árboles y los humanos. En la definición misma de adaptación está la raíz de la adecuación, como extremo del mismo proceso, a medida que se invierte la asimetría en el intercambio de información entre el sistema y su entorno.

Como puede inferirse de lo anterior, se entiende aquí por «manejo», el moldeado, con-

trol y regulación de los flujos, procesos y tendencias que componen la función del sistema para que éstos produzcan el ordenamiento regulado.

Este planteamiento lleva a la necesidad de identificar y modelar con claridad las "unidades estructurales y funcionales" del ordenamiento efectivo del paisaje. Bajo el presente enfoque, estas piezas básicas del paisaje humanizado se denominan sistemas de alteridad.

Los sistemas de alteridad

Partiendo de que el paisaje se produce desde la relación hombre-naturaleza (ontológicamente denominada alteridad), el ordenamiento efectivo ha de estar directamente relacionado con los procesos y elementos que constituyen esta relación, en las distintas formas que ésta puede adoptar en un paisaje dado.

En los estudios del Teusacá y del Vichada, uno de los primeros pasos fue la identificación de los elementos constituyentes y dinamizadores del ordenamiento, discernibles y cartografiables, cuyos caracteres estructurales y funcionales permitiesen reconocer su recurrencia y gama en el espacio-tiempo y clasificarlos. Pronto se vio que estos subsistemas atómicos del paisaje humanizado, eran por sí mismos complejos y en ellos se integraban elementos y funciones de los distintos niveles de organización, desde lo físico y biótico hasta lo social y cultural. Por estar estos sistemas controlados por el hombre (dentro de ciertos rangos energéticos y espaciotemporales) y dar cuenta de toda la relación del hombre con su entorno (relación de alteridad), los hemos considerado como el modelo apropiado para el análisis de los flujos de información, materia y energía entre el hombre y el ecosistema del que éste hace parte, así como para la explicación del efecto ordenador de esta relación.

El sistema de alteridad es la unidad estructural-funcional del paisaje humanizado; es un modelo de una forma típica de relación entre un grupo humano determinado y su entorno, elaborado según las propiedades y componentes de los sistemas abiertos autoorganizativos y autorreplicantes.

La aplicación de dicho modelo tiene dos características distintivas:

- Es integral, considera los procesos y estructuras implicados en la relación del hombre con su entorno, desde el nivel cultural y social hasta el biótico y físico.

- Su construcción se basa en los flujos y transformaciones, más que en límites o estructuras que se consideran subordinados a los primeros.

- Los flujos se consideran jerarquizados según su capacidad creciente de control: materia-energía-información-afecto.

Su integralidad, distintivamente ecológica, hace al sistema de alteridad mucho más significativo y aproximado a la realidad que los "usos del suelo" o los "tipos de utilización de tierras". Decir que un área en el paisaje corresponde a "cultivos transitorios de pancoger" o "ganadería extensiva de sabanas naturales" dice poco o nada con respecto a los sistemas que están estableciéndose, creciendo, reproduciéndose, compitiendo, depredándose, sucediéndose, evolucionando, representando el mundo y haciendo del paisaje la materialización de sus propias representaciones simbólicas; especialmente, los modelos corrientes no dicen nada con respecto a la relación información-función-estructura y las tendencias de transformación endógenas del paisaje.

El sistema de alteridad es, ante todo, un sistema vivo, un nivel de integración de la materia viviente superior al organismo y un caso especial de los ecosistemas, el cual es capaz, a partir de un poco de información bien adaptada (que presupone una gran información ambiental a la cual se engrana), de incorporar materia y energía al crecimiento y reproducción de su estructura y función, de modo autoorganizativo.

Estos sistemas inducen transformaciones biofísicas y socioeconómicas que hacen que el ambiente difiera del inicial que fue apto para su establecimiento (adecuación). Por ende, están sujetos a la probabilidad de ser reemplazados por otros sistemas mejor adaptados al ambiente

adecuado por ellos. Es decir, existe una sucesión ecológica entre estas unidades, donde unas facilitan las condiciones que incrementan la probabilidad del establecimiento de otras de distinta naturaleza, que se hacen así sus sucesoras.

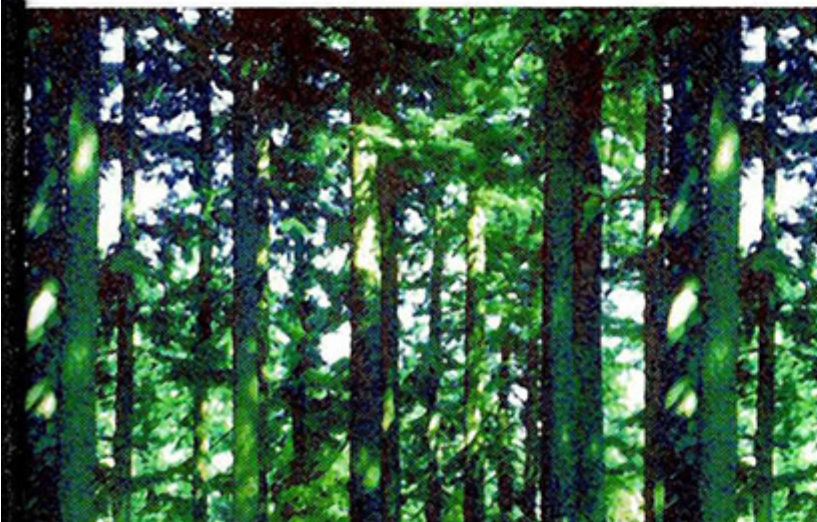
En el orden del paisaje humanizado la sucesión y la evolución ocurren entre sistemas de alteridad (organizaciones humanas) y no entre especies biológicas; la escala temporal de estas transformaciones es en general más corta que la biológica.

Estos sistemas se reproducen de una generación a otra, dando lugar a unidades similares que se dispersan a través del paisaje en patrones típicos de ocupación y alteración del espacio. Dado que estos sistemas se reproducen en un ambiente con recursos limitados y que la reproducción no es idéntica sino que involucra variaciones más o menos fuertes entre generaciones, están sometidos a procesos de selección natural en ambientes rápidamente cambiantes, por lo cual evolucionan.

Existen dos grandes diferencias entre la evolución de los sistemas de alteridad y la evolución darwiniana: en primer lugar, la percepción cultural de las necesidades direcciona teleológicamente las variaciones (que ya no son enteramente aleatorias) y acelera el curso evolutivo de un modo más lamareckista; en segundo lugar, por tratarse de una evolución fundamentalmente cultural, existe la posibilidad (no siempre materializada) de incorporar información de los modelos fallidos, de modo que no sólo se hereda de los aciertos. En la evolución biológica se transmiten, varían y seleccionan los genes, mientras que en la evolución cultural son las ideas las protagonistas.

Entorno relevante y entorno subjetivo

Los factores y elementos del ambiente que tienen un efecto determinante sobre la praxis y desarrollo del sistema de alteridad, conforman su entorno relevante. Cada sistema de alteridad tiene su propio entorno relevante, y si bien dos sistemas de alteridad pueden compartir el mismo espacio geográfico, sus entornos relevantes pueden no coincidir (*Salamanca & Camargo, 1996a*).



El entorno relevante de cada sistema de alteridad es parte de un nicho humano específico de dicho sistema y contiene tantas variables como sean suficientes para describir ese nicho. El agente de un sistema de alteridad dado, toma información sobre estas relativamente pocas variables, las relaciona dentro de un modelo propio de su entorno relevante y toma decisiones de acuerdo con premisas que hacen parte de dicho modelo.

Esta imagen abstracta o representación simbólica del entorno relevante es el entorno subjetivo. El entorno subjetivo puede descomponerse (muy subjetivamente) en un modelo de percepción, unas ideas ordenadoras y un modelo de toma de decisiones. Sencilla-

En la evolución biológica se transmiten, varían y seleccionan los genes, mientras que en la evolución cultural son las ideas las protagonistas.

mente, la forma como la persona concibe el mundo, determina lo que percibe y como lo percibe; las valoraciones asociadas a estas concepciones del mundo determinan la forma como actúa en respuesta a sus percepciones. Dichas valoraciones representan proposiciones axiológicas y son las premisas de la praxis de alteridad de dicha persona, familia o colectivo; son las ideas ordenadoras, los genes del ordenamiento.

La facilidad con que las observaciones del entorno relevante (objetivo) se traducen en percepciones a través del entorno subjetivo y en acciones de retorno sobre el entorno relevante, es una de las principales razones por las que los equipos científicos interdisciplinarios no han llegado a ser rivales para este método de ordenamiento vernáculo: las instituciones, por norma, carecen de tal agilidad. Los estudios regionales típicamente toman demasiada información sobre demasiadas variables poco relevantes, es decir, poco determinantes del ordenamiento efectivo y fallan de nuevo al tratar de engranar esta gran información en un modelo significativo en términos de adaptación y adecuación (más allá de la superposición cartográfica y las correlaciones interesantes) y vuelven a fallar en el intento de traducir estos

modelos a acciones viables, esto es, que puedan competir en la determinación del paisaje con los sistemas ordenadores locales.

Como ejemplo, el entorno relevante de un sistema de alteridad de colonización ribereña está compuesto por elementos como la fertilidad del suelo, la abnegabilidad, la comunicación fluvial con puertos de relevo, la presencia de otras unidades de colonización, etc. De los valores que estas variables adopten en un sitio en particular, dependen sus probabilidades de transformación específicamente por este sistema de alteridad, bien sea constituyendo un evento aislado de colonización o generando un nuevo frente.

Los valores que adoptan las distintas variables que componen el entorno relevante de un sistema de alteridad en un sitio dado, determinan la probabilidad de ocupación del sitio por dicho sistema y las probabilidades de desarrollo, expansión y reproducción. Si se considera que la probabilidad de ocupación de un punto dado es función de la distancia al punto inicial de establecimiento del sistema de alteridad y de una serie de variables ambientales (físicas, bióticas, sociales, económicas), se tiene:

$$P_O = f(d, x, y, z, \dots)$$

Entonces, en un ambiente homogéneo con respecto a las variables relevantes ($x, y, z = \text{constantes}$), la probabilidad de ocupación es función de la distancia al punto de origen (*Salamanca & Camargo, 1996b*).

Los puntos con igual probabilidad de ocupación por un sistema de alteridad determinado, es decir, igual tendencia de transformación, se denominan isotrópicos. Si alrededor del punto de origen se unen entre sí los puntos isotrópicos, se obtienen líneas isotropas (*Camargo, 1992*).

Cuando la oferta ambiental para las variables relevantes es homogénea ($P_O = \mathcal{P}(d)$) a través de todo el territorio considerado, los puntos isotropos son los puntos equidistantes al punto de origen y las isotropas son circunferencias concéntricas. En las condiciones hipotéticas de tal ambiente isotrópico (*figura 1*), el sistema de alteridad puede expandirse con igual probabilidad-velocidad en cualquier dirección.

En la práctica, es muy improbable encontrar un ambiente isotrópico, pues la oferta ambiental para las variables relevantes está distribuida heterogéneamente en el paisaje. En las condicio-

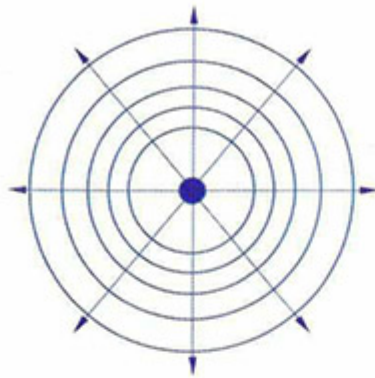


Figura 1.
Ambiente isotrópico.

nes reales de un ambiente anisotrópico, la probabilidad de ocupación de cada punto es función tanto de la distancia como de las variables relevantes, por lo que dos puntos isotrópicos entre sí pueden estar a distinta distancia del punto de origen del sistema de alteridad analizado. En un mapa de isótopos esto se reflejaría en contracciones y elongaciones en las curvas concéntricas (figura 2); las elongaciones señalan las direcciones en que es más probable la expansión del sistema de alteridad analizado a partir del punto de origen.

También en la práctica, con frecuencia el punto de origen es un elemento lineal (río, estero, carretera, canal maderero, línea eléctrica, acueducto, etc.), a partir de cuyos márgenes se desarrollan las franjas de transformación del paisaje a través del ordenamiento efectivo (figura 3).

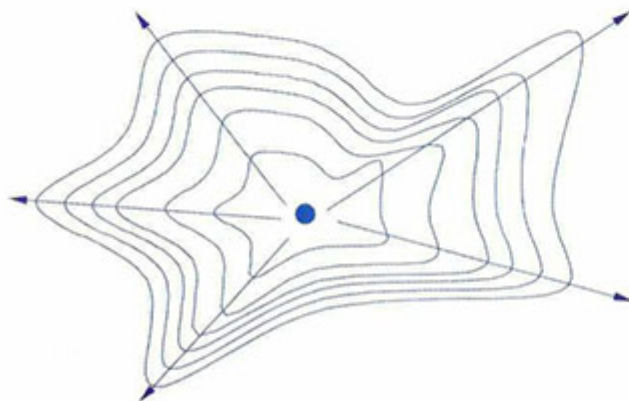


Figura 2. Ambiente anisotrópico (origen focal).

Sistemas de integración regional (SIRs)

El paisaje no alcanza explicación suficiente como un abigarrado mosaico cuyas piezas fueran los sistemas de alteridad adaptándose y adecuando cada rincón de cada microcuenca o vereda. Existen otros sistemas que enlazan, coordinan y orientan flujos de materia, energía, capital, información y afecto (m, E, S, I, A) a través del paisaje en ordenamiento y entre varios sistemas de alteridad, los cuales se definen como sistemas de integración regional.

Entre los más obvios y principales se incluyen el sistema hidrográfico, sistema vial (las vías junto con las organizaciones encargadas de su planeación, construcción y mantenimiento), el sistema de comunicaciones, el sistema eléctrico, la distribución de combustibles fósiles, el sistema político-administrativo.

Pero en este orden de ideas: ¿qué categoría corresponde a una familia que con uno o dos camiones acopia y comercializa en doble vía entre siete veredas y un centro urbano vecino? Entre el sistema de alteridad más extendido y el sistema de integración más localizado existe obviamente una transición. Cada sistema de alteridad puede desarrollar distintas funciones de integración regional, conduciendo flujos a través del paisaje en distintas escalas espaciales. Con el ordenamiento van apareciendo sistemas cada vez más especializados que asumen el grueso de las funciones de integración, entonces, ya no va cada vecino al pueblo, sino que va el presidente de la junta de acción comunal, o el intermediario comercial, quien se ocupa de los intercambios y enlaza sistemas de alteridad por sus flujos a través del espacio.

La cuenca hidrográfica como SIR

La cuenca es claramente el marco estructural y funcional que mejor delimita los procesos dentro de los paisajes predominantemente naturales; sus límites y canales son los de la mayor parte de los flujos y transformaciones, por lo que la cuenca constituye, realmente, el marco más adecuado de planificación y manejo en estas condiciones. No obstante, a medida que avanza el

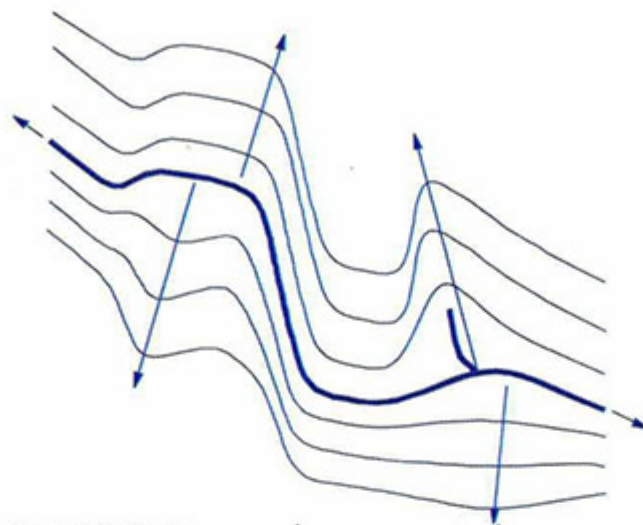


Figura 3. Ambiente anisotrópico (origen lineal).

ordenamiento efectivo, conducido por las fuerzas socioeconómicas regionales, nacionales e internacionales, desarrollando su expresión espaciotemporal a través de los limitantes y potenciales ambientales del territorio, se crean nuevos compartimentos, límites y canales.

En términos del ordenamiento, en el paso de los paisajes predominantemente naturales a paisajes humanizados, se operan dos cambios de trascendencia mayor: la emergencia de los sistemas de alteridad como ordenadores del paisaje y la configuración de nuevos sistemas de integración regional, que ya no son necesariamente hidrográficos: carreteras, cables, tuberías, ondas, estaciones, redes financieras, etc.; una estructura de focos y radios que subordina la mayor parte de flujos y transformaciones de los ecosistemas en una órbita de influencia creciente, isomórfica del crecimiento micelial.

Odum *et al.* (1986), se refiere a este hecho como el paso de la cuenca como unidad estructural y funcional del ecosistema regional, a la microrregión socioeconómica como nueva categoría explicativa, suficiente para delimitar y definir los procesos y sus subsecuentes transformaciones, que tienden inicialmente a acelerarse mientras la sociedad regional se conforma y el hombre desarrolla su relación con el paisaje, lo cual significa, en último término, la creación de un nuevo paisaje por la cultura.

Mientras en los paisajes predominantemente naturales la cuenca y la red hidrográfica contienen y conducen la mayor parte de los flujos del ecosistema regional, en los paisajes

humanizados, antropizados o culturales, la red socioeconómica da cuenta de una proporción creciente y mayoritaria de los flujos de materia, energía e información, por lo cual tiene mayor poder determinante explicativo del ordenamiento efectivo del territorio, al tiempo que las fuentes de energía fósil pasan a ser dominantes en los mecanismos de control del ecosistema.

De ahí que en tantos estudios se enfrenten tantas dificultades para integrar aspectos biofísicos y socioculturales en el marco de la cuenca hidrográfica.

Cuando la estructura creada

hidrográficamente ya no limita ni delimita los desarrollos potenciales del ecosistema, la teoría de la información indica que el sistema ha sido desbordado y la capacidad determinante ha sido trasladada hacia otro sistema con mayor concentración de información, el cual toma las riendas de los flujos de materia y energía, y se convierte en la unidad explicativa del ordenamiento regional.

Un ejemplo práctico es el Sistema Chingaza, que constituye una transformación radical de la hidrología regional, en virtud de la cual Bogotá como sistema ordenador, es capaz de apropiarse del agua de la Orinoquia, con lo que el mosaico de ecosistemas vinculados al alto río Guatiquía queda definitivamente vinculado a la esfera bogotana de ordenamiento.

Niveles de transformación y tipología de los paisajes

El paso de la regulación biofísica a la regulación cultural es gradual y es resultado de varios procesos superpuestos. El total, es un formidable proceso en el cual la cultura se extiende sobre los ecosistemas: primero reflejándolos, luego reflejándose en ellos; pasando de una dinámica de adaptación a una de adecuación. En esencia, la mayor parte de las transformaciones encierran un cambio en la simetría de los flujos de información sociedad-naturaleza o, en otros términos: quién determina a quién, en qué aspectos y en qué escala espacial, temporal y energética.

Con base en la investigación de la urbanización de la periferia rural bogotana y de la colonización de los territorios indígenas del Vichada, puede plantearse que las transformaciones se dan en varios niveles, los cuales tienen un orden temporal aproximado al que sigue:

- *Transformación mental*: los cambios en las ideas ordenadoras de la praxis de alteridad, a nivel individual o familiar; se trata de transformaciones en conceptos y valoraciones, que inciden en la axiología personal y la jerarquía motivacional de los individuos y familias.

- *Transformación cultural*: los cambios en las ideas ordenadoras a nivel colectivo (social o comunitario), es la puesta en común (comunicación) de los cambios de mentalidad.

- *Transformación temporal*: una de las más sutiles y trascendentes, consiste en un cambio en la forma en que las personas conciben, valoran y distribuyen su tiempo. Uno de los ejemplos más dramáticos es el paso de la visión circular del tiempo y las generaciones (típicamente indígena) a la visión del tiempo lineal, sin retorno, implicando el progreso y diferenciación de una generación con respecto a la anterior (típicamente colono).

- *Transformación social*: básicamente consistente en la secundarización de la red de relaciones primarias de la comunidad local que pasa del control afectivo y los lazos de reciprocidad al control económico y las relaciones de comercio y precio.

- *Transformación funcional*: la mediación de la moneda y la organización sobre instituciones y mercados más extensos, permiten la generación y expansión de sistemas de integración regional eminentemente artificiales que se hacen cargo de la regulación y conducción de los flujos de materia, energía e información, en proporción creciente.

- *Transformación física*: es la más trivial consecuencia de los procesos anteriores, o su consumación estructural; los cambios operados en el criptosistema, ordenan los elementos de cobertura en el fenosistema, lo cual se refleja en un reemplazo creciente de los elementos naturales por cultivos e infraestructura artificial (*Tabla*).

En esta propuesta tipológica se ha tenido en cuenta el fenosistema (según el predominio estructural de los elementos de cobertura naturales

o artificiales) y el criptosistema (según la medida en que la función es determinada biofísica o socioculturalmente).

Sucesión y ordenamiento

La evolución y la sucesión son los dos procesos fundamentales que integran ese fenómeno cuya configuración en un instante dado puede ser reconocida como ecosistema. La sucesión es el proceso de autoorganización de la biosfera cuyo rasgo más distintivo es la ocupación del espacio por distintos sistemas que se suceden unos a otros, cada uno estableciéndose donde y cuando las condiciones le son propicias (según su adaptación), captando y transformando la oferta ambiental hasta que se crean nuevas condiciones en que otros sistemas resultan más competitivos y lo reemplazan.

Típicamente, en cada ambiente (combinación de factores) se presenta una secuencia característica de reemplazamientos, que constituye la serie ecológica de este. El proceso sucesional no es exclusivo de las plantas, las mariposas y otras criaturas poco ilustradas, es un fenómeno general de la materia y la energía; en cualquier lugar del universo donde éstas puedan conformar sistemas abiertos que compitan por flujos limitados de materia y energía, captándolos al tiempo que alteran su entorno y propician así su reemplazo por sistemas que, en condiciones estables, tienden al incremento del tamaño total, la complejidad, la especialización y la integración.

Los sistemas se suceden dentro y entre las instituciones, en los mercados, en la regeneración del bosque a partir de eriales y pastizales y, por supuesto, en la ocupación y transformación espontánea del espacio por los sucesivos sistemas de alteridad, lo cual se conoce como ordenamiento.

Tabla.

TIPOS	CASOS
Paisajes naturales.	Silvestres, colonización incipiente.
Paisajes naturales mediados culturalmente.	Indígenas dispersos, rurales dispersos.
Paisajes artificiales regulados naturalmente.	Indígenas densos, rurales laxos, suburbanos incipientes.
Paisajes artificiales regulados artificialmente.	Rurales densos, suburbanos, urbanos.

Muchos estudiosos han enfocado la transformación antrópica de la biosfera, como una subversión o anulación del orden natural, con lo que se trastocan o incluso invierten las tendencias generales de desarrollo de los ecosistemas. Sin embargo, como lo demuestra Margalef (1982), la sucesión no se interrumpe y ni siquiera sufre una discontinuidad significativa con la alteración antrópica.

Puede, en cambio, decirse que la sucesión entre poblaciones y comunidades bióticas es trascendida por una sucesión entre sistemas antrópicos, la cual prosigue las tendencias generales a la estabilización, especialización, diversificación y acumulación de información, materia y energía. En este nuevo orden sucesional, las relaciones de simbiosis, competencia, facilitación, etc. se dan, no entre poblaciones biológicas, sino entre organizaciones humanas.

Provista de flujos crecientes de energía (en términos económicos se diría que se da una generación constante de excedentes), la sucesión antrópica sigue, aproximadamente un patrón ampliamente conocido:

- La información (estructural, biótica, cultural) determina la función y ésta genera las estructuras que son el aspecto físico reconocible del ordenamiento.

- Lógicamente, las estructuras producidas representan información, en la medida en que orientan las funciones subsiguientes, cerrando el ciclo.

- El ciclo sólo se abre a la determinación o control externos mediante la introducción de información (en forma cultural o de grandes desarrollos estructurales), que modifique las funciones internas y redirija el ordenamiento espontáneo.

- En bajas densidades de ocupación humana y transformación antrópica, las estructuras determinantes son las cuencas hidrográficas que actúan como sistemas integradores regionales y locales.

- La cultura actúa suministrando información de creciente capacidad determinante, induciendo cambios ambientales progresivos. Los nuevos ambientes se convierten, a su vez, en nuevos determinantes sobre las transformaciones culturales, retroalimentando la transformación.

- La transformación del espacio no cesa sino hasta el punto en que la cultura no puede ya operar mayores cambios sobre el entorno. Suspendida la adecuación del entorno por el



hombre, sólo avanza la maduración de la adaptación cultural al medio, en un equilibrio que se mantiene hasta que cambios económicos, sociales o tecnológicos afectan significativamente la capacidad de adecuación y se inicia otra serie de transformaciones en dirección regresional (despoblación) o sucesional (densificación).

- Sin embargo, también puede ocurrir que la transformación recíproca y paralela cultura-ambiente se precipite en una barrena de mutua degradación, situación que sólo se equilibra en un máximo degradante, cuando ni la sociedad ni su medio podrían ser más hostiles o hacer más hostil al otro. Estos sistemas son curiosamente estables a no ser que la crisis cultural-ambiental se generalice y la sociedad total colapse (caso de la desaparición de varias civilizaciones).

- Al aumentar la densidad de ocupación-transformación se construyen acumulaciones de información cultural (infraestructura, prácticas, técnicas, creencias, organizaciones) que en un momento dado desbordan a los determinan-

tes biofísicos y establecen el control socioeconómico del ordenamiento.

- Este nuevo ordenamiento determinado por redes y nodos artificiales (como vías y asentamientos) respeta algunos rasgos duros de la estructura biofísica inicial y otros los hereda, razón por la cual el nuevo sistema de integración regional, la microrregión socioeconómica, conserva algunos rasgos estructurales de las cuencas hidrográficas.



- La tendencia general del ordenamiento en las periferias urbanas es hacia mayor densidad, fuerte fragmentación, compartimentación y especialización funcional de los espacios, mayor alteración ambiental y un balance alto de adecuación/adaptación, configurando un sistema vasto, estrechamente integrado, con un medio interno artificial, con una extensa y costosa infraestructura que suple las funciones de sustentación y que, junto con la especialización, es una de las bases de las fuertes asimetrías sociales que a su interior se generan.

A este modelo general, hay que hacerle una anotación para el caso colombiano: la inequidad social fomenta una mayor alteración ambiental en procura de suplir las necesidades y aspiraciones de amplios sectores insatisfechos; esta alteración lleva a la destrucción eventual de los recursos naturales que al hacerse escasos incrementan su valor y precio, acentuando las asimetrías sociales.

A modo de corolario, cabe decir que la urbanización es la mayor demostración de la paradoja positivista: todas las soluciones de hoy serán los problemas de mañana. No hay uno solo de los problemas socioambientales del territorio colombiano que no haya sido, en su momento, una solución social o ambiental del Estado o del particular, pero eso sólo lo hemos sabido con el paso del tiempo y los efectos causados.

De modelar a moldear un paisaje

Los planes de ordenamiento tienen tanta probabilidad de transformar el paisaje como los genes encerrados en una semilla. Son información replegada. Para pasar a un estado desplegado, la información requiere de mecanismos de traducción, por medio de los cuales su código pueda determinar funciones y generar estructuras. El despliegue de la información requiere la aptitud del sistema que la contiene para detectar y captar flujos de energía, materia, capital, información y afecto, partiendo de unas mínimas reservas iniciales.

Para pasar de modelar el ordenamiento efectivo (lo cual no deja de proporcionar una gran satisfacción intelectual) a moldearlo en dirección a un ordenamiento deseado y lograr un punto intermedio (ordenamiento regulado), el plan debe convertirse en sistema de ordenamiento, bien sea, creando la organización humana para ello o montándolo como función dentro de un marco organizacional preexistente que se adecua para el efecto. Este sistema ha de contar con la información, mecanismos de percepción, modelos sobre el entorno y herramientas para intervenir sobre el mismo, todo lo cual es inútil sin los mecanismos para detectar y captar flujos de información, energía y materia finitos en un ambiente concreto y limitado en el que debe competir con los sistemas de alteridad locales. Esta competencia puede partir de ocu-

par parcialmente los nichos de algunos de ellos si allí estriban oportunidades de desarrollo. Más lógicamente, el sistema de ordenamiento debe desarrollar un nicho propio, ser capaz de mantenerse y expandirse en el paisaje a ordenar, complementarse con los sistemas de alteridad y de integración locales y subordinarlos (informática y termodinámicamente) en la medida necesaria para ejercer un control eficaz del ordenamiento. Idealmente este sistema subordinante debería desarrollarse a partir de las propias organizaciones locales, con el propósito de no aumentar los niveles de mediación social y de adecuación del sistema, priorizando la adaptación a la función local preexistente.

La estrategia viral es un gran modelo de ordenamiento. Si el sistema de ordenamiento es capaz de infectar el flujo de información en los

creando un nuevo circuito capaz de competir con los establecidos.

Eficacia simbiótica: la capacidad de incrementar la eficacia biológica y/o social del sistema en que se introduce, a partir de la transformación generada en el mismo por la sumatoria de las propiedades de la información introducida o por las propiedades emergentes de los nuevos circuitos creados en el proceso de infección. Aquí también cabe la capacidad de las ideas introducidas para encajar coherentemente dentro de la representación simbólica del mundo o entorno subjetivo en que se introduce, por complementariedad o resonancia con las categorías autóctonas, mejorando la capacidad explicativa y representativa del sistema y disminuyendo o al menos no aumentando las contradicciones y crisis de significado de la cultura local.

Virulencia: la capacidad para transmitirse a otros individuos o comunidades, replicándose dentro del mismo sistema de alteridad o afines, con base en la energía de los sistemas infectados y sin necesidad de subsidio auxiliar.

Adecuación del medio: la capacidad de transformar el entorno subjetivo y relevante del sistema de alteridad en que se introduce, haciéndolo más propicio a su mantenimiento y replicación.

Las ideas que así se transmiten generan transformaciones de los sistemas de alteridad y sus entornos subjetivo y relevante. Si las transformaciones de los sistemas infectados no elevan la eficacia de estos últimos, la selección sobre éstos desfavorece el mantenimiento y replicación de aquéllas. Si las transformaciones del entorno subjetivo o relevante favorecen más a otras ideas autorreplicantes que a la introducida, se verifica un proceso de facilitación en el cual unas ideas son sucedidas por otras. De este modo, en la propagación de las ideas ordenadoras y las técnicas pueden ocurrir sucesiones con seres definibles en las que unas ideas pueden actuar como pioneras y facilitadoras de la introducción de otras.

Puesto que cada unidad de información se mantiene en la medida en que es capaz de orientar los flujos de información, desviando una cuota para su propio mantenimiento (costo de regulación), las ideas ordenadoras y las

No hay uno solo de los problemas socioambientales del territorio colombiano que no haya sido, en su momento, una solución social o ambiental del Estado o del particular, pero eso sólo lo hemos sabido con el paso del tiempo y los efectos causados.

procesos de crecimiento y reproducción de los sistemas de alteridad locales, el ordenamiento regulado es un hecho. La estrategia requiere inocular información adecuada en puntos precisos de los procesos claves. Además, fundamentada en la comunicación y la cultura, plantea también la transmisión de modelos y procedimientos de un agente a otro, con lo que las ideas se hacen autorreproductivas sobre la base de los sistemas culturales locales. Las condiciones que propician la autopropagación de las ideas ordenadoras y las técnicas a través de los sistemas de alteridad, son cruciales para el trabajo de extensión. Tales condiciones pueden corresponder aproximadamente a:

Diseminación: capacidad de las unidades de información instaladas en unos sistemas de alteridad para mantener una constante emisión de sus réplicas a través de los ambientes y canales de intercambio con otros sistemas.

Infectividad: la capacidad de la unidad de información de introducirse en los canales de intercambio del sistema de alteridad (o crear sus propios accesos) y conectarse con los flujos de energía disponibles en éste,

técnicas compiten entre sí por los recursos limitados de espacio, tiempo y energía en el sistema de alteridad. Estas relaciones de competencia, sinergia, facilitación y sucesión, se verifican en primera instancia dentro del entorno subjetivo y se manifiestan luego en la praxis sobre el entorno relevante del que se retroalimentan continuamente los resultados de validación y aprendizaje. En esta mecánica (el criptosistema del fenosistema de alteridad), subyace la causa de que, entre otros fenómenos, las transformaciones mentales precedan a las físicas y estas, a su vez, a las espaciales.

De modo perfectamente isomórfico a la urbanización de las periferias rurales de los centros urbano-regionales, que se urbanizan primero mentalmente (comienzan a pensar urbano), luego funcionalmente (comienzan a funcionar urbano) y finalmente se urbanizan en lo físico (se ven urbanas), así mismo, las transformaciones de los sistemas de alteridad en territorios indígenas y de colonización, como la altillanura del Vichada, siguen las mismas etapas de lo sutil a lo concreto, siendo los últimos cambios, palpables pero triviales consecuencias del proceso fundamental que es principalmente cultural.

Conclusiones

La propuesta metodológica presentada plantea una aproximación funcionalista a la ecología de paisajes de rápida transformación, en los cuales el país tiene urgentes necesidades de comprensión, predicción y manejo.

Es preciso llamar la atención sobre la necesidad de desarrollar el estudio del criptosistema, que es el aspecto analítico en la ecología del paisaje, para balancear los avances alcanzados en el estudio del fenosistema, aspecto descriptivo de la misma disciplina.

Así mismo, debe resaltarse la utilidad del enfoque de sistemas de alteridad, pues, como lo han señalado otros investigadores, proporciona un modelo y un método para el estudio ecológico comparado de la amplia diversidad de culturas que se apropian y transforman el paisaje colombiano, así como para poder ubicarlas en un mismo plano de análisis y comprender sus interacciones. En los frentes de colonización esto facilita el estudio homologable de culturas indígenas y colonas. En sistemas urbano-regionales proporciona el marco para el estudio

comparado de sistemas y procesos en apariencia tan disímiles como los urbanos, suburbanos y rurales.

La aplicación de este enfoque a los problemas de ordenamiento territorial, permite evidenciar la falsedad del enunciado que define el ordenamiento como una función del Estado, cuando éste asigna las unidades de territorio a los usos más apropiados según sus potenciales y limitantes y de acuerdo con las exigencias de un plan de desarrollo. El ordenamiento existe, puede ser espontáneo o regulado y cada acción y omisión del Estado, en cualquier aspecto, crea un cuadro de incentivos que leen los sistemas de alteridad de cada región y toman en cuenta para orientar su praxis ordenadora.

Glosario

Autopoyético: sistema o proceso cuyo desarrollo está determinado principalmente por factores endógenos, es decir, que la organización genera o reproduce organización.

Sistema de alteridad: modo de vida de un grupo humano particular, según su forma típica de percibir, ocupar, aprovechar y transformar el territorio, representado como sistema autopoyético, es decir, capaz de crecimiento y reproducción y con un patrón característico de desarrollo.

Sistema de integración: estructuras físicas y/o simbólicas que determinan la distribución de la oferta ambiental relevante para los sistemas de alteridad y, por ende, las decisiones de ocupación y expansión de los mismos. Ej: la cuenca hidrográfica es un sistema biofísico, mientras que el sistema de accesibilidad combina hechos físicos y socioeconómicos como pendientes, vías y distancias.

Entorno relevante: es el conjunto de factores ambientales tenidos en cuenta por un sistema de alteridad en particular para sus decisiones de establecimiento y expansión. Ej: la fertilidad del suelo es parte del entorno relevante del sistema minifundio, pero es irrelevante para el sistema cantera.

Ontogenia: proceso típico de desarrollo de un sistema de alteridad, el cual implica una serie de transformaciones recíprocas del sistema y su entorno inmediato. Ejemplo: el sistema de desarrollo progresivo de vivienda pasa por varias etapas de consolidación desde chabola hasta barrio legal.

Referencias:

- Bertalanffy, L von: *Introducción a la Teoría General de Sistemas*. Fondo de Cultura Económica. México D.F., 1987.
- Odum, HT: *Ambiente, energía y sociedad*. Serie Blume Ecología. Editorial Blume. Barcelona, 1983.
- Margalef, R: *La teoría ecológica y la predicción en el estudio de la interacción entre el hombre y el resto de la biosfera*. En: *Ecología y Medio Ambiente*; Harold Sioli, compilador. Serie Blume Ecología. Editorial Blume. Barcelona, 1982.


Complejidad, interdisciplina y política ambiental

Julio Carrizosa Umaña

Profesor Titular

*Instituto de Estudios Ambientales,
Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia.*

E-mail: carrizo@telecom.com.co



¿ Como diseñar una política ambiental efectiva? En Colombia el diseño de políticas ambientales generalmente se delega al grupo que rodea, por una u otra razón, al Ministro de turno. En ocasiones intervienen también funcionarios de Planeación Nacional o de la Presidencia de la República, cuyas funciones principales son asegurar la coherencia con el marco macroeconómico, con la política de inversión o con las promesas hechas durante cada campaña presidencial.

Esos grupos (en los cuales he estado incluido en varias ocasiones), pueden pedir o no el respaldo de los cuadros directivos o técnicos del Ministerio (en ocasiones lo hacen, otras veces no). Es también decisión de esos grupos consultar o no, con otros Ministerios, con grupos de empresarios o con el resto de la sociedad civil. Naturalmente, la política resultante es responsabilidad del Presidente y de cada Ministro, no del grupo asesor.

Las ciencias y las técnicas tienen que ver con cada política más de lo que generalmente se piensa. Casi todas las políticas ambientales diseñadas durante los últimos diez años han sido elaboradas por técnicos provenientes de las ingenierías o de la biología, con asesoría de abogados y de economistas. Generalmente, en estos procesos multidisciplinarios se presentan algu-

nos problemas de fondo, sobre los cuales se reflexiona en este artículo. Los principales problemas son: la posibilidad de elaborar un diagnóstico cercano a la realidad y la posibilidad de modificar esa realidad. Ambos tienen que ver con la extrema comple-

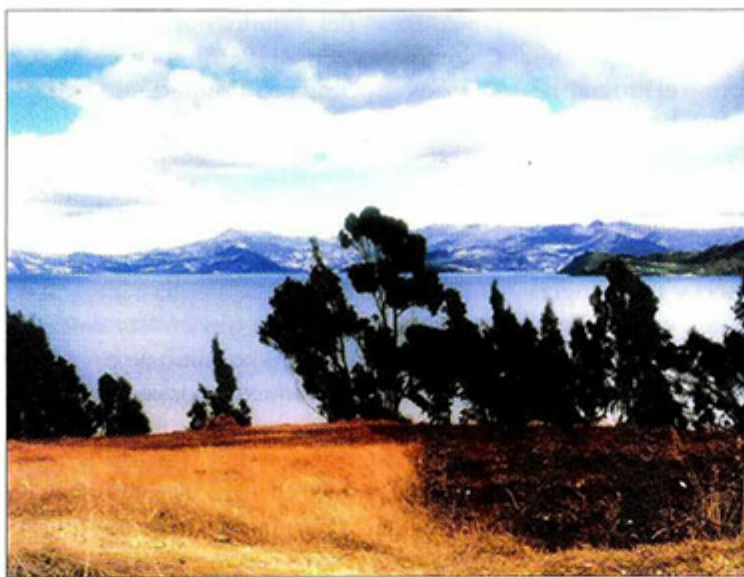
No es raro encontrar, en los equipos que elaboran las políticas ambientales, profesionales que por ignorancia o por soberbia, no reconocen las falencias y las relatividades del cuerpo teórico que utilizan.

jididad del tema ambiental¹ y con sus interrelaciones con lo político, lo social, lo económico y lo cultural.² Complejidad e interrelaciones entre lo físico-biótico y lo cultural, en un sentido amplio, hacen necesario un tratamiento interdisciplinario que debe conllevar un *buen entendimiento* tanto de las ciencias físicas y naturales como de las ciencias humanas, sociales, políticas y económicas, incluidas algunas, que como la historia, la psicología y la neurología, en la

mayoría de los casos se pasan por alto o se adoptan en formas atrasadas o demasiado simples.³

Ese "*buen entendimiento*" significa conocer los límites de cada aproximación científica y los supuestos en los que se apoyan los conjuntos teóricos de cada disciplina. En el trabajo interdisciplinario en el que intervienen personas especializadas en las ciencias físicas y naturales y otras ligadas a las ciencias sociales y humanas, a menudo se presentan confusiones sobre lo uno y lo otro. Estas confusiones pueden obedecer a sobre o subestimación del alcance y poder de cada aproximación científica: los ingenieros y biólogos pueden pensar que la capacidad de predicción de la economía es mayor de lo que los mismos economistas reconocen; los abogados pueden creer que la ecología conoce exactamente el funcionamiento y la estructura de todos los ecosistemas, los economistas pueden despreciar los estudios de los geógrafos acerca de la diversidad o los ecólogos pueden suponer que conocen los sistemas sociales mejor que sociólogos y antropólogos.



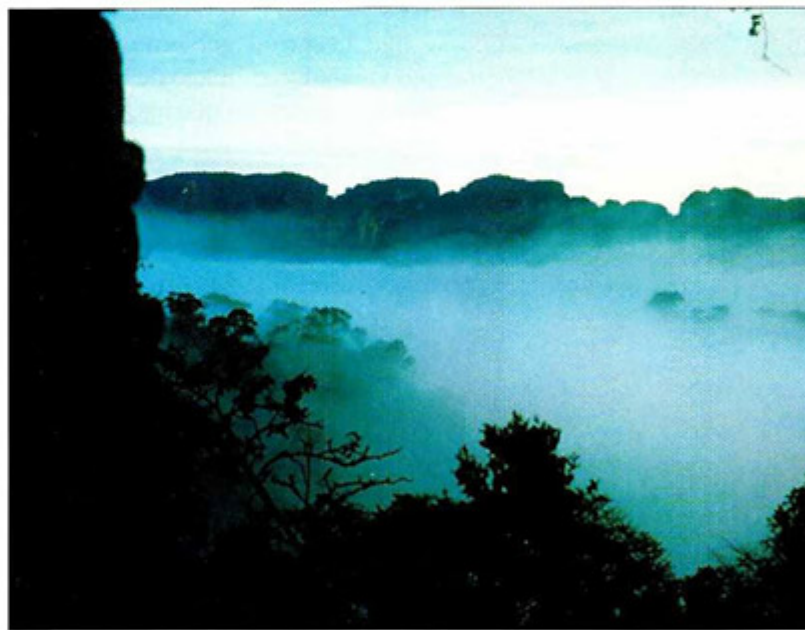


El *buen entendimiento* se refiere también al interior de cada disciplina. No es raro encontrar, en los equipos que elaboran las políticas ambientales, profesionales que por ignorancia o por soberbia, no reconocen las falencias y las relatividades del cuerpo teórico que utilizan y que con sus actitudes generan desconciertos y errores en el grupo. Esto puede suceder tanto en las ciencias físicas y naturales como en las humanas y sociales: un modelo de calidad de agua cuyos parámetros fueron calculados para otras condiciones ecosistémicas, un modelo de comportamiento colectivo que funcionó, pero en otro contexto social, una norma legal diseñada para otro sistema cultural, todos ejemplos de instrumentos de evaluación o de gestión que se tratan de introducir en las políticas por desconocimiento de alternativas o, en el peor de los casos, para generar jerarquías y rentas burocráticas.

Aun, en el mejor de los casos, cuando todos actúan de buena fe y todos son conocedores de las posibilidades de sus disciplinas, la enorme complejidad de los problemas ambientales muchas veces conduce al fracaso de las políticas. En lo ambiental, es necesario comprender y modificar la totalidad, con todas sus variables e interrelaciones. No es posible, como lo hacen los economistas neoclásicos, hacer caso omiso de las diferencias territoriales, tampoco es aconseja-

ble ignorar lo social, como acostumbran algunos ecólogos o despreciar lo individual, como lo exigen los sociólogos. No pueden las políticas ambientales detenerse en la descripción de los problemas de los ecosistemas o en definir metas para su solución, lo cual puede hacerse desde las ciencias naturales. El estudio de la totalidad implica la definición de las acciones para lograr cam-

bios de comportamiento, y para esto, es necesario trabajar con las ciencias humanas y sociales.



Este último trabajo, la comprensión y la transformación de lo natural y de lo social, el acercamiento a ambos sistemas, al biofísico y al sociocultural, rebasa, infortunadamente, las posibilidades de las aproximaciones monodisciplinarias de la ciencia. Como lo han dicho y lo hacen muchos, es necesario construir nuevas formas de conocimiento y transformación de la totalidad: ciencias

postnormales, las denominan Silvio Funtowicz y Jerry Ravetz.⁴ Para esto, desde hace unos años ICSU conformó el Programa Geosfera-Biósfera en el cual las ciencias humanas y sociales interactúan con las físicas y naturales según el Programa Internacional sobre Dimensiones Humanas del Cambio Global⁵ y, recientemente se ha conformado la Red de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible,⁶ cuyo punto focal se encuentra actualmente en la Universidad de Harvard.

Afortunadamente en Colombia varias universidades han afrontado de tiempo atrás el reto de comprender lo ambiental interdisciplinariamente y los conceptos que guiaron la creación del SINA y, en especial, del IDEAM, reconocen la necesidad de cooperación de las ciencias físicas y naturales con las humanas y sociales. El Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional ha avanzado durante más de diez años en ese sentido y las recomendaciones que se han hecho al gobierno siguen el concepto integral y complejo de lo ambiental. Es preciso reconocer que los trabajos de

Línea Base del Estado del Ambiente en Colombia⁷ y en el Perfil Ambiental son valiosos documentos multidisciplinarios, aunque estén todavía ausentes los análisis y síntesis inter y transdisciplinarios.

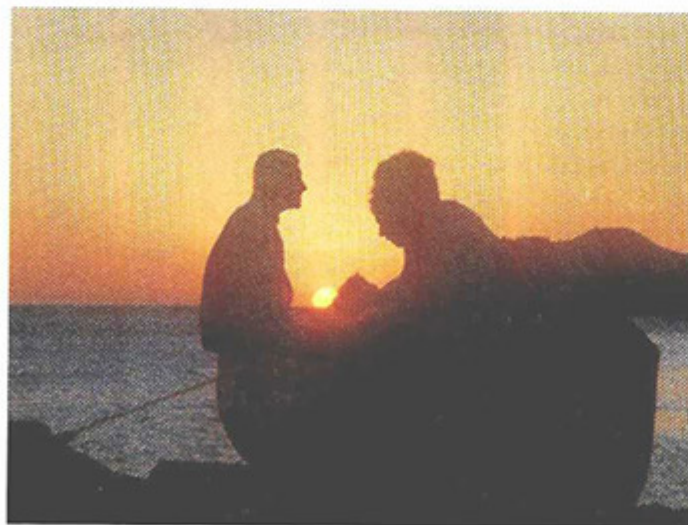
Sin embargo, la mayoría de las políticas ambientales establecidas durante los últimos años tuvieron que elaborarse sin contar con esa visión cuantificada, amplia e integral de los problemas y, para obviar esta deficiencia, siguieron un largo camino de consultas, en el cual se esperaba que los centenares de participantes logran construir un diagnóstico y unas propuestas cercanas a la realidad. Los resultados, en su mayoría, son documentos muy extensos en los que se proponen decenas de estrategias, programas y proyectos, resultantes de las sugerencias de los consultados, con poca selección y priorización, aparte de la eliminación de aquellas propuestas no coherentes con los marcos político y macroeconómico.

Los pasos siguientes constituyen varios retos importantes para la comunidad científica colombiana interesada en lo ambiental. En primer lugar, es necesario que el

gobierno asegure la continuidad y la calidad de la elaboración de la Línea Base Ambiental para que no se pierda el esfuerzo inicial; la ley ordena que las políticas ambientales se fundamenten en la investigación científica y los datos ya publicados para el 2002 tienen que ser el inicio de las series de tiempo imprescindibles para conocer las modificaciones en los procesos. En segundo término, las políticas ya establecidas deben confrontarse con los primeros datos de la línea base y del perfil ambiental, para priorizar es-

trategias y seleccionar los proyectos con mayores probabilidades de éxito.

Paralelamente, las Universidades y los Institutos de investigación deben afrontar la solución de los diferentes problemas epistemológicos y metodológicos planteados

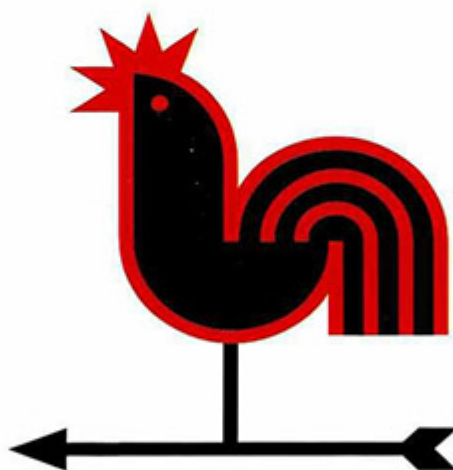


los institutos de investigación adscritos o vinculados al Ministerio del Medio Ambiente siempre han estado guiados por la necesidad de conocer y manejar la totalidad; los diagnósticos que el SINA presentó al final del gobierno pasado enmarcados en la

por la necesidad de un tratamiento complejo del tema ambiental. El IDEA de la Universidad Nacional está comprometido en ese sentido y ha escogido como tema específico la comprensión de los desequilibrios territoriales dentro de los conceptos de sostenibilidad regional y local,⁸ con el objetivo de servir de fundamento para la elaboración de políticas de poblamiento;⁹ otras universidades están interesadas en temas semejantes, en los cuales es necesario comprender tanto el sistema natural como el sistema social, temas que deberían ser prioritarios para la academia colombiana.

Referencias

1. Carrizosa, J.: *Que es Ambientalismo*. Pnuma, Idea-Un, Gerac. Bogotá, 2001.
2. Carrizosa, J.: *Colombia de lo Imaginario a lo Complejo*. Idea-Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2003.
3. Carrizosa, J.: 2003. *Capítulo IV*
4. Funtorcz, S.; Ravetz, J.: *El valor de un ruiseñor: la economía ecológica como ciencia postnormal*. En *Ecología política. Ciencia con la gente*. Buenos Aires. CEDAM. 1993.
5. IHDPUjdate. www.ihdp.org
6. Ver <http://sustainabilityscience.org/network.html>
7. SIAC *Primera generación de indicadores de la línea base de la información ambiental de Colombia*. IEGWSP/UNAH/IBPP/MEWR. Bogotá, 2002.
8. Carrizosa, J.: *Sostenibilidad regional y local*. En *Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia*. Volumen 45 # 133. Bogotá, 2001.
9. Carrizosa, J.: *El territorio, el ambiente y la sostenibilidad*. En *Universidad Nacional de Colombia. Espacio y territorios*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2001.



EL MUNDO EN BOGOTÁ 89.9 F.M. ESTEREO

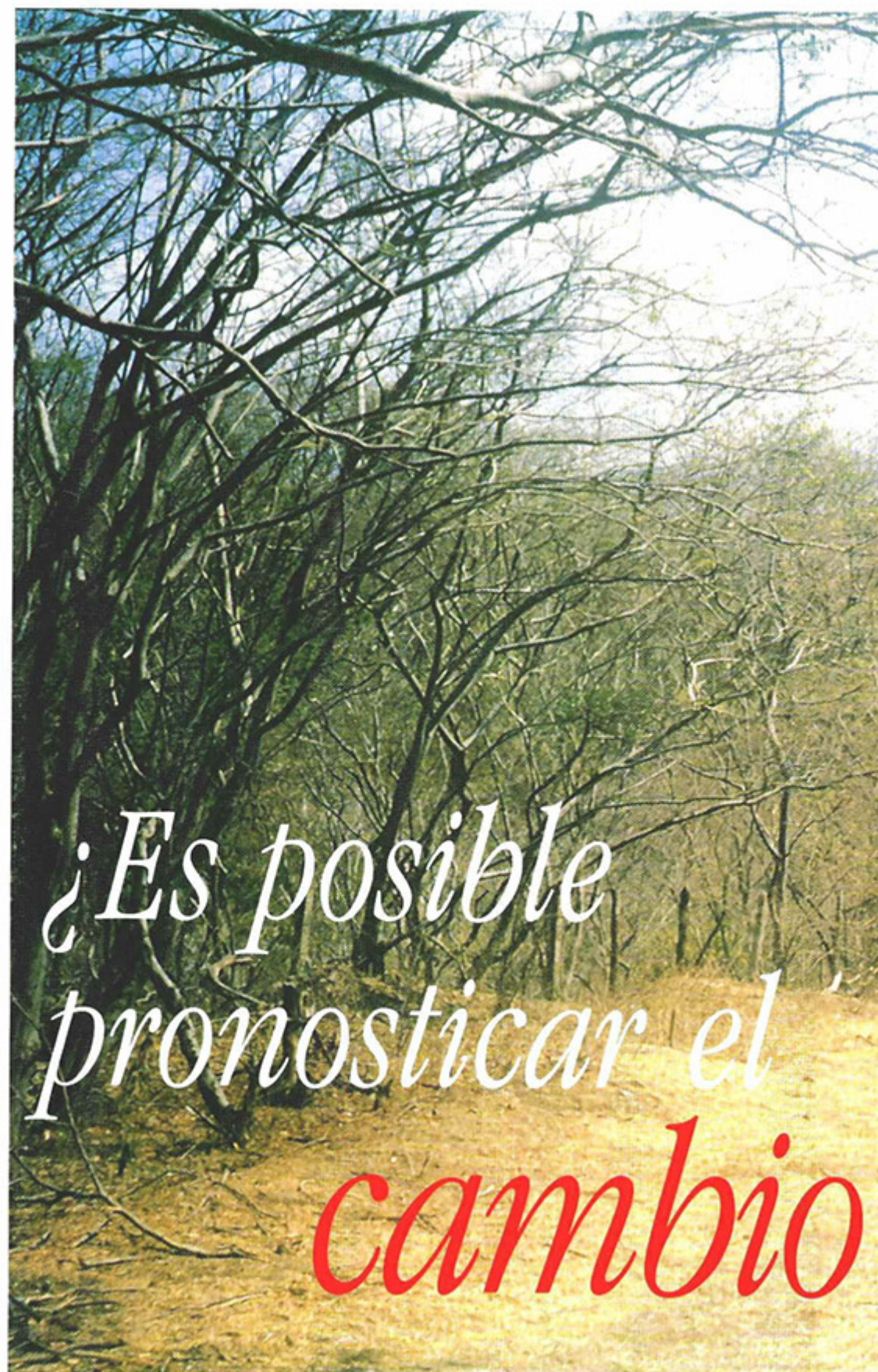
Desde 1950 una emisora para la inmensa minoría

PARTE II



El clima





*¿Es posible
pronosticar el
cambio*



J. Daniel Pabón

*Grupo de Meteorología-Departamento de Geociencias,
Departamento de Geografía,
Universidad Nacional de Colombia.
Bogotá, Colombia.*

*Miembro del Task Group on Climate Impact Assessment (TGCI)
del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC).
E-mail: jdpabonc@unal.edu.co*

La expectativa de un cambio climático que ya en el presente siglo podría hacerse notorio con marcados impactos en diferentes regiones del planeta, ha generado la necesidad de información acerca del clima del futuro, la cual puede ser muy útil para que la comunidad mundial se prepare, sea menos vulnerable y se adapte a las nuevas condiciones; dicha información es valiosa para la planificación del desarrollo a muy largo plazo de los países del mundo.

climático?

Diferentes centros de investigación han desarrollado diversos tipos de modelos que presentan cual podría ser el clima en decenios venideros. Hoy en día, hay disponible gran cantidad de información sobre el clima del futuro lo que ha generado cierta confusión, no sólo en el público en general, sino en algunos entendidos quienes manejan diferentes aspectos del tema del cambio climático (evaluación de impactos económicos o políticos, por ejemplo). La comunidad, que en muchos casos no diferencia entre los conceptos tiempo y clima y que está acostumbrada a los llamados pronósticos del tiempo, espera tener pronósticos casi determinísticos de las condiciones climáticas que se observarán en la segunda mitad del siglo XXI y mas adelante. Por esa razón se presenta la tendencia a asumir los productos de los modelos climáticos como pronósti-

La información sobre el cambio climático es cada día mas usada como uno de los elementos básicos para la planificación a muy largo plazo.

cos determinísticos, situación que puede incrementar los errores que pudieran darse en la toma de decisiones correspondientes.

La información sobre el cambio climático es cada día mas usada como uno de los elementos básicos para la planificación a muy largo plazo, por lo cual, es conveniente conocerla mejor para poder hacer uso adecuado de la misma. Al decidir usarla, se debería comenzar por conocer aspectos como las diferencias entre pronóstico, proyección y escenario o cuestionarse: ¿hasta qué punto el clima es predecible? ¿qué información presentan los modelos

climáticos de los centros de investigación? ¿qué alcances y limitaciones tienen? ¿es suficiente dicha información para evaluación de los posibles impactos del cambio climático? ¿cómo podemos usar dicha información?

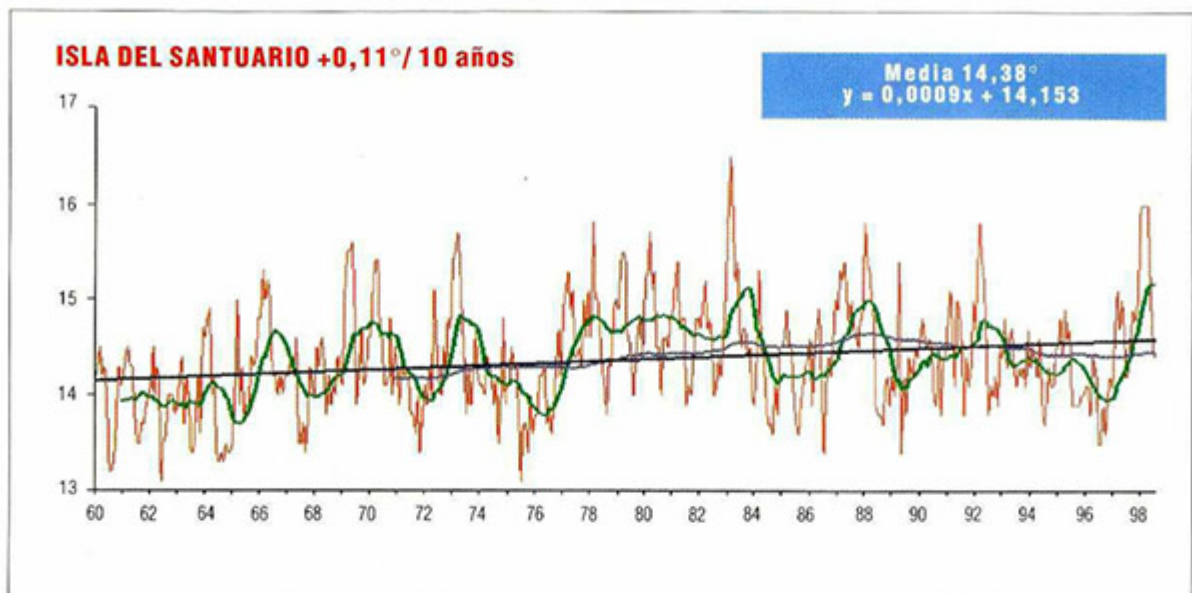
Pronósticos, proyecciones y escenarios

Para orientarse al respecto, inicialmente se deberían clarificar términos como pronóstico o predicción, proyecciones y escenarios, en la forma como se usan en la meteorología o climatología; también se deberían diferenciar los conceptos: tiempo atmosférico (en adelante, se referirá únicamente como tiempo) y clima para así entender por qué es posible actualmente el pronóstico del tiempo o la predicción climática estacional y cuáles son las dificultades que se deben afrontar para prever los cambios de mayor largo plazo (decenios, siglos) asociados al cambio climático.

Los términos *pronóstico* o *predicción* se refieren a un juicio anticipado sobre futuros acontecimientos o del futuro desarrollo de procesos. Entre tanto, la *proyección*, que se podría considerar una variante de la predicción, generalmente es una extrapolación hacia el futuro de las condiciones actuales en un medio determinado. En ambos casos, se utilizan diversos métodos y se toma como base el conocimiento que se tiene acerca de los procesos; el método más sofisticado es el uso de modelos numéricos. Adicionalmente, se utiliza el término *escenario*, que es la representación de una posible situación o desarrollo de los procesos asumiendo determinadas condiciones en uno o varios componentes que controlan tal situación.

El tiempo, el clima, la variabilidad y el cambio climático

Los conceptos tiempo y clima tienen diferencias claramente definidas por la



escala en el tiempo de los procesos y por la complejidad de los mismos. El término *tiempo* se refiere al estado de la atmósfera en un momento dado, lo cual es generado básicamente por la dinámica de la atmósfera. El *clima* tiene que ver con las condiciones predominantes en un lugar o región durante un período dado (meses, años, decenios, siglos o miles de años), las cuales están controladas por factores radiativos forzantes (la radiación solar sobre la región y el efecto invernadero de la atmósfera), por la interacción entre diversos componentes del sistema Tierra (atmósfera, hidrosfera, litosfera, biosfera y antroposfera) y por factores físico-geográficos del lugar (latitud, altitud, orografía, entre otros). El término clima hace referencia a procesos de larga duración en los cuales participa no sólo un componente sino todos los componentes del sistema Tierra en compleja interacción.

El clima, a su vez, presenta fluctuaciones de diversa duración (meses, años o decenios) generadas por procesos que ocurren en los diferentes componentes del sistema Tierra; estas oscilaciones se denominan *variabilidad climática*. Esta variabilidad se manifiesta, por ejemplo, en las anomalías que se registran en diferentes años: algunos son más cálidos, otros menos cálidos que lo normal o con lluvias mayores

o menores de lo que comúnmente se registra en una región dada; se tiene establecido que una de las causas de estas oscilaciones es el ciclo marcado por los fenómenos El Niño y La Niña, que son variaciones de la temperatura del océano Pacífico en la escala interanual y que inciden en los procesos atmosféricos.

Las alteraciones en las condiciones predominantes o las fluctuaciones de duración cercanas al siglo y mayores (miles y millones de años) se conocen como *cambios climáticos*. Estos cambios pueden ocurrir porque se presentan ciclos de largo plazo en la radiación solar que ingresa al planeta, cambios en el efecto invernadero o cambios en los procesos de los diferentes componentes del sistema Tierra. En esta categoría, por ejemplo, se incluyen los ciclos glaciales-interglaciales que tienen períodos de miles de años y son generados por las fluctuaciones en la cantidad de radiación que llega a La Tierra.¹ Otro ejemplo de cambio climático es el que se está registran-

Figura 1. Comportamiento de la precipitación en el altiplano cundiboyacense (estación climatológica de la Isla Santuario, Laguna de Fúquene). Las fluctuaciones en la línea roja muestran la variabilidad intraestacional (oscilaciones de mayor frecuencia) y la línea verde (media móvil) indica los ciclos de la variabilidad climática interanual; la línea azul es la tendencia que muestra los cambios de largo plazo conocidos como cambio climático. (Elaborado a partir de datos del Sistema de Información Ambiental del IDEAM).

¹ Las variaciones en la cantidad de radiación solar que ingresa al sistema Tierra que generan los períodos glacial-interglacial, según la teoría de Milankovitch son causados por: variaciones en la excentricidad de la órbita (80.000-100.000 años), cambios en el ángulo de inclinación del eje de La Tierra (41.000-42.000 años) y el movimiento de precesión (20.000-22.000 años).

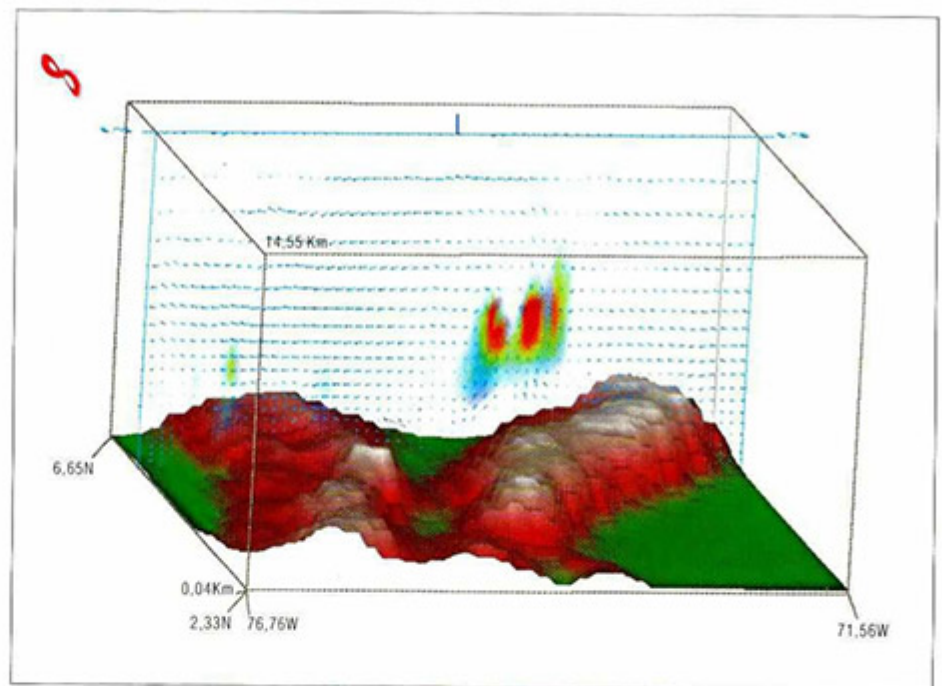


Figura 2. Representación tridimensional de los procesos atmosféricos en un momento dado sobre la cuenca del río Magdalena en el territorio colombiano, según los simula el Mesoscale Meteorological Model, versión 5 (MM5). Las flechas azules representan el viento; las manchas de colores concéntricos representan las nubes convectivas (material suministrado por Geoentropica Ltda).

do en la actualidad debido a la actividad humana, su causa es la alteración del balance de radiación que mantiene el clima del planeta, el cual ocurre en dos vías: fortalecimiento del efecto invernadero de la atmósfera a través de emisiones de gases como el dióxido de carbono y alteración de las características de la superficie terrestre. (figura 1).

El pronóstico del tiempo y la predicción climática

El progreso del conocimiento en meteorología ha permitido simular satisfactoriamente la muy cambiante dinámica de la atmósfera. Los modelos meteorológicos en la actualidad simulan desde procesos de pequeña escala espacial como la formación de nubes de tormenta hasta sistemas de cientos y miles de kilómetros como los huracanes y las ondas en el flujo del viento; el ciclo de vida de los fenómenos citados se extiende desde minutos hasta días, tres a cinco en promedio. En estos modelos se

consideran también factores diferentes de los procesos atmosféricos como el uso del suelo, temperatura del océano, entre otros; sin embargo, tales factores no cambian tan rápidamente como la dinámica atmosférica, por lo que se pueden considerar constantes en el período de algunos días.

De ahí que para modelar los fenómenos del tiempo es suficiente con la simulación de la compleja dinámica de uno de los componentes: la atmósfera (aunque muchos modelos incluyen las variaciones de la temperatura de la superficie del mar). A pesar de la complejidad y la no-linealidad de los procesos atmosféricos que inducen incertidumbres, es posible elaborar, con diferente grado de acierto, pronósticos y proyecciones hasta 5 días (en algunos modelos hasta 10 días) que es el máximo plazo de predicción confiable de los modelos de pronóstico del tiempo (figura 2).

En el caso del clima, cuya escala de tiempo va más allá de meses, la influencia de la dinámica sobre los demás componentes del sistema climático diferentes a

la atmósfera comienza a ser notoria. En la escala de meses al año, además de la dinámica atmosférica, se requieren considerar, entre otros factores, los cambios en el campo térmico del océano; entonces, es necesario considerar la compleja interacción de la dinámica en dos de los componentes del sistema Tierra. Con el incremento de la complejidad de los procesos, muchos aspectos difícilmente se representan en los modelos, por lo cual aumenta el grado de incertidumbre de los pronósticos que se efectúen con modelos acoplados. Sin embargo, el avance del conocimiento de los procesos climáticos y el progreso en la computación de alto

desempeño ha permitido dar los primeros pasos hacia la predicción climática estacional (a tres-seis meses) basada en modelos numéricos, aunque también se continúan realizando proyecciones climáticas con métodos sencillos (figura 3).

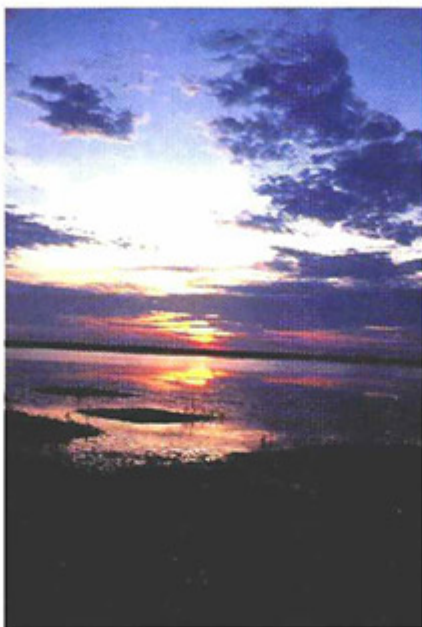
En la escala de decenios y siglos, en el clima se hace notoria la dinámica de los procesos a largo plazo que ocurren en los factores radiativos forzantes (radiación solar y efecto invernadero) o en las esferas diferentes de la atmósfera. Como ejemplo, es posible citar la denominada "pequeña edad de hielo" que se extendió desde mediados del siglo XVII hasta mediados del siglo XIX, la cual, según muchos entendidos, se debió a una disminución en la actividad solar constatada a través de los cambios en el número de manchas solares. También hay cambios climáticos asociados a perturbaciones de larga duración en la circulación de las aguas del océano, cambios en la biosfera, litosfera y antroposfera. El cambio climático es la

superposición de los efectos de las variaciones del forzamiento externo y de los procesos en los diferentes componentes del

sistema Tierra y resulta difícil representar completamente toda esta complejidad en los modelos para realizar un pronóstico numérico fiable del cambio climático.

Con el cambio climático que está generando la actividad humana actualmente, es aún más complejo hacer un pronóstico del clima para medio o un siglo adelante. En este plazo se presentarán cambios imprevisibles en la antroposfera (actividad económica, ocu-

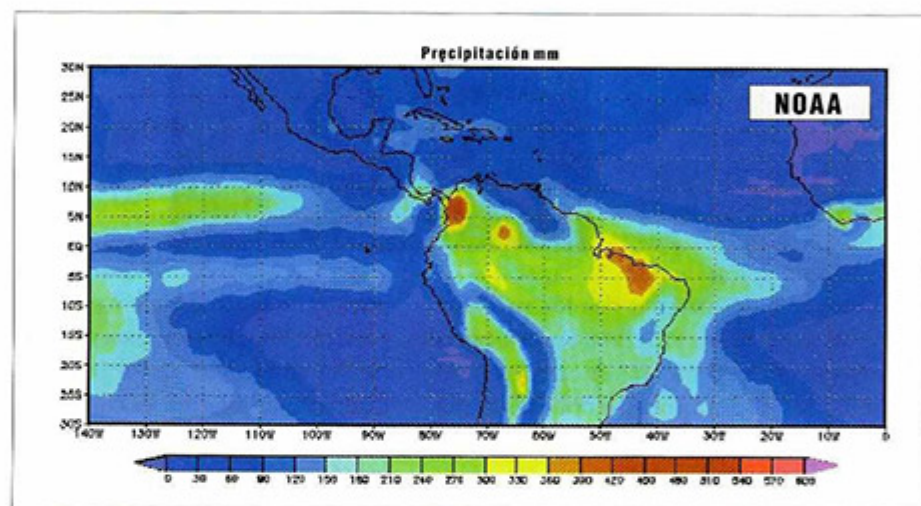
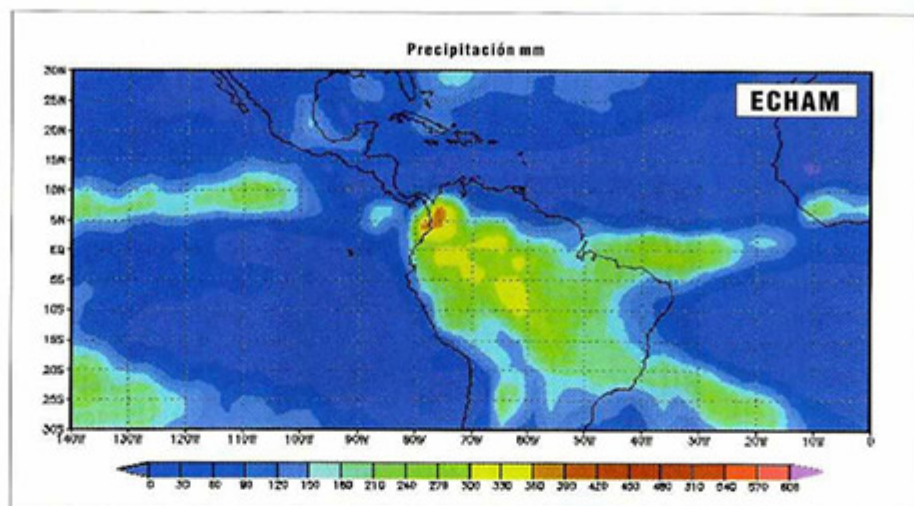
pación de la superficie y uso del suelo) que variarán las características de la atmósfera y de la superficie terrestre y alterarán de diferentes maneras el clima; a estas variaciones se sumarán las producidas por procesos en los otros componentes del sistema



El avance del conocimiento de los procesos climáticos y el progreso en la computación de alto desempeño ha permitido dar los primeros pasos hacia la predicción climática estacional basada en modelos numéricos.

Tierra que posiblemente no estamos contemplando ahora en los modelos numéricos. Las diversas incertidumbres sobre el comportamiento de largo plazo en los procesos de los diferentes componentes del

Figura 3. Cuatro modelos simulan de manera diferente la distribución de la precipitación anual en la América tropical. (Los modelos ECHAM4/OPYC3 del Deutsches Klimarechenzentrum DKRZ, Alemania; NCAR PCM3 del National Centre for Atmospheric Research (NCAR), Estados Unidos de América; CSIRO GCM del Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australia).

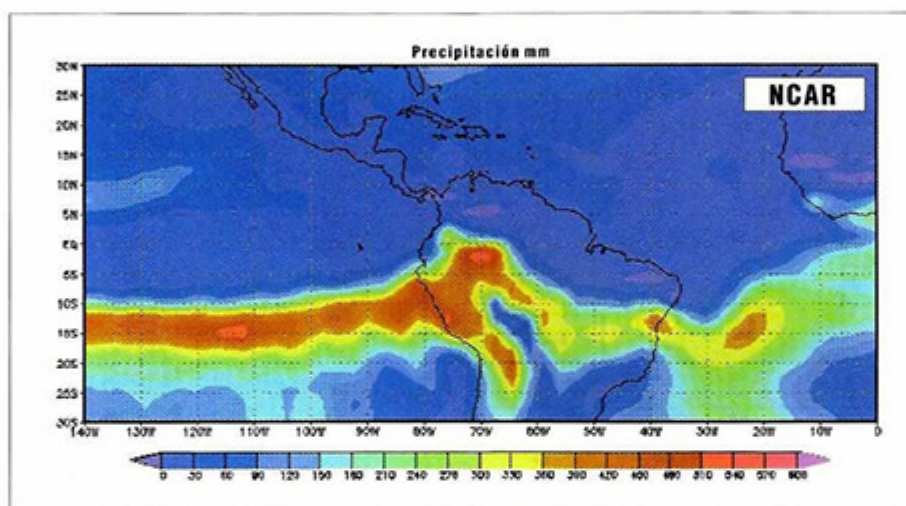
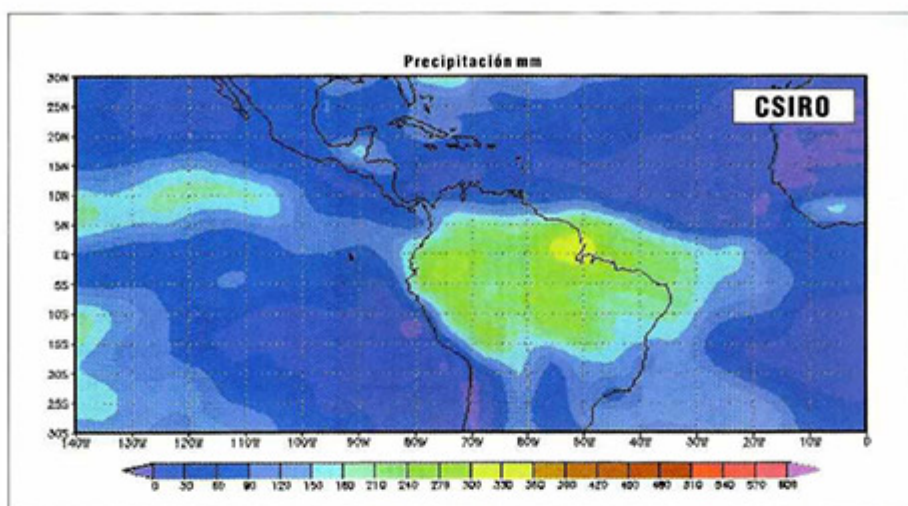


sistema climático no permiten elaborar, por ejemplo, pronósticos para finales del siglo XXI. Esto, sin embargo, no quiere decir que los modelos numéricos desarrollados hasta ahora sean inútiles; por el contrario, estos son la mejor herramienta desarrollada hasta ahora para generar información acerca del clima del futuro, sólo que aún tiene muchas limitaciones.

Las incertidumbres que dificultan la "predicción" del cambio climático tienen sus raíces en diferentes causas. Carter y otros (1999), las agrupan en dos: el *conocimiento "incompleto"* de la dinámica del sistema climático y el *conocimiento incognoscible*. El primero, se refiere a que todavía no se conocen lo suficiente todos los procesos e interacciones que ocurren en los diferentes componentes del sistema climático, así, el

conocimiento en el cual se fundamentan los modelos es aún incompleto; sin embargo, la investigación y el desarrollo tecnológico (la computación de alto desempeño, por ejemplo) permitirán avanzar y enriquecer el conocimiento existente y su incorporación a los modelos numéricos. Lo segundo, considera el indeterminismo y la no-linealidad, características inherentes a los procesos antroposféricos (actividad humana) y de otras esferas del sistema, las cuales no permiten un conocimiento completo de dichos procesos en cada momento, particularmente en la medida como se aleja del presente hacia el futuro (figura 4 y 5).

Lo anterior indica que en el contexto del cambio climático al que estamos asistiendo en la actualidad no es posible hablar de pronóstico. O sea que la respuesta a la



pregunta planteada en el título de éste artículo es: no. Pero, si no se puede pronosticar el cambio climático, ¿qué hacer ante la necesidad de conocer las condiciones futuras del clima para poder tomar medidas de mitigación o de adaptación? En esta encrucijada, los científicos del cambio climático han encontrado una salida: los escenarios climáticos.

Escenarios de cambio climático

Un *escenario climático* es una representación del clima probable que se presentaría en el futuro asumiendo determinadas condiciones en los factores externos forzantes o en el comportamiento de los componentes del sistema climático. En el caso del cambio climático actual, los esce-

narios climáticos se construyen asumiendo determinadas concentraciones de gases de efecto invernadero (particularmente el CO_2) en la atmósfera. Estas concentraciones se obtienen igualmente suponiendo una cantidad dada de emisiones (*escenarios de emisiones*) de gases de efecto invernadero generadas en diferentes variantes de desarrollo socioeconómico (*escenarios socioeconómicos*); las emisiones en estos escenarios socioeconómicos estarían dadas por las demandas de energía, cambios en el uso del suelo, avances tecnológicos, etc.

Por ejemplo, un escenario climático se podría construir asumiendo que la actividad humana no ejerce ningún control de las emisiones de CO_2 y que hacia finales del siglo XXI se alcance una duplicación de las concentraciones de dióxido de carbono;

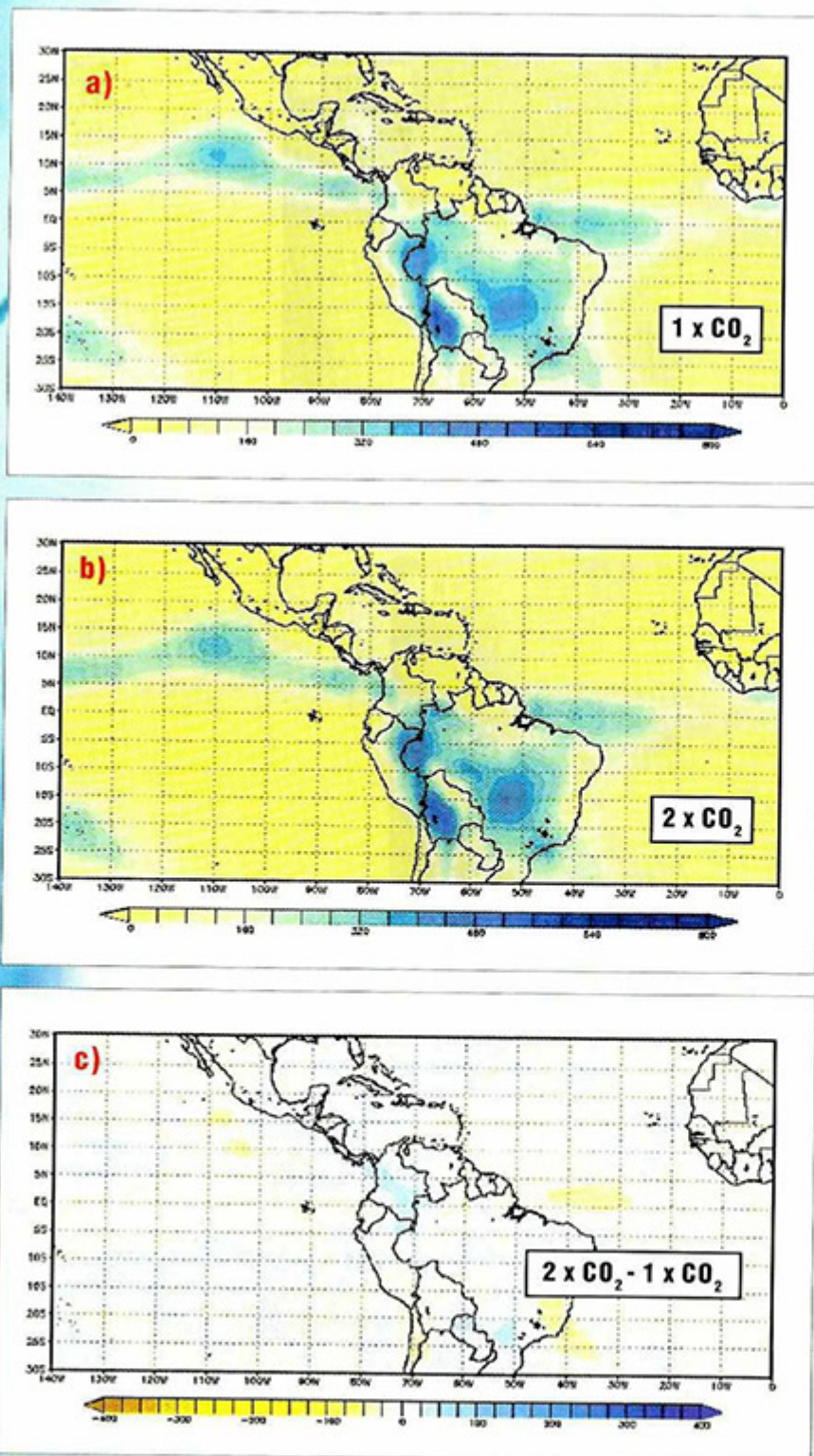


Figura 4. La precipitación del mes de abril en la América tropical según las simulaciones realizadas con el modelo global ECHAM (del MaxPlanck Institut für meteorologie de Hamburgo) para dos escenarios: a) Para 1xCO₂ (concentración de 350 partes por millón de volumen); b) Para 2xCO₂ (duplicación de la concentración); c) Diferencias entre el escenario 2xCO₂ menos 1xCO₂. Aunque a simple vista las diferencias no son considerables, en (c) son notorias.

entonces, en el modelo climático se alteraría el forzamiento externo duplicando el CO₂, o como se ha efectuado en muchos experimentos, incrementando en 1% cada año las concentraciones de dióxido de carbono hasta el 2100. Con esta condición se efectúan varias proyecciones del modelo hasta lograr la estabilización de los cambios en las variables climatológicas, particularmente de la temperatura del aire. Después de realizar varias pruebas con este modelo y las mismas condiciones se dispone de resultados diferentes pero muy cercanos, los cuales son una estimación (proyección) del rango de los cambios del clima bajo una condición de duplicación del dióxido de carbono, es decir, un escenario de cambio climático.

Para la elaboración de escenarios (de emisiones, de concentraciones y climáticos) en la actualidad se utilizan cuatro "familias de escenarios" propuestas por el IPCC en el Reporte Especial de Emisiones (IPCC, 2000). Cada familia de escenario tiene una tendencia particular en el desarrollo global en aspectos demográfico, político-económico, social y tecnológico; dentro de cada familia hay diferentes escenarios del uso global de energía, de la industria y de sus implicaciones en el volumen global de emisiones de gases de efecto invernadero y de otros gases contaminantes. Con base en estos escenarios (condiciones supuestas, pero viables) de emisiones se construyen los escenarios de cam-

bio climático, los cuales no son pronósticos del clima del futuro.

Entonces, surgen más preguntas: ¿qué tanto creer en estas estimaciones del clima futuro? ¿cómo usar esta información? Al final, la información sobre el posible clima futuro se requiere para fines concretos de evaluar los potenciales impactos socio-económicos y ambientales para proponer medidas de adaptación o de mitigación; para concretar esas medidas se debe involucrar importantes decisiones en el desarrollo de largo plazo. ¿cómo fundamentar lo mejor posible esta toma de decisiones?

El uso de la información de escenarios de cambio climático

Hay dos grandes categorías de usuarios de los escenarios climáticos: la comunidad que evalúa los impactos y los tomadores de decisión en los niveles político y económico. Estos deben tener claro su papel en asuntos relacionados con el cambio climático para poder usar la información de escenarios. Los primeros deben actuar más en la línea de *evaluación de riesgo*, mientras que los segundos se deben ocupar de la *gestión del riesgo*.

Los estudiosos del posible impacto del cambio climático tienen información de escenarios que les muestran que podría haber alteraciones en el clima (temperatura del aire, precipitación, etc) que afectarían elementos del sistema socioeconómico y ambiental; pueden seleccionar el escenario más probable o un rango de escenarios. En todo caso, obtendrán una probabilidad de que determinados elementos expuestos pueden ser afectados por alteraciones del clima, en otras palabras, se identifica una amenaza en el largo plazo;

para poder identificar el posible grado de impacto, se debe identificar la capacidad de asimilar tal impacto o vulnerabilidad, es decir, se está haciendo una evaluación de riesgo.

La información sobre la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, junto con estimaciones de las incertidumbres que acompañan la evaluación, pasa a los niveles políticos y planificadores que, con base en ella, podrán tomar decisiones para reducir riesgos (mediante reducción de vulnerabilidad que conlleve a una adaptación o con medi-

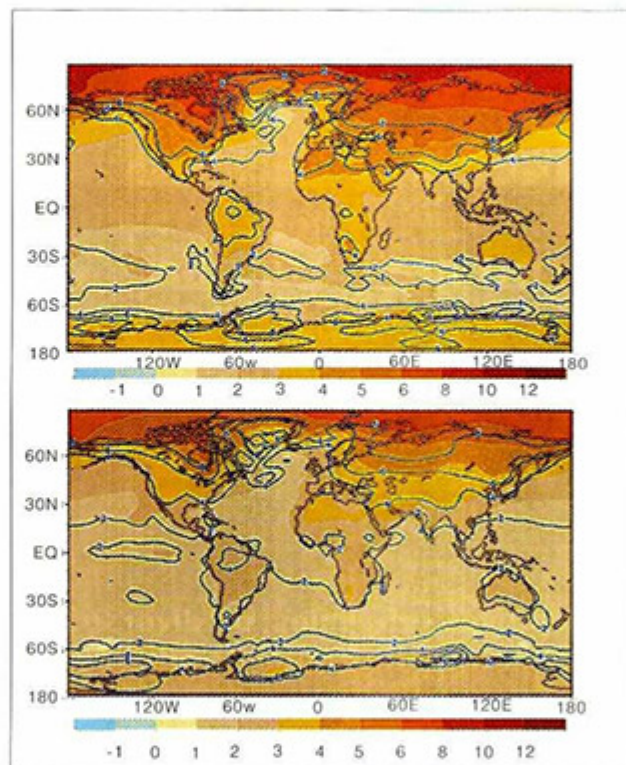


Figura 5. Diferentes condiciones del desarrollo socioeconómico y tecnológico mundial en el siglo XXI generarían una magnitud diferente del calentamiento global. En la figura se muestra la magnitud de este calentamiento en los escenarios A2 y B2 asumidos por IPCC, 2001.

das de mitigación) con lo cual se estaría haciendo gestión de riesgos.

Finalmente, resulta conveniente señalar que el cambio climático es un fenómeno

que afectará considerablemente los ecosistemas y el sistema socioeconómico de los diferentes países en el largo plazo; el impacto, que lentamente podría irse acumulando, puede alcanzar magnitudes desastrosas algunos decenios adelante. El desconocimiento de ciertos aspectos, las incertidumbres sobre los cambios que en realidad se observarán en el futuro y la supuesta lentitud (en comparación con los procesos cotidianos de la vida promedio de un ser humano) con la que se desarrolla el fenómeno, no deben servir de argumento para no prestar la atención que este asunto requiere. Es necesario asumir el papel que corresponde, evaluar los posibles impactos y tomar medidas orientadas a la mitigación de los efectos o a la adaptación del sistema socioeconómico. Para esto, los escenarios de cambio climático son realmente una herramienta útil.

Bibliografía

Carter TR, M. Hulme D, Viner, (Eds): *Representing Uncertainty in Climate Change Scenarios and Impact Studies*. Climate Research Unit, Norwich, UK., 101 p. 1999.

IPCC-TGCM: *Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment*. Version 1. Prepared by Carter, T.M., M. Hulme, and M. Lal, Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment, 69 pp. 1999.

IPCC 2000. *Special Report on Emissions Scenarios*. Edited by N. Nakicenovic and R. Swart, J. Cambridge University Press.

Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2000.

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*. / Houghton J.T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C. A. Jonson (Eds)/. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 881 p. 2001.



SERGIO TRUJILLO DAVILA Y CIA.

La firma de la imagen

25 Años de experiencia

• Video

Realización de videos en múltiples formatos, video en 3 pantallas, CD - DVD con calidad profesional.

• Fotografía

Más de 20.000 diapositivas originales, de diversos temas, estudio de fotografía, fotografía digital de alta resolución.

• Multimedia

Presentaciones corporativas, lanzamiento de productos, conferencias.

• Otros productos

Multimagen, diseño gráfico, impresos.



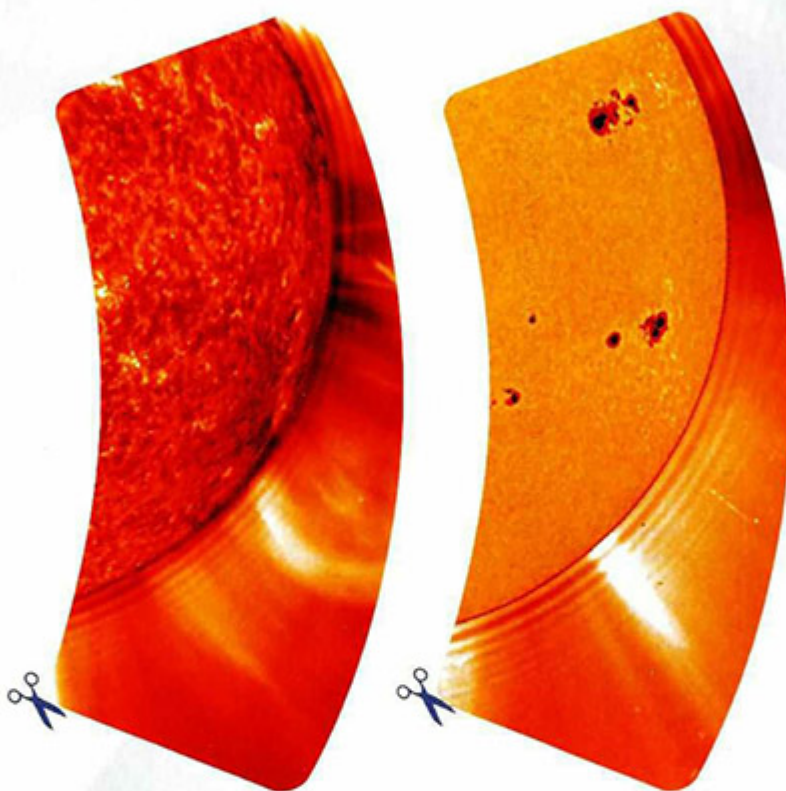


Maloka

¿Cuál de las dos imágenes es más grande?

Recorta y compara las dos imágenes

¿Que ocurre si cambias la posición de las imágenes?



¿Que ocurre si volteas una de las imágenes y las colocas hacia el lado de la curva en posición contraria?

Quando comparas las imágenes tu miras hacia los bordes más cercanos entre las dos -el lado largo de una y el lado corto de la otra.

Esta diferencia de longitud hace que las imágenes parezcan de diferente tamaño.

Visita **Maloka**

www.maloka.org

Cra 68 D No. 40A -51
Ciudad Salitre Bogotá.
Tel. 427 2707

La **fascinante** aventura del **CO**nocimiento!

El clima

El cambio

*y sus
manifestaciones
en Colombia*

climático

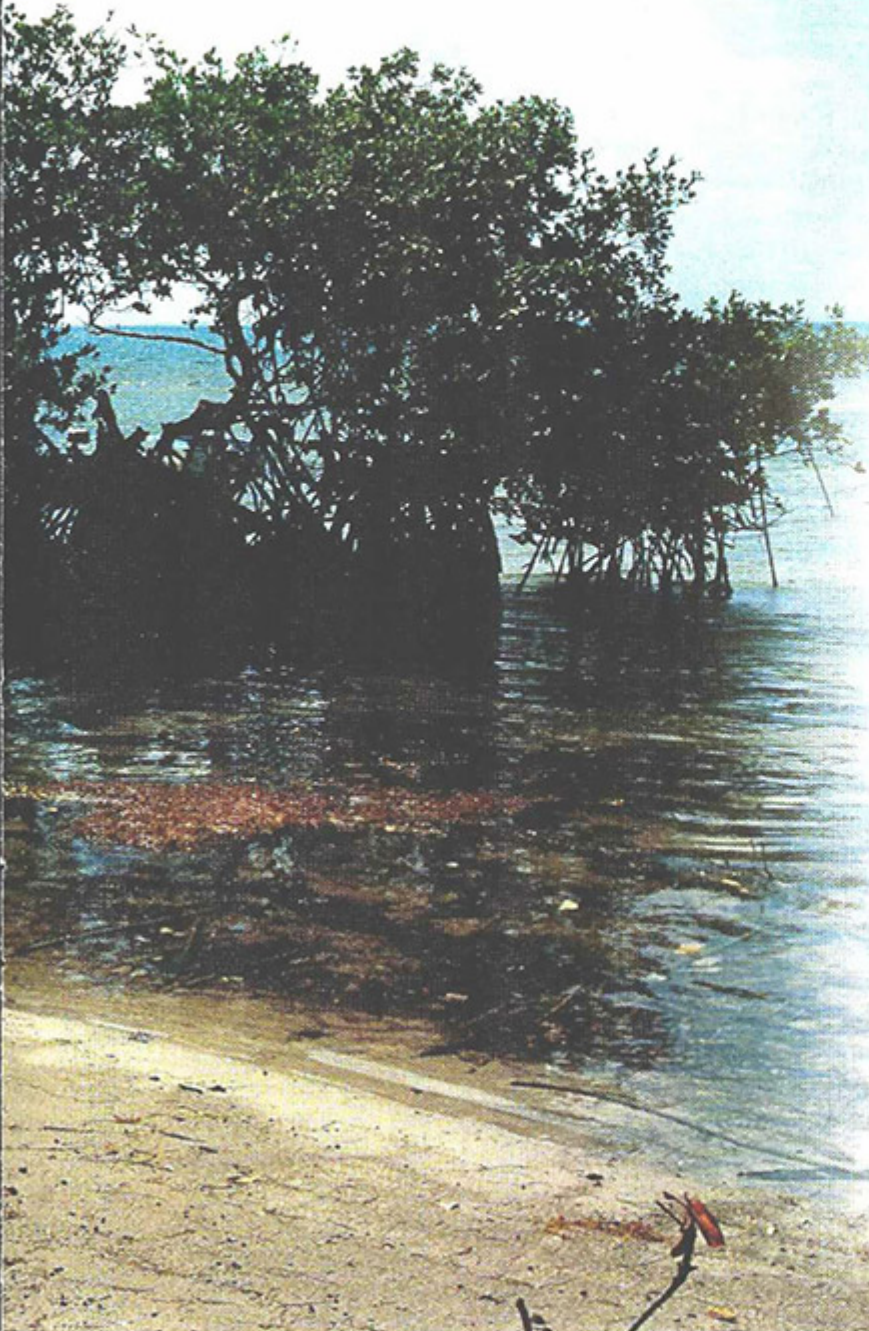
J. Daniel Pabón

*Grupo de Meteorología-Departamento de Geociencias,
Departamento de Geografía.*

*Universidad Nacional de Colombia.
Bogotá, Colombia.*

*Miembro del Task Group on Climate Impact Assessment
(TG CIA) del Grupo Intergubernamental de Expertos
sobre Cambio Climático (IPCC).*

E-mail: Jdpabonc@unal.edu.co



La actividad socioeconómica mundial, a través de la emisión de gases y del cambio de las propiedades radiativas (absorción y reflexión de radiación solar) de la superficie terrestre por el uso del suelo, está alterando de diversas maneras el balance de radiación (incrementando el efecto invernadero, entre otros) del sistema superficie-atmósfera que mantiene el clima del planeta.

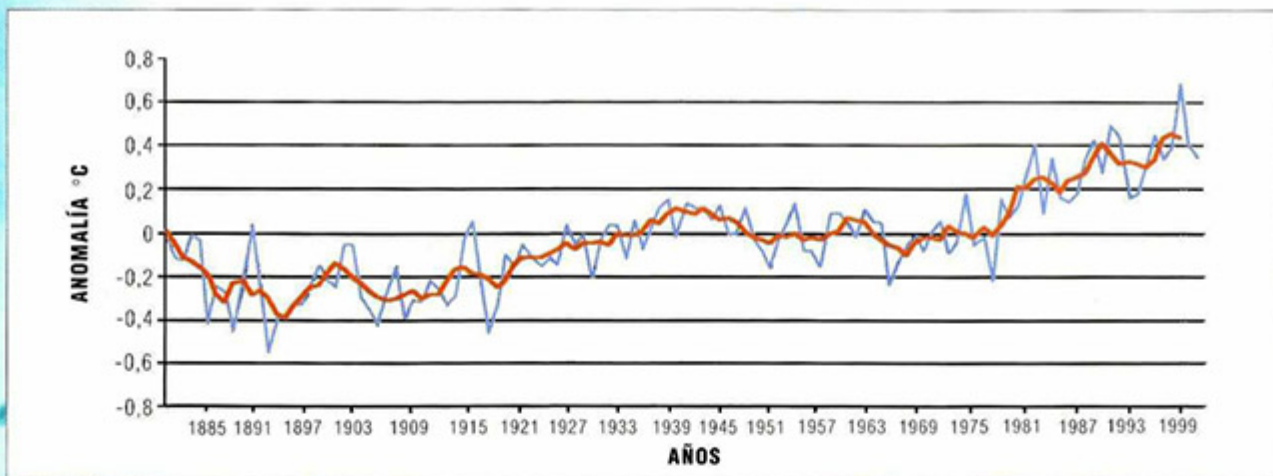


Figura 1: El calentamiento global se evidencia en la tendencia creciente de la temperatura del aire. Aquí se presenta la secuencia histórica de las anomalías (referenciadas al período 1951-1980) de la temperatura media mundial del aire desde 1880 (Datos tomados de www.giss.nasa.gov/data).

Esto está conduciendo hacia un *calentamiento global* de la atmósfera, el cual es diferenciado en el planeta: algunas regiones tendrán mayor calentamiento que otras. Según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2001a), la temperatura media global del aire ha aumentado en 0,6°C durante el último siglo. Si bien, hay muchos factores que intervienen en el clima de La Tierra, se ha identificado que en el calentamiento global de la atmósfera la actividad humana empezó a hacerse bastante notoria en los últimos doscientos años aproximadamente.

El IPCC (2001a) estima que hacia finales del siglo XXI la temperatura media global del aire podría estar entre 1,5-4,0°C por encima de los valores que se registraban en el período 1961-1990. Los cambios de la temperatura del aire están generando a su vez cambios en la distribución espacial de las demás variables climatológicas (presión atmosférica, humedad del aire, vientos y precipitación, entre otros) produciendo lo que se ha denominado *cambio climático*, el cual es también diferenciado espacialmente. En la medida en que el cambio climático se haga más notorio, la alteración de las condiciones climáticas a las que se habían adaptado los ecosistemas y los diversos procesos de la sociedad, puede causar impactos negativos de gran magnitud (IPCC, 2001b). (Figura 1).

Resulta muy importante conocer los cambios que se están presentando en el clima y estimar las condiciones más probables en el futuro para determinada región geográfica, con el fin de identificar los

impactos. Este conocimiento permitirá plantear anticipadamente y de manera fundamentada, medidas (ya sean de mitigación o de adaptación) que conduzcan a reducir los impactos negativos y ¿por qué no?, a sacar provecho de las oportunidades que las nuevas condiciones climáticas puedan brindar.

En lo relacionado con el fenómeno del cambio climático, Colombia participa en dos sentidos. Por una lado, la actividad que se desarrolla en el territorio colombiano aporta al problema global con emisiones de gases de efecto invernadero y con los cambios en el uso del suelo, lo que afecta el balance de radiación del sistema superficie-atmósfera regional. Por otro lado, se ve afectada por cambios que el fenómeno global induce en el clima nacional. Dada la importancia del tema, en el país se han desarrollado estudios en los dos aspectos (ver por ejemplo IDEAM, 1998; Eslava & Pabón, 2001; IDEAM, 2001) donde se resumen los resultados de dichas investigaciones). Hay que mencionar también que el tema del cambio climático ha generado una agitada agenda en la esfera política internacional, en la cual Colombia debe participar en forma activa, como efectivamente lo está haciendo a través de los Ministerios de Relaciones Exteriores y del Medio Ambiente.

En cuanto a la identificación de las tendencias de las variables climatológicas en el país y los posibles cambios para el siglo XXI, se han desarrollado diferentes estudios por diferentes grupos de investigación en las Universidades y en otras instituciones, a partir de los cuales se han obtenido

resultados que orientan sobre este tema. Aunque todavía es necesario investigar sobre diversos aspectos del cambio climático y su manifestación en el territorio colombiano, ya se tienen resultados sobre los cuales es necesario enterarse y tomar en consideración hacia el futuro.

¿Están cambiando las condiciones en el clima de Colombia?

Hay evidencias de que en el territorio colombiano se están presentando tendencias de largo plazo en las variables climatológicas, las cuales están asociadas al cambio climático.

Se ha identificado tendencia a aumento de la temperatura del aire en diferentes

regiones del país durante los últimos decenios del siglo pasado. Aunque los resultados de los cálculos de dichas tendencias son variados, se estima que, en general, sobre el territorio colombiano la temperatura del aire ha venido aumentando en 0,1-0,2°C por decenio durante la segunda mitad del siglo XX (algo por encima del promedio mundial) (figura 2).

El análisis del comportamiento de la precipitación para el mismo período muestra que se están presentando aumentos en algunas regiones y disminuciones en otras. Así, por ejemplo, en la región del Magdalena Alto, Cauca Medio y Alto Nechí podría estar disminuyendo la precipitación anual a un ritmo del 1-2% cada decenio; en el resto de regiones del país habría una tendencia al aumento del mismo orden (figura 3).

La señal más clara de los cambios del clima nacional es el retroceso de los glaciares de las montañas colombianas. Según los datos analizados por diferentes investigadores, en 1974 se disponía de un área glacial de aproximadamente 94 kiló-

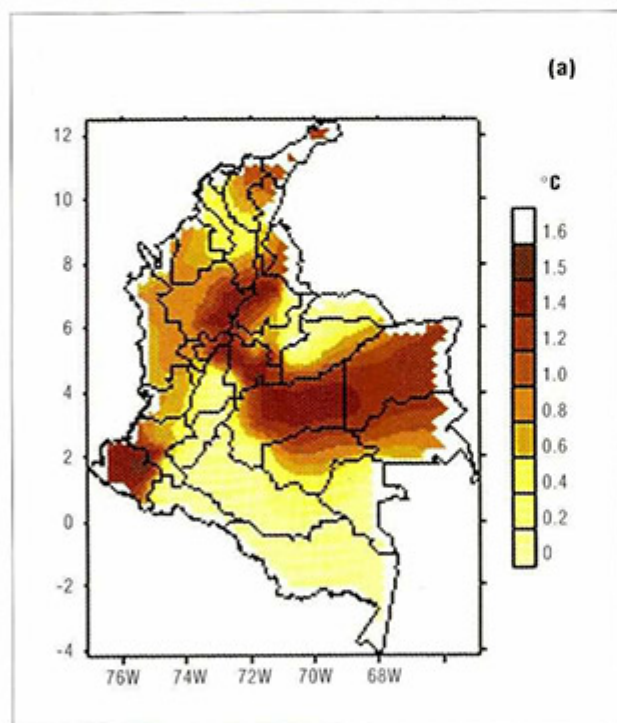
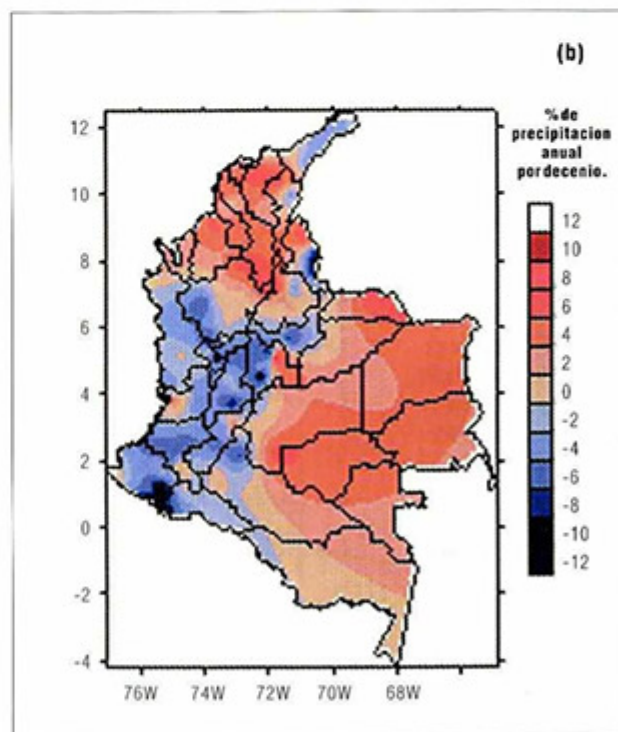


Figura 2: Tendencia de la temperatura del aire registrada a dos metros sobre la superficie (a) en °C/decenio y tendencias de la precipitación (b) en %/decenio en diferentes regiones de Colombia (el porcentaje (%) es con referencia al volumen anual del período 1961-1990). La temperatura media del aire ha venido aumentando en el país, aunque el ritmo del aumento es diferente en las diversas regiones; en general, el ritmo ha sido de 0,1-0,2°C por decenio. La precipitación en el territorio colombiano ha venido presentando cambios en diferentes regiones; en los mapas es posible identificar tendencias al aumento en algunas regiones y a la disminución en otras.



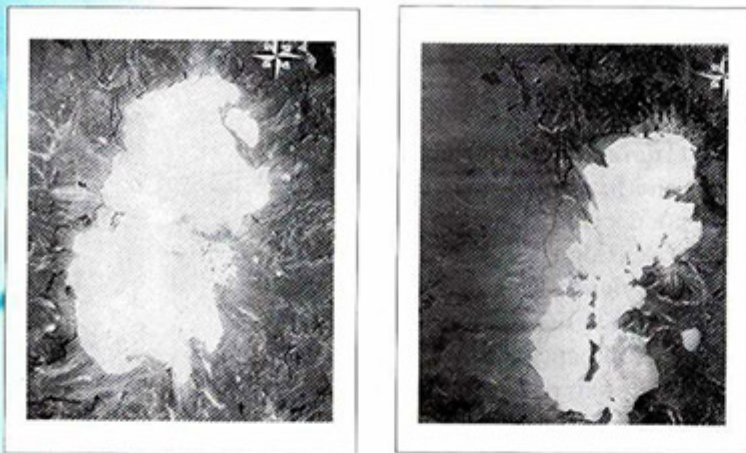


Figura 3: Área glaciar del volcán nevado Santa Isabel en 1959 (izquierda) y 1996 (derecha) según imágenes procesadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, respectivamente. Los glaciares colombianos se redujeron notablemente en los últimos decenios del siglo XX. (Tomado de IDEAM, 1998).

metros cuadrados, en 1994 ésta área era apenas de 64 km². Hay evidencias de que el ritmo de este retroceso se incrementó en el decenio de los noventa (figura 4).

Otro de los efectos del calentamiento global es el aumento del nivel medio del mar. Las estimaciones de dicho ascenso para las costas colombianas, basadas en datos de mediciones, arrojaron una tendencia de 3-4 milímetros anuales en la costa pacífica y 1-2 mm en el Caribe colombiano.

Las anteriores tendencias son una clara evidencia de que en el territorio colombiano se está manifestando el cambio climático que hacia el futuro podría impactar considerablemente al país.

Las proyecciones del clima del siglo XXI en Colombia

Se estima que de continuar las emisiones de gases de efecto invernadero sin ningún control, una duplicación de las concentraciones atmosféricas del CO₂ se podría dar en el siglo XXI en la atmósfera. Las proyecciones climáticas de largo plazo (finales del siglo XXI) realizadas para el territorio colombiano por diferentes métodos, tomando como base un escenario de duplicación del dióxido de carbono en la atmósfera, arrojaron los siguientes resultados:

- La temperatura media del aire en el territorio colombiano podría estar en 1,0-2,0°C por encima de las temperaturas del período 1961-1990;

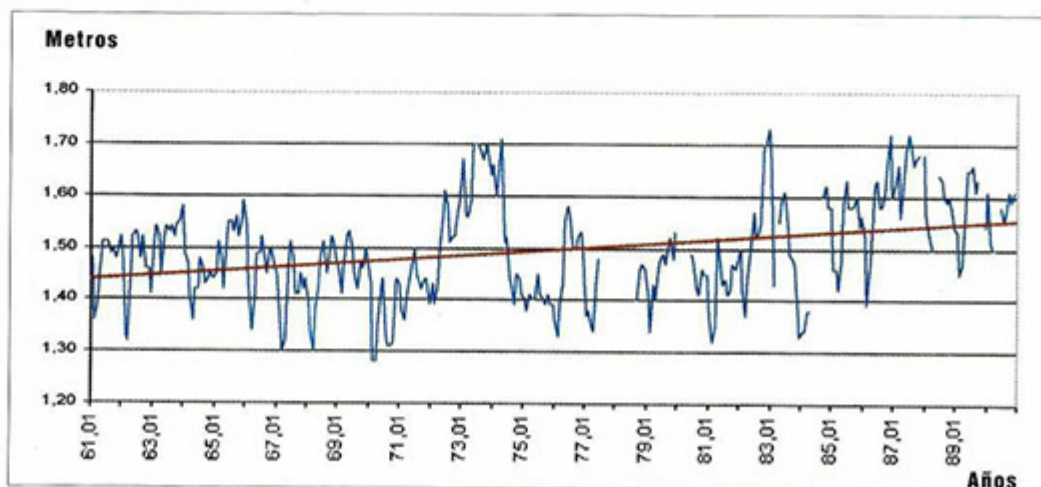
- La precipitación anual presentaría cambios; en algunas regiones se observarían aumentos, en otras reducción de los volúmenes anuales. Estos cambios en general se ubicarían entre -10% y +15%;

- El nivel medio del mar estaría en 60 y 40 centímetros por encima del registrado en el período 1961-1990 en la costa Pacífica y Caribe colombianas, respectivamente.

- Sin duda, los glaciares de las montañas colombianas desaparecerán en esa época.

Estas posibles alteraciones del clima en el largo plazo tendrán repercusiones importantes en los sistemas socioeconómicos y los ecosistemas nacionales. Las alteraciones de la temperatura del aire y de la precipitación tendrán un efecto directo en el abasteci-

Figura 4: Comportamiento del nivel medio mensual del mar la estación mareográfica de Tumaco y a tendencia a largo plazo para el período 1961-1990. El nivel medio del mar en la costa Pacífica colombiana muestra una clara tendencia al ascenso.

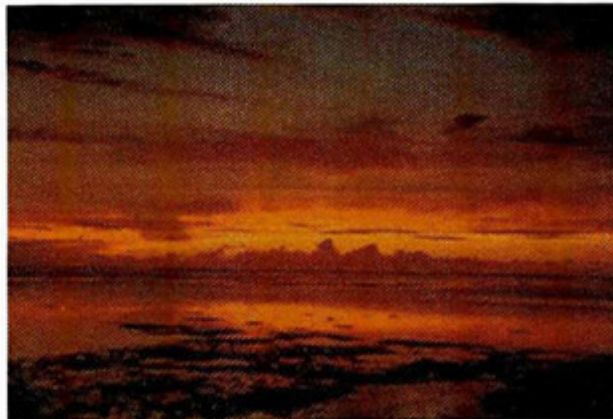


miento de agua para la población, en la agricultura, en la salud humana y en los ecosistemas continentales (terrestres y acuáticos); el ascenso del nivel del mar afectaría los ecosistemas marinos y costeros y los sistemas socioeconómicos de la zona costera e insular colombiana.

En las estimaciones realizadas hasta ahora sobre el cambio climático global puede haber incertidumbres relacionadas con las limitaciones en el modelamiento del sistema climático y en la elaboración de escenarios futuros de desarrollo socioeconómico, entre otros aspectos. Las estimaciones nacionales, basadas en las globales, además de las incertidumbres de estas, pueden tener otras generadas por la aplicación del método de ajuste a las condiciones del país. Por ello, es necesario ser cuidadosos al manejar estos datos y considerar que no son pronósticos de lo que va ocurrir, sino una descripción de lo que probablemente ocurriría en la segunda mitad del presente siglo si se duplica el CO₂ en la atmósfera.

Es urgente mejorar el conocimiento para reducir las incertidumbres y elaborar el escenario o la gama de escenarios climáticos más probables para los próximos decenios en el territorio colombiano; esto contribuirá a fundamentar los programas de mitigación y adaptación y a reducir los errores en la toma de decisiones en la planificación del desarrollo nacional. Para lograrlo se requiere:

- Fortalecer el seguimiento de las diferentes variables del sistema climático nacional.
- Consolidar en el país un sistema de información ambiental que facilite el análisis integrado de los sistemas naturales y socioeconómicos.
- Diagnosticar con mayor detalle y precisión los procesos actuales, reducir las incertidumbres y mejorar las proyecciones sobre el cambio climático en el territorio nacional y sobre sus posibles impactos.



- Iniciar, con base en las últimas investigaciones, programas de adaptación e identificar en donde se requeriría mitigación.

Muchas de estas acciones ya se han iniciado y coordinado por importantes instituciones estatales del país, las cuales han generado resultados de gran valor (generalmente intangible y poco reconocido), para el desarrollo socioeconómico de la nación, ya que con los mismos se han sustentado planes de desarrollo regionales y sectoriales y políticas nacionales e internacionales. No obstante, se requiere fortalecer a las instituciones y continuar los importantes desarrollos en materia del estudio del cambio climático y de su impacto socioeconómico y ambiental.

Nota: El presente artículo resume los resultados de las investigaciones que el autor ha venido desarrollando en diferentes proyectos e instituciones. El reconocimiento particular: al proyecto "Aspectos Regionales del Cambio Climático" que se desarrolló en el Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Colombia (con el apoyo de la División de Investigación); al proyecto "Proyecciones Climáticas Regionales e Impactos Socioeconómicos del Cambio Climático en Colombia" desarrollado en el Programa de Postgrado de Meteorología del Departamento de Geociencias, de la Universidad Nacional de Colombia con el apoyo de COLCIENCIAS; y al proyecto que se desarrolló en el IDEAM sobre el cambio climático como fundamento para la elaboración de la Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

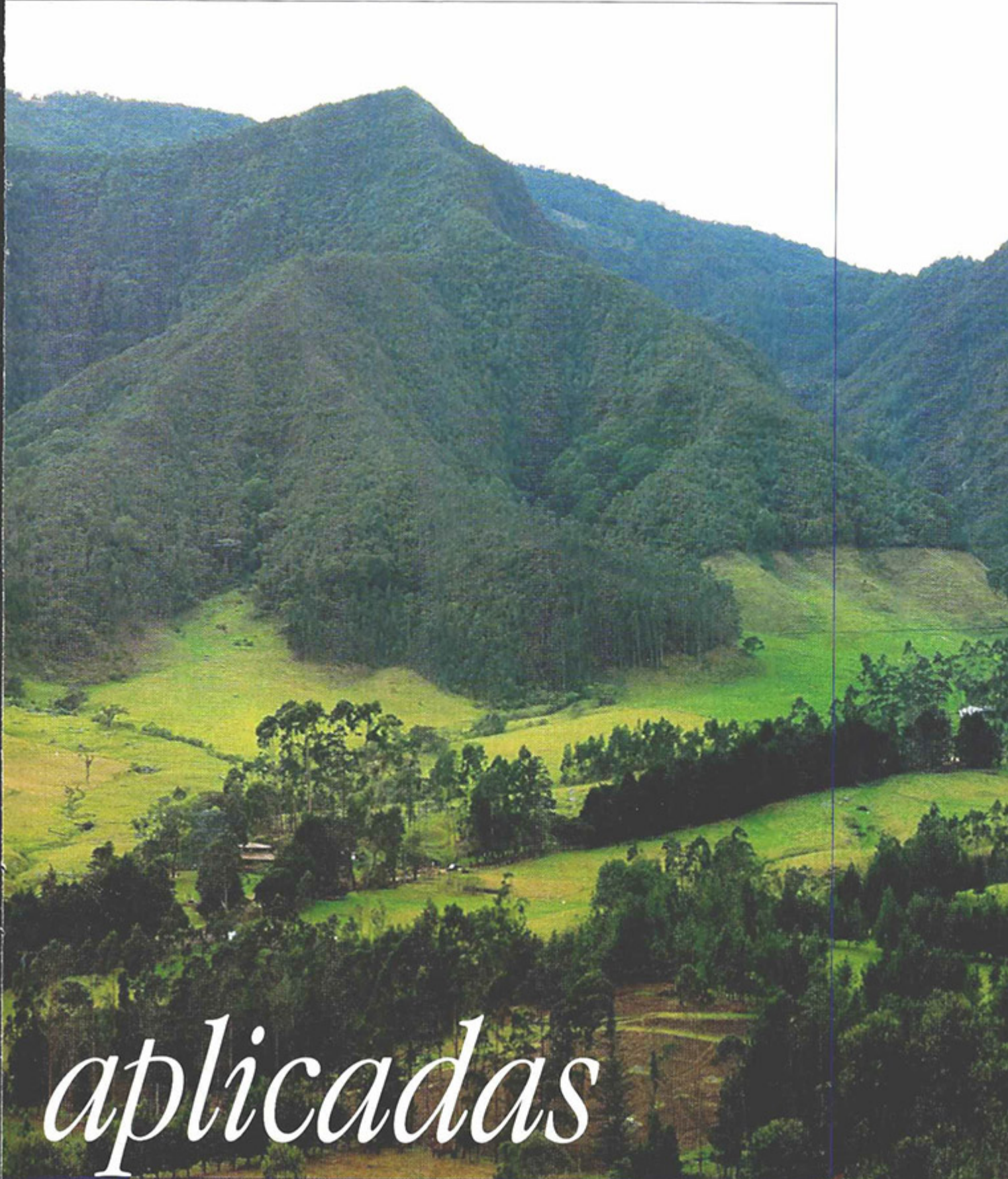
Referencias:

1. Eslava J.A., Pabón J.D.: Proyecto "Proyecciones climáticas Regionales e Impactos Socioeconómicos del Cambio Climático en Colombia". *Meteorología Colombiana*, No 3, Marzo 2001, pp. 1-8, 2001.
2. IDEAM, 1998: *El Medio Ambiente en Colombia*. Editado por Pablo Leyva. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Santaafé de Bogotá D.C., 496p. 1998.
3. IDEAM, 2001: *Colombia, Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá, D.C., 307p. 2001.
4. IPCC, 2001a: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. / Houghton J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C.A. Janson (Eds). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 881p. 2001a.
5. IPCC, 2001b: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. / McCarthy J.J., Canziani O.F., Leary N.A., Dokken D.J., White K.S. (Eds). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2001b.

PARTE III




Investigaciones



aplicadas

*Relaciones
entre la
aparición
de casos
de malaria
y el clima
en Colombia*



Jairo Alberto García Giraldo

*Ingeniero geógrafo, Msc en meteorología,
Subdirector de Estudios Ambientales, Ideam,
Bogotá, Colombia.
E-mail: jgarcia@ideam.gov.co*

Se escucha a menudo que ciertas enfermedades tienen una relación directa con el comportamiento del clima. Generalmente se habla del efecto de las temperaturas, de las cantidades de precipitación y de la humedad presente en el ambiente, factores que pueden ser ideales para que ciertas patologías permanezcan en determinado espacio. Pero, la referencia es con respecto a valores promedio anuales y por lo tanto no se está considerando que semana a semana las condiciones varían, que existe estacionalidad y finalmente que el efecto de estas variaciones es poco conocido.

Descubrir cómo estas modificaciones intervienen en la aparición de nuevos casos de las enfermedades en las cuales influye el clima y cuyo efecto puede ser determinante, es un reto para los investigadores y una necesidad en la dirección de obtener mejores medios para combatir las enfermedades.

Una de estas enfermedades es la malaria o paludismo, su origen vectorial se relaciona con las costumbres alimenticias de la hembra del mosquito *Anopheles*, la cual necesita de sangre humana para madurar sus huevos y en el proceso transmite a las personas el parásito plasmodio, que produce la enfermedad. A nivel mundial, existen cerca de 400 especies de anofelinos de las cuales al menos el 10% son transmisoras de la malaria. En Colombia, hay 41 especies de anofelinos reportados, de estas se consideran como principales vectores a los *Anopheles albimanus*, *Anopheles darlingi* y *Anopheles nuñez-tovari*. Algunos vectores secundarios son los *Anopheles punctimacula*, *Anopheles pseudopunctipennis*, el *Anopheles lepidotus* y el *Anopheles neivai*.¹

En el país, los principales parásitos presentes son el *Plasmodium vivax* y el *Plasmodium falciparum*. Para ambos, la temperatura óptima para su desarrollo se sitúa en 27°C, y las mínimas en 16 y 18°C, respectivamente. A temperaturas mayores a 33°C el ciclo no se cumple, siendo este el límite máximo para el desarrollo de la enfermedad. Preocupa que nuestro país no ha logrado reducir la presencia de la enfermedad, sino que por el contrario, ésta tiene una tendencia ascendente en los últimos años (figura 1).

Inicialmente, es de interés verificar como es la respuesta de la enfermedad a las

temperaturas promedio en el país, y para ello, se verificó para el año de 1998 de qué manera se distribuía la presencia de la enfermedad de acuerdo con los promedios de temperatura y la concentración de la población de acuerdo con los municipios donde hay incidencia de la enfermedad.

El resultado de este análisis muestra que la mayor proporción de incidencia se presenta en aquellos municipios donde existe población rural asentada en áreas donde la temperatura promedio está en el rango entre 24 y 28 grados (tabla 1).

Lo anterior confirma que se cumple para el país que la temperatura más propicia para el desarrollo de la enfermedad esta entre los 24 y 28 grados, rango en el cual se concreta la temperatura ideal de 27 grados. Sólo 51 municipios que no poseen algún porcentaje de su población viviendo entre 24 y 28 grados tienen presencia de la enfermedad.

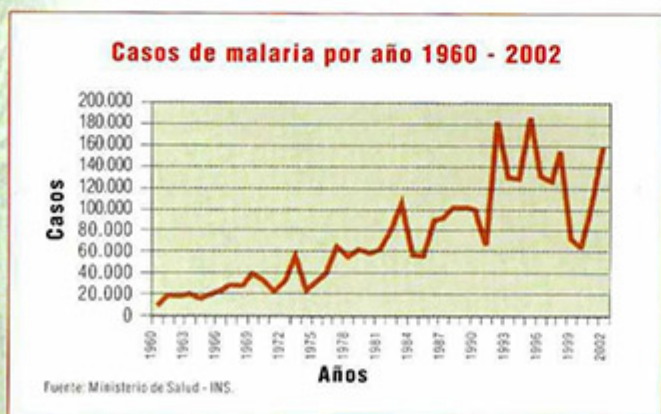
Pero es más clara la relación de la enfermedad con el rango de temperaturas de 24 a 28 grados, cuando se encuentra que de los 191 municipios afectados, 142 tienen más del 50% de su población rural habitando en ese rango.

Ocurre algo diferente cuando se analizan los municipios afectados por la enfermedad, donde además alguna proporción de su población rural habita entre los 20 y 24 grados. Solo 29 municipios de los 96 afectados dentro de este grupo, presentan más del 50% de su población concentrada en este rango de temperaturas.

Se descubre entonces que el problema de la malaria también tiene que ver con la concentración de población en sitios donde la temperatura es favorable, además de responder a unas temperaturas determinantes para su desarrollo.

Pero, ¿qué sucede con la variabilidad climática? Con respecto a este punto, se modeló la enfermedad para las series de casos por los dos parásitos en Buenaventura y Cauca, (unos de los sitios con mayor incidencia de la enfermedad) incluyendo el clima como un índice que modula el comportamiento de la enfermedad. Además, los dos municipios escogidos presentan un comportamiento bastante disímil en los

Figura 1.
Casos de malaria en Colombia desde 1960 hasta el año 2002.



	Municipios con población rural entre 24 y 28 grados		Resto de Municipios del país	
Número de Municipios	191	376	51	447
Porcentaje	34%	66%	10%	90%

	Municipios con población rural entre 20 y 24 grados		Resto de Municipios del país	
Número de Municipios	96	309	146	514
Porcentaje	24%	76%	22%	78%

Tabla 1. Incidencia de la malaria por municipios, según rangos de temperatura donde habita la población rural. Colombia 1998.

parámetros meteorológicos. Se trabajaron semanas epidemiológicas a partir de la primera semana de enero de 1997 hasta la última semana de 2000, para un total de 210 semanas, tanto para la enfermedad como para los parámetros meteorológicos.

Se elaboraron modelos ARIMA² (Procesos Autorregresivos Integrados de Media Móvil) con la inclusión del factor climático como índice. Este índice se obtiene por medio de un análisis en componentes principales (ACP) de las variables del clima utilizadas, a saber: precipitación, temperatura media, máxima y mínima, brillo solar, evaporación, humedad relativa, velocidad del viento, evapotranspiración potencial y humedad en el suelo. Estas variables previamente fueron centradas por medio del método robusto de la mediana. De acuerdo con los resultados de las correlaciones cruzadas entre el índice climático y la enfermedad, éste se convierte en una variable que modula el comportamiento de la enfermedad. La forma final del modelo muestra el componente (o los componentes) del índice climático con el rezago (o los rezagos) que resulten ser más significativos desde el punto de vista estadístico.³

Los modelos obtenidos son los siguientes:

• *Modelo ajustado para la malaria por falciparum en Buenaventura:*

ARIMA (1,0,1) (0,0,0) con constante, aplicado al logaritmo de la serie.

Regresor: Primer componente del clima rezagado (desfase entre el tiempo presente y pasado) 5 semanas.

• *Modelo ajustado para la malaria por vivax en Buenaventura:*

ARIMA (1,0,1) (0,0,0) con constante, aplicado al logaritmo de la serie.

Regresor: primer componente del clima rezagado 4 semanas.

• *Modelo ajustado para la malaria por vivax en Cauca:*

ARIMA (2,1,0) (0,0,0) sin constante, aplicado al logaritmo de la serie elevada de nivel en una unidad.

Regresor: primer componente del clima con rezagos de 5, 6 y 7 semanas.

Como se puede apreciar en las figuras 2, 3 y 4, el ajuste de los modelos es aceptable, más por el comportamiento en general, que por la capacidad de replicar los picos más significativos, de hecho, permiten indicar en qué momento se puede esperar un evento epidémico. Lo más interesante es que muestran cómo el clima pasado, de cuatro y más semanas atrás determina parte del comportamiento de la serie.

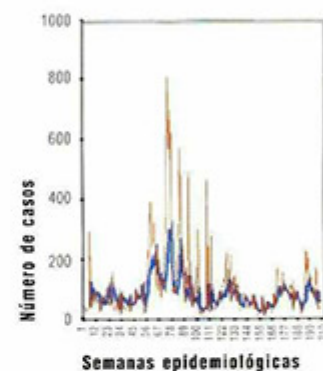


Figura 2. Modelo ajustado a la malaria por falciparum en Buenaventura y serie original.

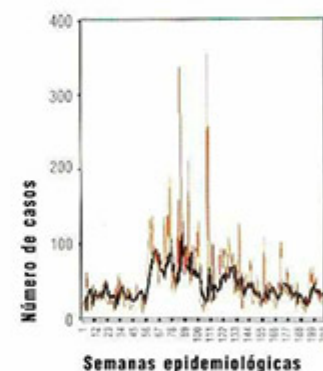


Figura 3. Modelo ajustado a la malaria por vivax en Buenaventura y serie original.

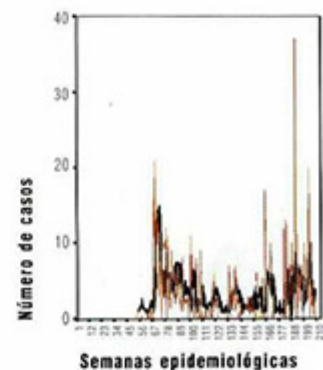


Figura 4. Modelo ajustado a la malaria por vivax en Cauca y serie original.

Tabla 2.
Comportamiento de la precipitación en las semanas previas y por períodos iguales a la duración de los eventos epidémicos y endémicos. Años de estudio: enero de 1997 a diciembre de 2000.

	Buenaventura rezago en la precipitación 4 semanas	Buenaventura rezago en la precipitación 5 semanas	Caucasia rezago en la precipitación 5 semanas
Períodos epidémicos			
Duración promedio de los períodos epidémicos en semanas	10	7	9
Promedio número de casos por semana	49	114	5
Precipitación promedio semanal mm	126	140	68
Períodos endémicos			
Duración promedio de los períodos endémicos en semanas	6	6	6
Promedio número de casos por semana	24	46	0.4
Precipitación promedio semanal mm	94	119	44

¿Que expresan estos modelos?

En primer lugar, que la aparición de la enfermedad está influida por el comportamiento del clima semanas atrás, que este comportamiento se debe a las condiciones meteorológicas locales, y que la aparición de casos de malaria está muy correlacionado con el comportamiento de la serie en sí misma hasta con las dos semanas anteriores.

Al observar que sucedía específicamente con la precipitación en las semanas previas a la aparición de períodos epidémicos según los rezagos encontrados en los modelos, se encontró que evidentemente había llovido en promedio más que en las semanas previas a aquellos períodos en los que la enfermedad había tenido un comportamiento endémico (tabla 2). Hacer un

seguimiento al comportamiento de la precipitación de acuerdo a estos valores hace posible establecer otra forma de alertar sobre el eventual desarrollo de epidemias.

En conclusión, se establece temporalmente y en magnitudes, la importancia del componente climático en el desarrollo de epidemias de malaria. Con modelos de este tipo es posible predecir el comportamiento de los períodos epidémicos de la enfermedad. Mediante nuevos trabajos en otras áreas del país se puede establecer todo un sistema de alertas, que en principio, requiere del decidido apoyo de las autoridades municipales de salud, para mantener al día la información sobre las enfermedades.

Referencias

- Olano, V.; Carrasquilla, G. y Méndez, F.: Urban malaria transmission in Buenaventura, Colombia: Entomologic aspects. *Revista Panamericana de la salud Pública/Pan Am J Public Health* 2 (6): 378-385: 1997.
- Peña, D.: *Modelos lineales y series temporales*. Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid: 1987.
- Ortiz, P.L.: *Guía para las evaluaciones de impacto de la variabilidad y el cambio climático en la salud según una metodología cubana*. Cuba. Centro del clima. INSMET: 2000.





[*áce-áce*]

Es una entidad sin ánimo de lucro,
fundada el 9 de octubre de 1970,
que trabaja por el fomento de la
Ciencia y la Tecnología como base
del desarrollo social.

ACAC desarrolla diversos programas
cuyos fines son

integrar a la comunidad científica

y reforzar su compromiso con el
estudio de los problemas del país,

difundir el conocimiento científico

promover y apoyar la

investigación Científica & Tecnológica

e impulsar programas de apropiación social
de Ciencia y tecnología.

Correo electrónico acac@acac.org.co

www.acac.org.co

Las selvas de catival chocoano

**Escenarios de riqueza y
singularidad biológica**

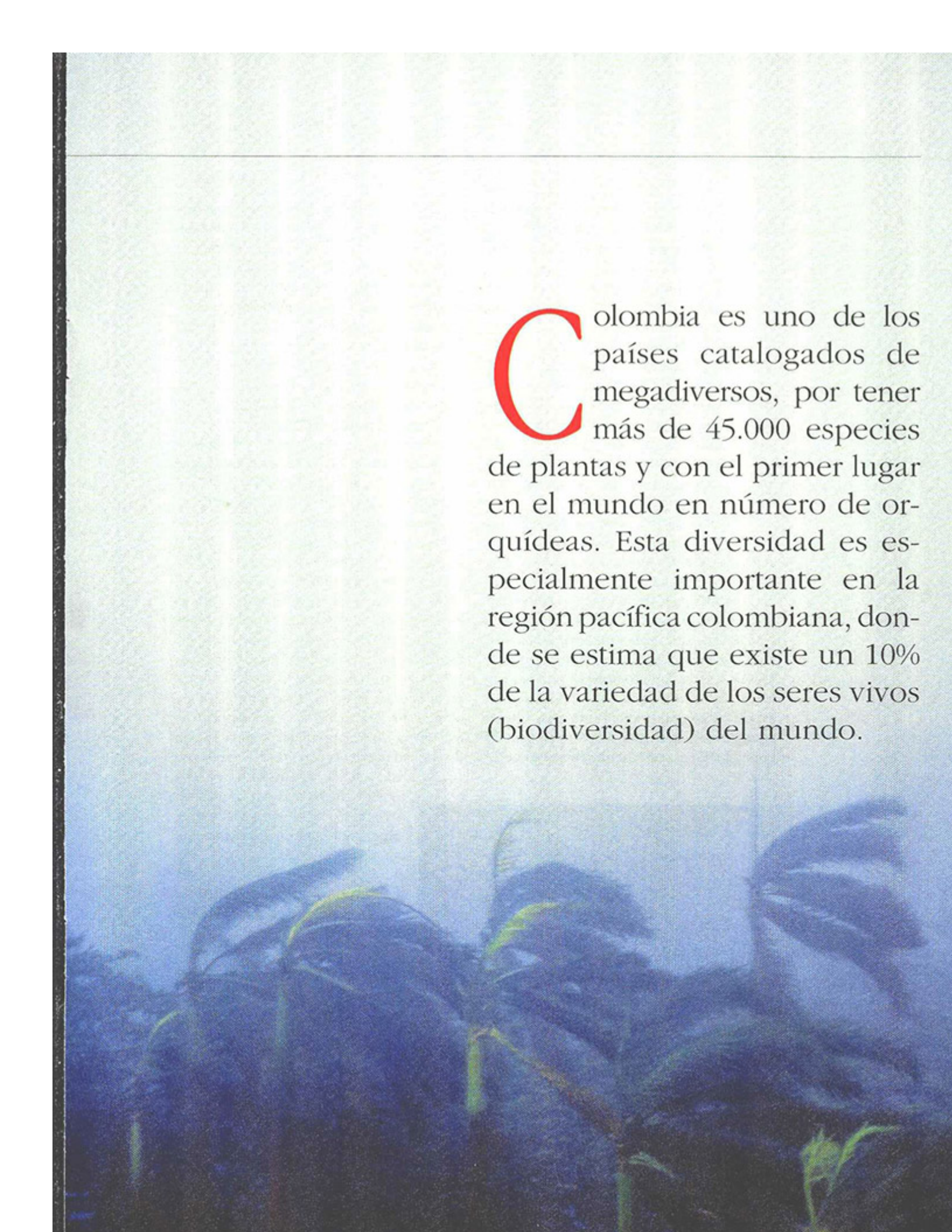
Giovanni Córdoba

Biólogo,

MSc Forestry Oxford

Consultor Forestal

E-mail: giocorredor@yahoo.com.mx



Colombia es uno de los países catalogados de megadiversos, por tener más de 45.000 especies de plantas y con el primer lugar en el mundo en número de orquídeas. Esta diversidad es especialmente importante en la región pacífica colombiana, donde se estima que existe un 10% de la variedad de los seres vivos (biodiversidad) del mundo.

Para la mayoría de los grupos de seres vivos, incluyendo aves, mamíferos, reptiles, anfibios, mariposas y hormigas, la diversidad *in situ* (en el sitio natural) más alta en el mundo, se presenta en algún sitio de la alta Amazonía. Pero se estima que el Bajo Calima en el Chocó presenta el récord mundial en diversidad de plantas leñosas con DAP (diámetro a la altura del pecho) mayor o igual a 2,5 cm, con aproximadamente 262 especies en un décimo de hectárea (Gentry, 1986a). Sólo existen dos zonas en el mundo comparables en diversidad de árboles por unidad de área: Iquitos en el Perú y algunas áreas del sudeste asiático (Gentry, 1986a; 1988a).

Todas estas áreas comparten el hecho de tener una precipitación relativamente alta y distribuida de manera uniforme. Por ello, tal vez resulta más instructivo considerar la alta diversidad de especies como una propiedad general asociada con altas precipitaciones, que como una particularidad del Chocó. El investigador Norteamericano Allwyn Gentry dedicó varios años a estudiar las causas de tan abrumadora diversidad de especies vegetales en Tutunendo-Chocó encontrando que esta aumentaba con la precipitación y con los nutrientes de suelo.

Este artículo enfoca la atención en una particularidad relacionada con la diversidad de especies y tiene que ver con el hecho de que bajo circunstancias, que podríamos calificar de "extremas", la llamada megadiversidad se reduce dramáticamente a un punto excepcional. Este es el caso del Bajo Atrato chocoano en el área de influencia del golfo de Urabá. En esta zona aparecen manchas de ecosistema boscoso que podríamos denominar "homogéneas", ya que presentan una especie con un grado extraordinario de dominancia, en algunos casos con 80 y 90% de individuos por hectárea. Esta situación se ve asociada con condiciones abióticas (exclusivas del medio físico) extremas como inundaciones por largos períodos del año, hasta de 6 a 9 meses, y en ciertos casos por todo el año. Más aún, en tanto más cerca se esté del golfo de Urabá más expuestas estarán las formaciones vegetales a la salinidad de las aguas que inundan los suelos de bosques. Esto se convierte en un factor extremo adicional que termina por favorecer la presencia de zonas de manglar sobre la línea costera. Se propone una explicación a la existencia de comunidades vegetales con diversidad muy baja, a partir del análisis de

una de las comunidades, el bosque de catio (*Prioria copaifera*), y condiciones bióticas y abióticas en las que ocurre esta formación vegetal.

Las comunidades vegetales homogéneas del Bajo Atrato chocoano

*Comunidades de Manglar dominadas por *Rhizophora harrisonii* o por *Avicenia germinans**

En esta parte norte del Chocó aparecen dos tipos de manglar diferenciados por la especie dominante, en un caso predomina la especie *Rhizophora harrisonii*, que forma bosques constituidos únicamente por esta especie y a veces con individuos aislados de



Pelliciera rhizophorae. En otros casos, donde hay menos exposición a la marea aparece *Avicenia germinans* como especie predominante entre las copas del bosque y con árboles de 20 metros de altura (Rangel *et al* 1993).

Comunidades vegetales de transición

Se denominan comunidades vegetales de transición a todas las que se ubican entre las zonas de manglar sobre la línea costera y las áreas de tierra firme en donde no ocurren inundaciones. Es importante anotar que el río Atrato desemboca en el golfo de Urabá y que esta desembocadura tiene dos efectos importantes en los ecosistemas de la zona. Un efecto es que se represa el río que viene corriendo en sentido sur norte y que desemboca en un cuerpo de agua no corriente (o al menos no en su mismo sentido), lo cual causa dicha represa. Esto produce un desbordamiento que inunda los bosques del valle del Atrato en esa zona y los mantiene así por largos períodos del año. Por este motivo, la parte baja del río Atrato conocida como "Bajo Atrato" es una zona fangosa de bosques inundables. El otro efecto a destacar, es la inevitable mezcla de las aguas de río con las del mar, que produce grados de salobridad (contenido de sal en el agua) que disminuyen a medida que se sale del mar y se entra más hacia el cauce del río. En este sentido las especies no sólo deben tolerar la inundación sino en algunos casos deben tolerar la salinidad del agua.

Las comunidades vegetales de transición están todas sobre suelos inundables por agua dulce o salobre y adicionalmente están ordenadas espacialmente de acuerdo con su tolerancia a la salinidad del agua. Zuluaga (1987), encontró que inmediatamente después del manglar, la comunidad más tolerante a la salobridad es la dominada por el nato *Mora megistosperma*, árbol que alcanza los diez metros de altura. Esta comunidad a veces alterna con otra dominada en forma casi absoluta por la palma *Montrichardia arborescens* conocida como Pangana. Zuluaga encontró además una

serie diversa de comunidades vegetales que podrían ser catalogadas de homogéneas por presentar una especie con un grado de dominancia (abundancia) extraordinariamente alto. Estas comunidades vegetales también son de transición por estar en el gradiente agua salada-agua salobre-agua dulce. Entre ellas se destaca la comunidad vegetal de la palma *Rapbia taedigera*, y la asociación vegetal Catival dominada por el árbol de cativo, *Prioria copaifera*. Esta última especie forma grandes extensiones de bosque en la zona del Bajo Atrato con árboles hasta de 35 metros de altura y dominancia superior al 90% de individuos por hectárea.

El catival

A pesar de que el cativo se encuentra en Nicaragua, Costa Rica y Panamá, es en Colombia con localización exclusiva en el Darién donde esta especie alcanza su máximo esplendor en dominancia dentro del bosque. El término asociación catival se aplica a un sistema ecológico amplio: es una asociación de suelo fértil sobre llanuras aluviales periódicamente inundadas por agua dulce, donde la especie dominante es el árbol cativo (*Prioria copaifera* Gris) (LINARES, 1988). El bosque es denso y oscuro, el sistema de raíces del cativo es muy superficial, sin raíz pivotante de forma discoidal con diámetro de 3,6m y con 50 a 60cm de profundidad. Sobre el suelo se encuentra una masa tupida y bien mezclada de raicillas y hojas semi-descompuestas que forman una alfombra de 3 a 4 cm de espesor. La asociación vegetal catival del Bajo Atrato es un ejemplo sin paralelo en América de dominancia arbórea monoespecífica (de una sólo especie) con hasta 800 árboles por hectárea, lo que la convierte en una de las formaciones vegetales más productivas del mundo en términos de producción de madera.

La ocupación del territorio por las comunidades vegetales

Si el Bajo Atrato pudiera ser observado desde arriba se notaría que el territorio está ocupado por estas comunidades homogé-

neas. Sin embargo, la ocupación por estas comunidades es bastante desigual, de hecho, la comunidad vegetal homogénea predominante en el territorio es el catival, que ocupa cerca del 70% del territorio. En su estudio sobre los bosques del centro y norte del Chocó y Urabá, Silva y Hurtado (1978) encontraron que el catival es la asociación vegetal predominante del territorio del Bajo Atrato con preponderancia en todos los bosques inundables de la región. La presencia de la especie comienza a reducirse hacia el golfo, donde incide el agua salobre y hacia la serranía donde no hay suelos inundables. De acuerdo con Silva y Hurtado, en la época de realización del estudio,

natural de la especie cativo y la asociación vegetal catival que es la comunidad homogénea más extensa sobre el territorio del Bajo Atrato. Este análisis se realiza a partir de varios estudios que ilustran la condición abiótica (factores del ambiente físico o no vivo) en que vive la especie y a partir de estudios realizados en Colombia, Panamá y Costa Rica sobre atributos biológicos de la especie.

Condiciones abióticas

Las condiciones del medio físico (luz, disponibilidad de agua, nutrientes del suelo y espacio) en que viven las especies del

bosque tienen que ser favorables o en el peor de los casos tolerables para garantizar su subsistencia. La condición de escasez o exceso de alguno de estos factores físicos del medio normalmente genera una situación de estrés fisiológico que impide el desarrollo natural de las plantas (Odum 1972).

Disponibilidad de oxígeno y nutrientes

Para el caso de las comunidades vegetales homogéneas del Bajo Atrato, una condición abiótica común es la inundación los suelos que trae consigo una serie de

efectos sobre la disponibilidad de nutrientes del suelo que son vitales. Para las comunidades de la zona estuarina (gradiente agua salada-agua salobre), a la condición de inundación se suma la salinidad del agua. Kozłowski (1997), recopiló una serie de efectos de la inundación y la salinidad destacando que la sola inundación causa disminución del oxígeno disuelto en el agua que impide la respiración de las raíces y la capacidad de toma de nutrientes del suelo con reducciones drásticas en la concentración de minerales cruciales para la vida vegetal (y animal) como hierro y man-



el área ocupada por esta asociación supera el millón de hectáreas.

Dos preguntas clave

Los principales interrogantes que se plantean son: ¿cómo llega a surgir tal homogeneidad en medio de la megadiversidad que encontró A. Gentry en el ecosistema de bosque del Chocó? y ¿cómo se explica la preponderancia del catival frente a las otras comunidades vegetales?

Para aportar una explicación a estos hechos se arroja una mirada a la historia

ganeso. Como consecuencia de esto se suspende la formación de raíces y ocurre el pudrimiento de las existentes, además se detiene la fotosíntesis. En algunas plantas la inundación tiene impactos dramáticos como la inhibición (suspensión) de la capacidad reproductiva (formación de flores y frutos). No menos importante es la presencia de compuestos tóxicos de minerales como aluminio y zinc que envenenan el medio acuático y pueden matar la planta (Ponnamperuma 1972). La salinidad tiene otra serie adicional de efectos sobre las plantas pero, en el caso del cativo, las aguas de inundación son dulces.

Con base en esto se puede pensar que el factor homogenizante de los bosques de la región Bajo Atrato es el estrés producido por la inundación en el proceso de desarrollo vegetal. De este modo, sólo las especies que toleran la inundación pueden sobrevivir. Siendo así, ¿cómo se explica la mayor ocupación de territorio por una comunidad vegetal frente a las otras?

Historia natural del cativo

El sólo hecho de que el cativo tolere los efectos de la inundación le da ventajas sobre muchas especies del bosque húmedo tropical. Sin embargo, esta razón no es suficiente para explicar su abrumadora dominancia, porque hay especies de otras comunidades vegetales que toleran tanto la inundación como la salinidad y no por esto ocupan las grandes extensiones de tierra que ocupa el cativo. Este es el caso del nato (*Mora megistosperma*) o *Rapbia taedigera*. El punto clave aquí es que la inundación reduce la competencia a las especies que son tolerantes a su efectos de estrés, es decir, especies vegetales que pueden vivir bajo condiciones extremas de escasez de oxígeno y nutrientes.

Atributos biológicos especiales

La explicación a este hecho puede estar en una serie de aspectos adaptativos (atributos especiales que surgen durante la evolución biológica de la especie) estu-

diados por varios autores, estos aspectos son:

Flotación:

En primer lugar, la especie tiene una capacidad asombrosa de dispersión por flotación. Este hecho fue observado por Montero y Cordoba (1996): la semilla de cativo flota en el agua, por esta razón la germinación puede ocurrir a largas distancias del árbol que la produce.

Tolerancia a la defoliación en plántulas y depredación de semillas:

La defoliación es la pérdida de las hojas en las plántulas (arbolito poco tiempo después de la germinación) por daño físico o por consumo de insectos. Esta característica es muy importante para el cativo ya que representa la capacidad de las plántulas para auto-repararse después de un daño. Armstrong and Westoby (1993), encontraron que las plántulas que provenían de semillas grandes (como la del cativo con 25 a 35 gramos de peso) en árboles tropicales resistían mejor la defoliación. Más tarde Dalling et al (1997), realizaron estudios experimentales con plántulas para ilustrar este hecho. Se realizaron dos tipos de experimento, uno consistió en poner semillas de cativo a germinar y cortar sistemáticamente la plántula resultante para observar la regeneración. Aquí se observó que las plántulas re-germinaron cuatro veces, corte tras corte. El otro experimento consistió en remover hasta un 60% de la reserva de la semilla para luego poner el resto en germinación y cortar sistemáticamente las plántulas que brotaban. Este experimento también mostró que la semilla tiene capacidad grande de rebrote y reparación.

Para los autores este hecho está necesariamente asociado con el tamaño de la semilla que varía entre 28,6 y 171,6 gramos con un promedio de 96,1 gramos por semilla. En este caso la semilla tiene abundante reserva para alimentar la plántula en los primeros estadios de crecimiento. Este hecho también fue visualizado en campo por Montero y Cordoba (1996), quienes observaron semillas que a pesar de estar

fuertemente depredadas (consumidas como alimento) por escarabajos curculiónidos presentaban varios brotes simultáneos, en algunos casos se observó un brote vivo y dos necróticos (en proceso de pudrición) defoliados por insectos.

Tolerancia a la sombra:

Una característica importante del cativo, observada por Montero y Córdoba (1996), es su tolerancia a la sombra en los estadios iniciales de desarrollo, lo cual le permite sobrevivir largos períodos bajo la sombra que proyectan las copas del bosque. La sombra es un factor adverso que termina por limitar el crecimiento de los arbolitos en los estadios iniciales.

La historia natural del cativo ilustra sobre las fortalezas naturales de la especie para prevalecer en un ambiente limitado de oxígeno y nutrientes, fuertemente afectado por los daños físicos y por los insectos y limitado de luz. Sin embargo, las otras especies no han sido tan estudiadas como el cativo, por lo que no se pueden hacer comparaciones balanceadas. No obstante, se proponen los atributos biológicos mencionados para el cativo como los motivos que explican su ocupación del territorio en gran escala.

Conclusiones

- Un factor central en la homogenización de las comunidades vegetales del Bajo Atrato y por consiguiente de la reducción de la megadiversidad es el estrés causado por la inundación que reduce la competencia a las especies tolerantes al mismo.
- La preponderancia territorial de la especie tolerantes depende de sus atributos biológicos. Estos atributos pueden incluir capacidad de dispersión y tamaño de semillas, tolerancia de las semillas a la depredación, capacidad de rebrote de plantulas frente a daños físicos y/o defoliación y tolerancia a la sombra. En el caso del cativo del Bajo Atrato estos aspectos parecen ser los de mayor importancia para explicar su escala de cubrimiento del territorio.

Bibliografía

- Armstrong, D.P. & Westoby, M.: Seedling from large seed tolerate defoliation better: a test using phylogenetically independent contrasts. *Ecology* 74: 1092-1100. 1993.
- Gentry, A.H.: Species richness and floristic composition of Chocó region plant communities. *Caldasia* 15 (71-79). 1986.
- Gentry, A.H.: Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Miss. Bot. Gard.* 75:1-34. 1988.
- Kozlowski, T.T.: Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiol. monogr.* 1:1-29. 1997.
- Dalling, J.W.; Harms, E.K. y Atzprung, R.: Seed damage tolerance and seedling resprouting ability of *Prioria copaifera* in Panamá. *Journal of Tropical Ecology* 13: 481-490. 1997.
- Linares, P. y Martínez, H.: La regeneración natural temprana del bosque de cativo (*Prioria copaifera* Griseb), en el Chocó, Colombia. Bogotá, D.E., Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. 20p. 1988.
- Montero G.I. y Córdoba M.G.: Estudio de la dinámica poblacional de *Prioria copaifera* (Grisebach), en un bosque de la llanura aluvial del río Atrato. Tesis biología. Universidad Nacional de Colombia. 1996.
- Ponnamperuma, F.N.: The chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.* Vol 24: 29-96. Pdf. 1972.
- Zuluaga R.S.: Observaciones fitoecológicas en el Darién colombiano. Pérez Arbelaez 1(4-5): 85-145 Bogotá. 1987.
- Artículos de Libros
- Sanchez H. y Alvarez L.: Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe Colombiano. Ministerio del Medio Ambiente y Organización Internacional del Maderas Tropicales. 1997.
- Odum E.: *Ecología* 3o de México: Interamericana, 639p. 1972.
- Rangel Ch.O.: Colombia, Diversidad Botica I. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1995.

CAMBIAMOS!



Pensando en ofrecerle el mejor servicio

Nuestras Líneas de Atención al Cliente

479 8487 - 263 3484 - 295 6896

018000 111210 / 111313

Fax: 416 3026

Subgerencia de Mercado

354 0304

División de Mercado Regional D.C.

4297320

www.adpostal.gov.co

*Un paso adelante
en ciencia y
tecnología*

*Lea Innovación
y Ciencia...*



• ***Suscríbese ya por sólo \$ 36.000 al año*** •

*Al afiliarse a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia
recibirá la revista **TOTALMENTE GRATIS***

Image not found or type unknown



De esta manera la farmacoepidemiología como ciencia que sirve para evaluar los riesgos y beneficios de los recursos terapéuticos farmacológicos en la práctica clínica habitual; se relaciona no solamente con el uso adecuado de



medicamentos sino también con sus efectos adversos. Incluye dos componentes igualmente importantes y que responden a diferentes objetivos 1) Utilización de medicamentos y 2) Farmacovigilancia.

Puesto que el conocimiento clínico en piel permite identificar en algunas oportunidades, posibles reacciones adversas a medicamentos y que como Instituto Nacional de Dermatología tenemos el compromiso de promover la vigilancia en salud cutánea, hemos iniciado desde hace 3 años la conformación de un grupo de trabajo en Farmacovigilancia especialmente dedicado a motivar el reporte voluntario de reacciones adversas a medicamentos, logrando además motivar el deseo de consolidar el programa de

Farmacoepidemiología del Centro Dermatológico Federico Lleras Acosta, que permita incorporar en nuestros objetivos misionales de docencia, investigación y asistencia en beneficio de la población Colombiana, la posibilidad de contar con estudios sobre uso racional de medicamentos, cuantificación de consumos, hábitos de prescripción de medicamentos y calidad del consumo. •

BIBLIOGRAFIA

1. Regeiro J. Lopez C.

Inmunología, biología y patología del sistema inmune. 2ª edición: Ed panamericana; 1996.

2. Nickoloff B, Guffeiths S.

Abnormal cutaneous topobiology: the molecular basis for dermatopathologic mononuclear cell patterns inflammatory skin disease. *J Invest Dermatol.* 1990; 95: 128s-131s.

3. Crowson A, Magro C:

Recent advances in the pathology of cutaneous drug eruptions. *Dermatologic clinics.* 1999; 17: 537-58.

4. Stern R and Steinberg A.

Epidemiology of adverse cutaneous reactions to drugs. *Dermatol clinics.* 1995; 13: 681-88.

5. Bruinsma W.

Drug Monitoring in Dermatology. *Int J Dermatol.* 1986; 12: 166-68.

Isabel Cristina Cuéllar Rios

Dermatóloga

Centro Dermatológico Federico Lleras Acosta E.S.E



Acción ciudadana para conservar la mayor extensión de manglares del Pacífico suramericano



Caracas, 1999
República de Colombia
Ministerio de Ambiente, Vivienda
y Desarrollo Territorial
Unidad Administrativa Especial del Sistema
de Parques Nacionales Naturales

Las duras condiciones de la actividad del pianguero (como es conocida la acción de extraer piangua del manglar) llevada a cabo en la costa pacífica del departamento colombiano de Nariño, en la principal zona de manglar de la ecorregión del Chocó Biogeográfico (ver mapa), sumadas a los bajos precios de su comercialización, hacen de esta labor una de las más desgastadoras, pues las mujeres y niños afrodescendientes, quienes en su mayoría la llevan a cabo, deben resistir largas jornadas enterrados en el manglar hasta las rodillas para extraer el molusco que es comercializado principalmente con Ecuador a muy bajos precios. Adicionalmente, la falta de organización como gremio y la pobreza extrema, característica en la zona, generaron una fuerte presión al ecosistema y consecuentemente, una disminución considerable de la población de piangua, lo que preocupó a las comunidades de la zona, pues cerca de 6 mil personas dependen de esta actividad, siendo ésta su principal fuente de ingresos y sustento.

Ayudadas por WWF Colombia, el Parque Nacional Natural (PNN) Sanquianga, la Corporación Asesorías para el Desarrollo (Asdes) y la Fundación Chontaduro, Naidi y Piangua (Chonapi), estas comunidades, interesadas en mejorar sus condiciones laborales y de vida, iniciaron un proceso de concienciación, concertación y capacitación en aspectos como formación ciudadana y biología de la conservación, entre otros, para poder acceder a los beneficios correspondientes a todos los ciudadanos colombianos y detener la sobreexplotación de la que estaba siendo víctima el ecosistema del Manglar.

En el camino de dicha formación estas comunidades eligieron el Conversatorio como el mecanismo de participación ciudadana pertinente para generar un espacio de diálogo entre las autoridades y la comunidad misma, para llegar de esta manera, a acuerdos y compromisos puntuales en torno a temáticas como: el plan de gestión ambiental municipal, el plan de manejo integral de los residuos para cada municipio; el plan de gestión hospitalaria; el ordenamiento y zonificación de los manglares; investigación aplicada en torno al manejo técnico del manglar; vigilancia y control en la talla de captura; educación, salud y alternativas productivas sostenibles.

La ciudad nariñense de Tumaco fue el escenario de este importante evento de participación ciudadana, al que asistieron más de 160 invitados (incluidos 40 convocados de entidades gubernamentales y no gubernamentales y 40 piangueros y piangueras, quienes formularon los interrogantes que dieron pie al diálogo) y cerca de 17 delegaciones de los municipios de Tumaco, Francisco Pizarro (Salahonda), Mosquera, Olaya Herrera (Bocas de Satinga), La Tola, El Charco y Santa Bárbara (Iscuandé), donde residen la mayoría de las personas que dependen de la extracción de la concha para



© WWF UK / SOUTHERN David

su sustento diario. La zona de Manglar del departamento de Nariño abarca un área de 150 mil hectáreas, de las cuales 80 mil se encuentran dentro del PNN Sanquianga.

Entre los principales logros obtenidos a través de este conversatorio se destaca la asignación de un presupuesto de 150 millones de pesos por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para la puesta en marcha de Alternativas Productivas que sean compatibles con el medio natural y cultural, y que consecuentemente permitan mejorar los ingresos de las familias extractoras de piangua y que contribuyan de manera significativa a aliviar y reducir los impactos negativos sobre el recurso y el ecosistema. La Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), por su parte, asumió el diseño de un formato de registro y control de las exportaciones de piangua al vecino país de Ecuador.

Además, la Secretaría de Agricultura del departamento de Nariño, en nombre de la gobernación de dicho departamento, recientemente hizo entrega a las mujeres concheras de la vereda de Playa Bazán, de dos motores fuera de borda que serán empleados para facilitar el transporte durante las faenas de recolección.

Pero no fueron estos los únicos logros alcanzados por las comunidades afrodescendientes de este lugar de Colombia. A lo largo del proceso iniciado en 1999, hombres y mujeres accedieron a procesos de capacitación en mecanismos de participación ciudadana, aspectos biológicos de la piangua y del manglar, entre otros; dando como resultado una sociedad civil fortalecida que logró la puesta en marcha de iniciativas locales para el manejo adecuado del recurso (como el control de tala mínima de captura), fortalecimiento de la participación política de las comunidades (lo que ha permitido acercar las comunidades entre sí



© WWF UK / SOUTHERN David.

y con el Estado); la creación de un hogar de bienestar para 25 niños y 150 mujeres inscritas en el sistema de salud del Sisben.

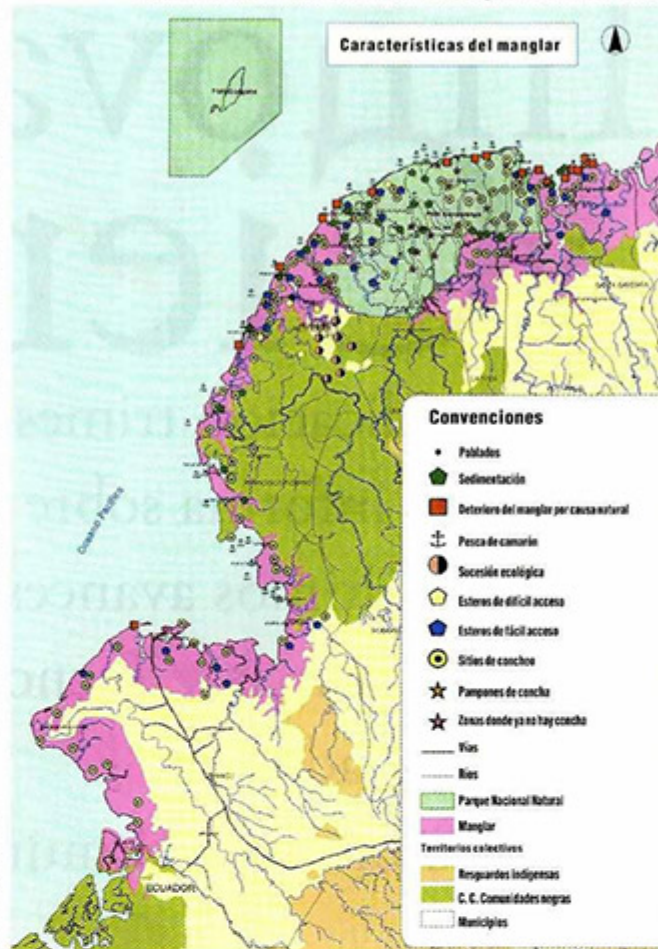
"El Conversatorio de Acción Ciudadana fue una importante oportunidad para concretar el hecho de que las comunidades accedan a los beneficios que les corresponden como ciudadanos colombianos, al tiempo que permitió que las instituciones que tienen competencia en el manejo de los manglares se encontraran para generar sinergias y acciones coordinadas en beneficio de un ecosistema tan vital, como lo son los manglares", explicó Carmen Candelo Reina, coordinadora del área de Fortalecimiento de Capacidades de WWF Colombia.

Así mismo, la respuesta de las autoridades ante este diálogo arrojó compromisos de suma importancia para la conservación del manglar

y el uso sostenible de los recursos que dicho ecosistema provee. Es así como los alcaldes municipales de los municipios participantes asignarán recursos financieros, técnicos y logísticos para el diseño y la implementación del Sistema de Gestión Ambiental Municipal –SIGAM– de cada uno de los Municipios, donde se incluirán las líneas de acción del manejo adecuado del ecosistema.

Para dar continuidad al proceso, se ha construido un plan de trabajo que busca dar seguimiento al cumplimiento de los compromisos acordados, para lo cual se constituyó un comité interinstitucional. "Vamos a estar vigilantes

Fuente: Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de WWF Colombia.



Las denominaciones geográficas en este informe y el material que contiene, no entrañan, por parte de WWF, juicio alguno respecto de la condición jurídica de países, territorios o áreas, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

para que los compromisos se cumplan. No podemos esperar a que pase otra década sin que nuestros problemas tengan soluciones porque en los últimos 10 años hemos perdido gran parte de nuestro manglar y sus recursos", concluyó Patria Boya, pianguera del municipio de Tumaco.

Por: María Ximena Galeano M.
Comunicaciones
WWF Colombia



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

Innovación y Ciencia

Publicación trimestral
que informa sobre
los últimos avances
en Ciencia y Tecnología
realizados en
Colombia y el mundo

FECHA DE SUSCRIPCIÓN

DIA/ MES/ AÑO/

»cupón de suscripción

Suscripción anual \$36.000 00 · Precio: número regular \$9.500 00, edición especial \$12.500 00 · Asociado ACAC: gratuita

SUSCRIPCIÓN POR UN AÑO,
4 EJEMPLARES,
A PARTIR DEL NÚMERO:

NOMBRE

CC O NIT

DIRECCIÓN

TELÉFONO

CIUDAD

CORREO ELECTRÓNICO

FAX

PROFESIÓN

ESPECIALIDAD

FORMA DE PAGO

EFECTIVO TARJETA DE CRÉDITO DINERS #

Credibanco y Credencial se reciben directamente en nuestra oficina.

CHEQUE

VENCE L

CUOTAS L

NÚMERO DE SEGURIDAD L

ACEPTO RENOVACIÓN AUTOMÁTICA SÍ NO

Consignación a nombre de «Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia» en:
Banco de Occidente, cta.# 26880746-8 · Banco Agrario, cta.# 0230-002930-5 · Banco Popular, cta.# 160-203196
Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax:

o por correo a la sede

2216950

FIRMA

ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

Innovación y Ciencia

TEMAS

Ciencias Naturales, físicas y sociales, tecnología, política científica y tecnológica, historia de la ciencia.

LENGUAJE

- Claro, ágil y de fácil comprensión para el lector no especializado. Es importante que el título sea atractivo y breve además de significativo.
- Los términos técnicos deben ir seguidos de una definición sencilla en paréntesis o entre comas; ejemplo: "...en general se registra taquipnea (respiración rápida), cianosis (coloración azulosa de mucosas y partes más claras de piel)...".
- Cuando se incluyan siglas o símbolos, la primera mención debe decodificarse; ejemplo: "En medicina humana se ha acuñado la expresión ARDS (del inglés: *Adult Respiratory Distress Syndrome*)".
- Sólo deben usarse abreviaturas y expresiones matemáticas en casos estrictamente necesarios.

EXTENSIÓN

Máximo 10 páginas tamaño carta en letra Arial 12, a doble espacio (excluyendo ilustraciones y cuadros).

FORMATO

Texto impreso y copia digital en diskette o CDrom, preferiblemente en formato Word.

MATERIAL GRAFICO

Es importante anexar la mayor cantidad posible de material gráfico acompañado de notas explicativas (pie de fotos) y sugerencias de ubicación dentro del texto. Este material puede incluir:

- Fotografías originales en papel fotográfico o diapositiva.
- Fotografías en versión digital de alta resolución (300 dpi) en formato tif, jpg o eps.
- Esquemas gráficos explicativos (versión impresa y/o digital).

- Tablas o cuadros sin demasiado texto o columnas.

El material fotográfico no debe ser tomado de libros o revistas y debe indicarse su autoría o fuente si es necesario.

Del material recibido se seleccionará el de mayor calidad para su publicación y una vez editada la revista el material será devuelto al autor.

REFERENCIAS

Para las referencias se usarán las siguientes normas:

a) *Artículo de revista científica:*

1. Lee, M.R.; Ho, D.D.; Gurney, M.E.: Functional interaction and partial homology between human immunodeficiency virus and neuroleukin. *Science* 237: 1047-1051, 1987.

b) *Artículo de libro:*

1. Day, R.A.: Cómo escribir y publicar trabajos científicos. Organización Panamericana de la Salud. Washington DC., p.242, 1990.

RESUMEN

Descripción breve (5 oraciones cortas) del tópico central del artículo, para su inclusión en la página de contenido de la edición.

IDENTIFICACION DEL AUTOR

Nombre y títulos,
Cargo actual,
Entidad,
Ciudad, país.
E-mail:
Dirección postal

RECOMENDACIONES

Los artículos que hayan aparecido en otras publicaciones, los informes de investigación en curso y aquellos textos cuyos temas sean muy especializados y de interés exclusivamente local no serán considerados para publicación.

QUIEN CONOCE
LA LEY MATEMÁTICA
DE UN FENÓMENO
NATURAL, TIENE
LA MISMA
COMPRENSIÓN
DE ÉSTE QUE
LA MENTE DEL
CREADOR.

“Cuando Ustedes escuchan a Bach, ven nacer a Dios. Su obra es generadora de divinidad. Después de un “oratorio”, una “cantata” o una “pasión”, es necesario que Él exista. De otro modo toda la obra del Cantor sería una ilusión desgarradora. Y pensar que tantos teólogos y filósofos perdieron días y noches buscando las pruebas de la existencia de Dios, y olvidaron la única.”

CIORAN

En la Fundación Mazda otorgamos becas a los mejores estudiantes colombianos, en las áreas de matemática pura, física teórica y música clásica. Así, mentes superiores tendrán la capacidad de cuestionar evidencias, desafiar paradigmas y desentrañar nuevas visiones.

