

El Atlas del Cambio Climático de las Américas

David S. Salisbury^{*}, Claudia Nancy Aguirre[♦],
María Elina Gudiño[■], Fernando López Martín[•],
Oscar Luis Pyszczyk[◇], Rigaud Sanabria[□],
Patricia Perla Snaider[○]

Recibido el 19 de septiembre de 2018; aceptado el 26 de noviembre de 2018

Abstract

Researchers affiliated with the Pan American Institute of Geography and History (PAIGH) are working on a Climate Change Atlas of the Americas (ACCA). This article details the debates and decisions of an interdisciplinary workshop with participants from 5 countries focused on the development of the atlas. The August 2017 PAIGH funded workshop in Colombia identified objectives, theoretical framework, methodology, territorial reach, units of analysis, selected themes, technical framework, and a work plan. The target audience includes a broad public with a particular focus on young people and policy makers and the overarching objective of creating a stronger understanding of the problems, challenges, and opportunities associated with climate change. The article also seeks to raise awareness of the complex steps needed to plan a project of this size.

Key words: *Climate Change, Latin America, adaptation, mitigation.*

^{*} Associate Professor and Chair, Department of Geography and the Environment, University of Richmond, USA, e-mail: dsalisbu@richmond.edu

[♦] Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia, correo electrónico: cnaguirre@ipgh.org

[■] Directora del Doctorado en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional de Cuyo, Argentina, correo electrónico: elinagudino@gmail.com

[•] Instituto Geográfico de Aragón-IGEAR, España, correo electrónico: flopezm@aragon.es

[◇] Director de la Maestría en Gestión Socioambiental, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), Colombia, correo electrónico: opyszczyk@udca.edu.co

[□] Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia, correo electrónico: sinabriarigaud@yahoo.com

[○] Subdirectora del Instituto de Geografía. Docente e Investigadora del Departamento e Instituto de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, correo electrónico: pasnaider@hum.unne.edu.ar

Resumen

Investigadores vinculados con el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) vienen impulsando un proyecto para desarrollar el Atlas del Cambio Climático de las Américas (ACCA). Este artículo se refiere a los debates y las decisiones de un taller interdisciplinario con participación de ciudadanos de cinco países para enfocarse en el desarrollo del atlas. El taller realizado en Colombia, en agosto de 2017, y apoyado por el IPGH, identificó los objetivos, enfoques teóricos y metodológicos, así como el alcance territorial y las unidades de análisis, los temas previstos, el entorno tecnológico para el Atlas y el plan general de avance. La audiencia incluye un público amplio con un enfoque particular en los usuarios jóvenes y tomadores de decisiones, con fines de propiciar un vínculo mayor con los problemas, retos y oportunidades asociados al cambio climático. El artículo también trata de atraer la atención a los pasos complejos que son necesarios para planificar un proyecto de esta dimensión.

Palabras claves: *cambio climático, América Latina, adaptación, mitigación.*

Introducción

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, define ‘cambio climático’ como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos” (PICC 2013, 1450). Existen otras definiciones pero los autores de este artículo respetan el trabajo de los más de 200 científicos que están trabajando con el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC, 2013). Se reconoce también que el cambio climático tiene ciertas características:

- el sistema no vuelve a su estado anterior sino que evoluciona hacia un estado diferente hasta alcanzar un nuevo equilibrio;
- el cambio afecta a todo el sistema y no a uno solo de sus elementos, en virtud de las interrelaciones que se establecen entre todos sus componentes;
- las anomalías locales no serán ya compensatorias y mantenedoras del equilibrio global porque ahora lo que se está produciendo es una ruptura del equilibrio (Cuadrat y Pita, 2016, 393).

El clima es un sistema conformado por una diversidad de componentes y factores que interactúan entre sí y que varían en el tiempo y según el espacio geográfico, por lo que las causas del cambio climático son múltiples y no lineales (Figura 1). Entre la diversidad de componentes está el medio antrópico que es cada vez más difícil de separar de los procesos físicos (Steffen *et al.*, 2015).

Además, reconocemos la importancia del cambio climático para el presente y el futuro del planeta y la humanidad. Según Ban-Ki Moon (2014), el cambio climático y la forma en que lo abordemos definirá nuestra era y nuestro legado a las futuras generaciones. En particular, se observa la “Gran Aceleración” representada en los cambios holísticos, comprensivos, e interrelacionados pos-1950 que conjuntamente forman la más rápida transformación de la relación humana con el mundo natural en la historia de la humanidad (Steffen *et al.*, 2015). Mejor ilustrado en los gráficos de Steffen *et al.* (2015), la “Gran Aceleración” se representa en los cambios

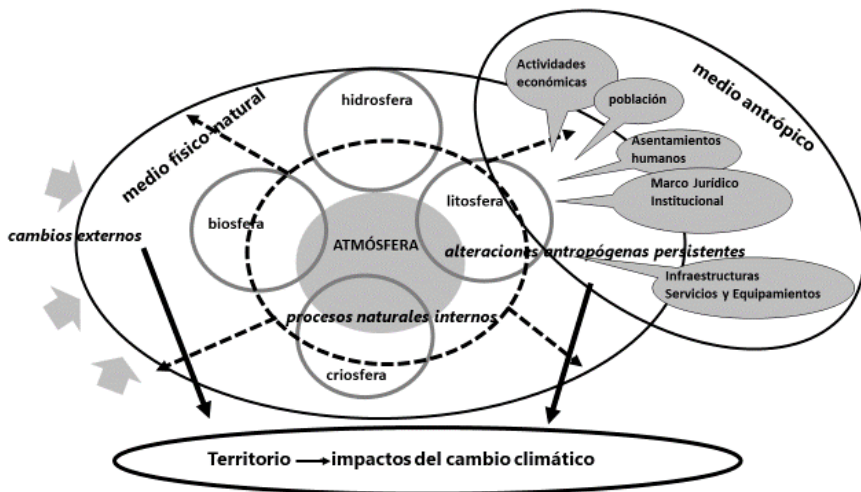


Figura 1. La relación entre el medio físico natural y el medio antrópico en el contexto del territorio y el cambio climático.

socio-económicos y biofísicos del sistema mundial que abarcan aún más que el cambio climático y han sido fundamento para introducir el tema de una nueva época geológica denominada el Antropoceno. Pensando así, desde 1970 hasta 2010 las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero han seguido incrementándose con un mayor aumento absoluto entre 2000 y 2010 a pesar del crecimiento del número de políticas de mitigación del cambio climático, tanto que en 2010 estas emisiones han llegado a 49 ± 4.5 GtCO₂-eq/año (Pachauri *et al.*, 2014, 5).

Los impactos en Centro (AC) y Sudamérica (AS) de estas emisiones y el cambio climático en general ya están siendo registrados en los reportes del PICC,

mostrando evidencia de eventos climáticos extremos en AC y AS. Durante el periodo 2000-2013, al menos 613 eventos extremos del clima y el tiempo conllevaron a 13,883 fatalidades y 53.8 millones de personas afectadas, con una pérdida estimada de US\$52.3

billones. Durante 2000-2009, 39 huracanes ocurrieron en la cuenca del Caribe en AC, en comparación con 15 y 8 en la década de los ochenta y noventa del siglo pasado, respectivamente. En el sudeste de AS, la precipitación extrema ha sido más frecuente e intensa, favoreciendo un aumento en la ocurrencia de inundaciones instantáneas o crecidas y derrumbes. En la Amazonia, sequías extremas han sido reportadas en 2005 y 2010, e inundaciones record han sido observadas en 2009 y 2012 (PICC 2013, 1542).

Los modelos climáticos sugieren aumentos en temperatura, así como aumentos y disminuciones en precipitación para AC y AS hasta el 2100 (PICC 2013, 1542). Los glaciares andinos están retrocediendo con cambios en el flujo y disponibilidad de agua (PICC 2013, 1542), y se espera que el cambio climático aumente la velocidad de extinción de especies (PICC 2013, 1542). A pesar de los cambios previstos, la población de las Américas no es suficientemente consciente de la cantidad, gravedad, y rapidez de los impactos del cambio climático y el limitado conocimiento crea la necesidad de un Atlas del Cambio Climático para informar a la población en la reflexión sobre la mitigación y adaptación al cambio climático.

Antecedentes

En noviembre 18 y 19 de 2013, la 19 Reunión de Consulta de la Comisión de Geografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia tuvo lugar en Montevideo, Uruguay. De las discusiones entre las 17 personas presentes de 11 países resultó la idea de proponer la creación de un Atlas del Cambio Climático de las Américas. Siete de los presentes en la reunión quedaron encargados de definir y buscar financiamiento para el proyecto del Atlas de Cambio Climático de las Américas. A inicios de 2014 algunos representantes del grupo avanzaron con la construcción de un listado de temas (27) y regiones (32) de interés, además de una relación de posibles expertos (40) que podrían contribuir con el atlas.

La idea inicial era que el atlas anotado proporcionaría a investigadores y estudiantes una perspectiva del paisaje cambiante, los retos y oportunidades asociados al cambio climático en todo el hemisferio occidental. El libro contendría un mapa, o una selección de mapas relacionados, de cada uno de los 23 países en el continente de Sud, Centro y Norteamérica, así como unas cinco islas seleccionadas. El mapa, o los mapas, de cada país describirían gráficamente una escena del cambio climático, como: el aumento del nivel del mar, el derretimiento de glaciares, los cambios en la cobertura de la Tierra, el cambio de temperatura, o los fenómenos naturales extremos, así como la mitigación y la adaptación a los cambios. La cartografía de cada país estaría acompañada por una descripción de sólo 1 500 palabras que explicaría el caso y la cartografía, con más detalle, a la vez que la vincularía con el cambio climático en las Américas. Las contribuciones serían escritas por expertos de América Latina. Los autores terminarían sus aportes haciendo referencia a otras

fuentes destacadas donde los lectores podrían investigar el tema más a fondo. Los trabajos estarían escritos en español, con la esperanza de una traducción paralela en inglés.

Los paisajes carismáticos de América Latina estarían representados, desde la Patagonia y la Pampa, el Atacama o la Amazonía, hasta la Sierra de la Madre, el Cerrado, el Denali o el Darién.

La estructura del libro se asemejaría al libro *Mapping Latin America: A Cartographic Reader* editado por Jordana Dym y Karl Offen (2011): de páginas grandes para una fácil lectura del mapa; entradas cortas, concisas y accesibles para dilucidar los mapas y mantener el interés de los estudiantes y el público en general. La introducción y el mapa inicial esbozarían los objetivos del libro, la naturaleza del cambio climático, y la distribución espacial de los casos de estudio incluidos.

Desafortunadamente, la escala continental del proyecto significaba tanta inversión de tiempo y dinero que no se pudo avanzar de manera sistemática con la descripción señalada arriba. De todos modos, por la calidad de la idea, un segundo equipo de investigación tomó la iniciativa de escribir una propuesta de proyecto semilla al IPGH para avanzar el objetivo del Atlas del Cambio Climático de las Américas.

La propuesta de 2017 tuvo el propósito de redactar un proyecto para el desarrollo del Atlas del Cambio Climático de las Américas con potencial de ser presentado a algún financiador externo. Allí se planteó la necesidad de identificar una metodología que pudiera aplicarse en todos los países que conformaran el grupo de investigación. El objetivo principal consistiría en identificar modificaciones y/o cambios persistentes en los registros de los datos termo-pluviométricos del período en estudio y de otros indicadores relevantes de la atmósfera que pudieran denotar la magnitud del cambio en los patrones atmosféricos regionales de América, sus singularidades y variaciones temporales y espaciales, los impactos ocasionados en los territorios y las sociedades, así como las adaptaciones acogidas y las medidas mitigantes previstas. Los resultados finales se comunicarían mediante la elaboración del documento del proyecto para lograr el desarrollo del primer Atlas sobre cambio climático de los diferentes países americanos como apoyo a la toma de decisiones de los niveles continental y regional respecto de la adaptación y el impacto en las comunidades. Potencialmente, la metodología diseñada podría replicarse a escalas nacionales en cada uno de los países de América y sus resultados serían compatibles y comparables con los reflejados en el Atlas a escala continental, por lo que en última instancia no se conformaría un producto acabado sino abierto, dinámico y factible de ser complementado. Igualmente, se consolidaría el grupo de investigadores. Lo anterior se realizaría a través de dos talleres presenciales, de los cuales únicamente fue posible realizar uno en la ciudad de Bogotá.

Taller del Atlas de Cambio Climático de las Américas, Bogotá Colombia 2017

Durante tres días, del 14 al 17 de agosto de 2017, 14 investigadores internacionales de Argentina, Brasil, España, Estados Unidos, y México, y alrededor de 34 nacionales de Colombia, se reunieron en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA) en Bogotá, Colombia, para avanzar con el proyecto de Atlas del Cambio Climático de las Américas. El taller inició con un ciclo de conferencias a cargo de investigadores invitados. Después, los investigadores reunidos discutieron el estado del arte de la información sobre cambio climático en las Américas y los posibles modelos de atlas. Hubo una revisión de publicaciones internacionales precedentes que habían elaborado cartografía temática sobre cambio climático. Seguidamente surgió un debate que trató de aclarar la diferencia entre un proyecto de investigación sobre cambio climático y un medio de difusión como un Atlas del Cambio Climático. Las discusiones también se orientaron en identificar el objetivo principal, el público del atlas y el marco teórico; luego se centraron en la escala del atlas: cómo definimos las Américas?, ¿cuáles serán las unidades de estudio?, ¿cuáles sectores y áreas son más vulnerables al cambio climático?, ¿el Atlas tendrá una perspectiva actual o prospectiva?



Figura 2. El Grupo de Trabajo del Atlas del Cambio Climático de las Américas se reúne en la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA) de Bogotá, Colombia.

El segundo día empezó con el recorrido de un transecto de la Sabana de Bogotá aprovechando el tránsito público de la ciudad. Este viaje ayudó a reforzar las relaciones entre los investigadores y también surgieron diálogos informales sobre la importancia del tránsito público en mitigar el cambio climático. Al llegar a UDCA el grupo recibió las palabras del rector y participó en un recorrido guiado a través de las instalaciones y parte del campus, una universidad bastante nueva e innovadora.

En UDCA, el grupo inició debates sobre los aspectos metodológicos (escala, variables, acceso y acopio de información para las bases de datos), logísticos, y de la estructura general. De allí, se utilizó un ejercicio de lluvia de ideas para elaborar un listado de posibles temas a incluir. Una conferencia sobre el Atlas Climático de la comunidad autónoma de Aragón, España también ayudó a identificar los desafíos y oportunidades del atlas.

El tercer, y último día del taller tuvo lugar en el IGAC donde se discutieron la manera más apropiada para clasificar o agrupar los temas abordados en categorías más grandes para facilitar su estructuración y presentación a través de las secciones del atlas. También se debatieron diversos puntos de vista sobre la posible duración y las etapas para el desarrollo del proyecto.

Resultados

Esta sección del artículo se enfoca en los resultados de los debates durante el Taller Atlas del Cambio Climático de las Américas, en Bogotá. Se divide en breves secciones para facilitar la lectura y ayudar al lector a enfocarse en su área de interés. Empezamos con el marco teórico antes de contemplar el público, la forma, el alcance territorial, la escala de tiempo, la base de datos, el entorno tecnológico, las regiones, el plan de avance, y el atlas temático.

Marco teórico

Un enfoque hacia los sistemas complejos adaptativos fue seleccionado por el grupo por su capacidad de combinar sistemas naturales y humanos (Figura 3). En particular, el paradigma de la complejidad y el de la seguridad humana, los que están estrechamente vinculados al desarrollo sostenible, el desarrollo humano y el desarrollo territorial. El desarrollo sostenible, porque busca el equilibrio entre crecimiento económico, equidad social y sustentabilidad ambiental; el desarrollo humano, porque centra la atención en la vulnerabilidad del hombre frente a amenazas tales como las generadas por el cambio climático y el desarrollo territorial, y el desarrollo territorial, por ser el que permite materializar en un espacio geográfico las acciones tendientes al desarrollo sostenible y el desarrollo humano, a través de la implementación de planes de Ordenamiento Territorial sustentados en el equilibrio, la equidad y la sostenibilidad (Figura 3).

La complejidad incorpora desafíos que involucran preguntas relativas al caos, la no-linealidad, la incertidumbre, el no-equilibrio, la temporalidad, y el azar (Rodríguez Zoya, Leonardo G. y Leónidas Aguirre, 2011). Las ciencias de la complejidad introducen una metodología que incluye la modelización y simulación de sistemas complejos además de constituir una tercera vía de hacer ciencia, que es complementaria a la deducción y la inducción (Maldonado y Gómez Cruz, 2010).



Figura 3. Los sistemas complejos y su relación con desarrollo, ordenamiento territorial, la seguridad humana y la paradoja de la complejidad.

El planeta Tierra es un sistema y sus componentes o elementos, o partes que lo constituyen y lo hacen funcionar en conjunto, son la atmósfera, la litosfera (relieve), la biosfera, la criosfera y los océanos (hidrósfera), los que se relacionan entre sí y dan como resultado, distintos climas, relieves, biomas y paisajes. Cada uno a su vez conforma un sistema o subsistema.

Las interacciones de estos sistemas físico bióticos-naturales se complejizan cuando se suman las relaciones con el ser humano porque los sistemas sociales adoptan distintas formas de organización en el territorio que habitan y el territorio a la vez es un sistema que además del subsistema social, lo conforman el subsistema físico-natural o ecológico, el económico y el político-institucional, los que funcionan como una unidad definida y transmitida de generación en generación, incluyendo costumbres, lengua, religiones, arte, ciencia, etc.

Es decir, *el clima es un sistema complejo pero además es adaptativo*, porque si bien los sistemas sociales y sistemas físico bióticos-naturales son interdependientes y no lineales, se autorregulan y se adaptan continuamente a la vez que cambian de una manera impredecible.

Los fenómenos atmosféricos como: granizo, huracanes, incendios, tornados, tormentas tropicales que provocan inundaciones, desertificación, salinización, sequía, otros, por su severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y actividades, por lo que, frente a estas amenazas hay grupos sociales que se ven más afectados que otros, es decir, son más vulnerables porque su capacidad para anticiparse es menor que la de otros, para hacer frente y resistir a estos fenómenos como también para recuperarse de los mismos.

La vulnerabilidad es una propiedad de los sistemas que depende de la escala (Clark *et al.*, 2000, citado en José Javier Gómez, 2001). Por ejemplo, a partir de la posible afectación de los arrecifes de coral por el cambio climático, es posible dialogar sobre la vulnerabilidad de una comunidad costera cuyos empleos y modos de vida dependen del turismo y de la pesca; a nivel de país (por ejemplo del Caribe) la preocupación se centraría en cómo estos fenómenos pueden afectar la economía nacional (PIB, importaciones, etc.); por último, a escala global la preocupación principal puede ser la pérdida irreversible de un patrimonio de la humanidad.

En consecuencia, la relación de la amenaza con la vulnerabilidad determina el riesgo, el que puede estar asociado a distintas causas. Como ejemplo, la investigación del CIAT, PNUMA sobre el caso del huracán Mitch (1998), se hizo a través del análisis de imágenes de satélite, las que muestran una posible relación entre las inundaciones del norte, centro y sur de Honduras con la escasa cobertura forestal y el cambio de uso del suelo en las cuencas hidrográficas. Por su limitada protección, los suelos estaban expuestos a sufrir procesos erosivos intensos en las áreas de ladera con alto riesgo de deslizamientos y represamientos de ríos. La deforestación, que comenzó a mediados de la década de los sesenta en Honduras, también habría sido la principal causa de los estragos causados por el huracán Fifi, 24 años atrás. La expansión de la producción bananera en los valles y el desplazamiento de los campesinos a las zonas de ladera, que perdieron su cobertura forestal, dio origen a los procesos de erosión. Ello habría sido la causa de sucesos como el de Choloma, cuyos 2 300 habitantes fueron sepultados cuando se rompió una presa formada por los deslizamientos.

Para reducir el riesgo frente a la amenaza existen dos estrategias posibles:

- Reducir la peligrosidad o probabilidad de ocurrencia de un hecho.
- Reducir la vulnerabilidad frente a los daños, dado que se asume que el suceso peligroso acabará dándose tarde o temprano.

Hasta el momento, y a pesar de los esfuerzos realizados, las variaciones climáticas no han disminuido, por lo que se considera que *hay que actuar sobre la vulnerabilidad*, además de implementar medidas de mitigación, que en el caso del continente americano a veces resulta casi imposible hacerlo.

Dos características claves para asegurar que las sociedades puedan adaptarse y recuperarse de los efectos ocasionados por fenómenos como el descrito, son la resiliencia y la flexibilidad.

Considerar la resiliencia de los sistemas complejos puede entenderse como una aproximación para organizar y manejar los sistemas socio-ecológicos mediante el énfasis en la capacidad de renovación, reorganización y desarrollo, en donde los disturbios (por ejemplo eventos climáticos extremos) son parte de la dinámica del sistema y representan oportunidades para el cambio o la innovación (Holling y Gunderson, 2002, citado en Castillo-Villanueva y Velázquez-Torres, 2015).

Tanto las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo como las medidas de mitigación, son consignas que surgen en el Informe sobre Seguridad Humana (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo —PNUD, 1994). A través de él se pretende proteger a las personas contra situaciones y amenazas críticas o graves que afectan las funciones de las vidas humanas en forma generalizada, al ser a gran escala y recurrentes tales como las que se prevén que sucederán con el cambio climático.

Es necesario llevar a cabo profundas transformaciones a nivel de las prácticas económicas y financieras globales, y del modelo económico neoliberal que ha fomentado una cultura de consumo excesivo que rebasa por mucho los umbrales de lo necesario para el bienestar humano y la sustentabilidad ambiental (Homer-Dixon, 2006, citado en Castillo-Villanueva y Velázquez-Torres, 2015).

La seguridad humana es un elemento del desarrollo humano que cuestiona la economía ortodoxa y elige a las personas como centro del desarrollo, siendo sus consignas la libertad para vivir sin miedo, la libertad para vivir sin miseria o necesidad y la libertad para vivir con dignidad, consignas que además propugna el desarrollo territorial. Vivir sin miedo, sin miseria y con dignidad implica lograr equidad social, seguridad alimentaria, educación, salud y trabajo, condiciones que se ven amenazadas frente al cambio climático.

En consecuencia, los efectos del cambio climático, las adaptaciones acogidas y las medidas mitigantes previstas son diferentes según los territorios y las sociedades, por lo que también son distintas las condiciones de desarrollo territorial.

Conforme a este conjunto de reflexiones sobre la forma de abordaje del cambio climático los pasos a seguir serán:

- identificar modificaciones y/o cambios persistentes en dos de los componentes de la atmósfera, los registros de los datos térmicos y pluviométricos del período en estudio,
- obtener esta información a partir de los datos que posea cada país,

- proceder a normalizarlos y generar una base de datos a nivel de América,
- interpretar las interrelaciones que tienen los cambios en las temperaturas y precipitaciones con los factores que repercuten en ellos,
- relacionar estos datos con otros indicadores relevantes que puedan denotar la magnitud del cambio en los patrones atmosféricos regionales de América, sus singularidades y variaciones temporales y espaciales,
- paralelamente, se tratará de analizar e identificar procesos y mecanismos que ayuden a interpretar las fluctuaciones y alteraciones en el funcionamiento del clima en un intervalo de tiempo y un territorio determinado a través de estudios de casos,
- observar tendencias y escenarios futuros y,
- seleccionar formas de adaptación y medidas de mitigación frente a los efectos que estos fenómenos ocasionan.

La finalidad es encontrar propuestas alternativas de carácter prospectivo y estrategias de *resiliencia* factibles de incorporar en planes de Ordenamiento Territorial para orientar y administrar el desarrollo del territorio. Se estima que estos resultados contribuirán a lograr mayor sostenibilidad económica, social y ambiental para hacer frente a la amenaza y reducir la vulnerabilidad, precepto que propugna el paradigma del desarrollo territorial sostenible desde una perspectiva humana. Un primer paso es el compartimiento de información climática, en este caso a través de un Atlas, al público.

Público

Para enfocarse en un Atlas como medio de difusión, es necesario identificar su público o usuario. Se llegó a la conclusión de dirigir el proyecto a un público amplio, no estrictamente académico o experto, constituido principalmente por estudiantes de secundaria y universitarios, así como por tomadores de decisiones. Se decidió enfocarse en este público para tener un mayor alcance e impacto en este asunto tan importante para el hemisferio. Los desafíos de escoger este público, son que no se puede ir muy al fondo en los temas y que hay que escribir de una manera simple, directa, y comprensible.

Forma

La definición de un atlas generalmente incluye la idea de un libro lleno de mapas y cartas. Esta visión supone dos aspectos significativos:

1. La rápida desactualización por parte de los fenómenos representados en el atlas, al tratarse de publicaciones en un espacio y tiempo determinado; por lo que resulta fácilmente “entender que su vigencia caduque rápidamente”.
2. Si bien un mapa es un producto útil y fácil de entender para el común de las personas, en lo que se refiere a la toma de decisiones, es necesario recurrir a otros insumos. Un mapa, es en el mejor de los casos, la representación gráfica del resultado de análisis complejos en el tiempo y espacio de las variables que determinan en este caso los efectos del calentamiento global y, por ende, del cambio climático. El problema es que una vez imprimido, no se puede alterar el análisis adentro de un atlas, a pesar del tema dinámico de cambio climático.

Pensando en el dinamismo del cambio climático y la rapidez en que nuestro entendimiento del cambio climático está cambiando, el grupo reunido en Bogotá decidió pensar en un Atlas dinámico publicado en el Internet. Es así como, podría ser actualizado según los datos y el avance de la ciencia, a la vez que es accesible por un público disperso y a veces con pocos recursos, estaría en una plataforma web y el proyecto podría tener una duración inicial de unos cuatro años. Dada las características del continente americano y los problemas de accesibilidad a Internet en las zonas más lejanas, se ha pensado recurrir a soportes electrónicos y al uso de otras aplicaciones como medio para llegar a la mayor cantidad de público al que estará dirigido. El Atlas ha de estar constituido no solo por mapas, también por textos, figuras y gráficas. Debe estar disponible para consulta en línea, soportado por el navegador, con contenido descargable y en la medida de lo posible con animaciones, video y demás recursos multimedia, además que pueda consultarse a través de dispositivos móviles. Podrá publicarse en español y quizás en inglés.

Alcance territorial

Al decir de Valenzuela (2006), la determinación de las escalas espaciales más adecuadas para el estudio de un problema geográfico concreto, es compleja. Significa básicamente la selección inicial de una escala por sobre las demás. Esto, a su vez, sugiere la consideración de dos cuestiones: cómo se define una escala y cuál es la “adecuada” para el estudio de la realidad, ya que lo que parece significativo o tiene sentido en una escala no tiene porqué registrarse en otra con la misma intensidad o importancia. Las tradicionales delimitaciones continentales presentan a las tierras emergidas como sujetos de límites tales como:

- Al norte: Océano Glaciar Ártico
- Al sur: confluencia de los océanos Atlántico y Pacífico
- Al este: Océano Atlántico
- Al oeste: Océano Pacífico.

Esta delimitación —derivado natural en términos litosféricos— resulta efectiva para fenómenos humanos con anclajes espacio-territoriales; pero en términos de fenómenos físico bióticos-naturales pueden ser carentes.

Atentos a la singularidad y complejidad referida del fenómeno de estudio, resultó menester investigar acerca de otros posibles criterios de delimitación que pudieran brindar mayor inclusión a los espacios regionales americanos.

Es así como emerge, casi naturalmente, el criterio morfo-estructural americano, basado fundamentalmente en los límites expresados por zonas de convergencias y divergencia de placas tectónicas que configuran la litósfera planetaria. Una placa tectónica es una de las estructuras por la cual está conformado nuestro planeta. En términos geológicos, una placa es una plancha rígida de roca sólida que conforma la superficie de la Tierra (litósfera), flotando sobre la roca ígnea y fundida que conforma el centro del planeta (astenósfera). La litósfera tiene un grosor que varía entre los 15 y los 200km, siendo más gruesa en los continentes que en el fondo marino.

Según este criterio, la delimitación continental americana, estaría dada por la unión de cinco unidades estructurales o placas tectónicas a saber:

1. Placa Norteamericana
2. Placa del Caribe
3. Placa de los Cocos
4. Placa del Nazca
5. Placa Sudamericana

La naturaleza de las unidades estructurales seleccionadas como insertas dentro del continente americano, son tanto continentales como oceánicas, que reúnen las siguientes características: la principal ventaja de la utilización del criterio morfo-estructural americano consiste en la integración de los relieves emergidos y sumergidos, contemplando una visión holística a las causas y efectos que supone el estudio del calentamiento global planetario y por extrapolación, el cambio climático global. Juntas pensamos en estas cinco placas como la escala continental de las Américas. Además de la escala continental general, el taller propuso la escala subcontinental como una unidad de análisis y de organización. Finalmente, el atlas incluiría estudios de caso con potencial carismático y representativo, que probablemente estarían organizadas al nivel subnacional o local. Se buscará, a través de estos últimos, una identificación de los posibles lectores con las problemáticas presentadas, así como cubrir, en el caso de ser necesario, zonas de las Américas con ausencia de datos. Antes que definir temas para una escala continental y para estudios de caso por separado, resulta más pertinente trabajar las distintas escalas en paralelo. Por otro lado, y con el fin de garantizar que los estudios de caso no solo apelen al imaginario del público lector, sino que también

resulten representativos, es necesario soportarse en el trabajo de expertos que hayan hecho investigación en estas regiones; para esto se solicitará a los investigadores invitados (a participar en el Atlas), preparar un breve escrito (máximo 1 500 palabras) a manera de comentario que ilustre la cartografía presentada y las problemáticas identificadas asociadas al cambio climático para los casos de estudio presentados.

Escala de tiempo

El tiempo es el estado de la atmósfera en un sitio particular durante un corto período, mientras que el clima se refiere al patrón atmosférico de un sitio durante un período lo suficientemente largo para producir promedios significativos (Strahler, 1960). En este caso se buscarán series de tiempo superiores a 40 años para el análisis de temperaturas y precipitaciones y de más de 100 años para analizar las variaciones climáticas, mientras que los estudios de caso pueden abarcar períodos de tiempos distintos.

Base de datos

Se consideró adecuado, que el componente continental se enfocara en series estadísticas de los registros térmicos y pluviométricos suministrados por los servicios meteorológicos nacionales y otros provenientes de organismos públicos y privados reconocidos, que contribuyeran al control y ajuste de las series de un período no menor a 40 años, y que pudiese ello vincularse con los datos fundamentales de las Infraestructuras de Datos Espaciales de los diversos países, y particularmente del Mapa Integrado de las Américas del IPGH escala 1:250 000, aún en construcción. Así mismo se acordó que el Atlas fuera un proyecto editorial, que no se agotara en la base de datos sino que pudiera abarcar otros medios de difusión tanto impresos como digitales, abordando el reto de ser permanentemente retroalimentado, y que aportara al debate del cambio climático en las Américas. La base de datos debería además estar adaptada para su consulta a través de dispositivos móviles. Surgen preguntas sobre la elaboración de las bases de datos, relacionadas con su periodicidad, modelización, metodología, homogeneización. ¿Qué procedimientos se utilizarán para el cubrimiento de lagunas en las bases de datos?, como equipo de trabajo es necesario discutir cada una de estas dimensiones para tomar decisiones. ¿Qué variables/temas se han de manejar?, ¿temperaturas máximas y mínimas, vulnerabilidad, resiliencia y riesgo, eventos extremos, etc? En cualquier caso el atlas se ceñirá a los conceptos de adaptación “manejar lo inevitable” y de mitigación “evitar lo inmanejable”, revisando las tendencias (que quizás no se puedan representarse espacialmente).

Entorno tecnológico

El Atlas del Cambio Climático de las Américas será una solución tecnológica basada en la arquitectura cliente-servidor garantizando la interoperabilidad y acorde a las especificaciones del Open Geospatial Consortium (OGC) en cuanto a la publicación de servicios web.

La aplicación geográfica del atlas debe estar programada en lenguaje HTML y javascript usando un cliente web ligero desde el que se accede a los servicios geográficos OGC; WMS (visualización de datos geográficos), WFS (descargas de datos geográficos vectoriales), WCS (descarga de datos ráster) y CSW (catálogo de metadatos). El conjunto de servicios y aplicaciones geográficas usarán software libre desde el servidor frontal, servidores geográficos (de metadatos y datos geográficos) así como servidores de base de datos. Dependiendo del volumen de datos del proyecto, se recomienda balancear tanto el servidor frontal como el servidor web geográfico para asegurar la disponibilidad de los servicios y aplicaciones geográficas.

La solución tecnológica garantiza el acceso a la información geográfica desde cualquier cliente web así como cualquier cliente pesado ya sea comercial (ERS ArcGIS, etc.) u open-source (QGIS, etc.) a través del acceso a la capa de servicios o de los datos geográficos si el organismo responsable así lo estima.

Todas las fuentes de información geográfica de origen vectorial estarán almacenadas en una base de datos PostgreSQL con la extensión PostGIS salvo la información ráster que puede estar almacenada en base de datos o fichero dependiendo del volumen de la información.

Salvo causa justificada, el modelo de datos de almacenamiento sigue las especificaciones cartográficas establecidas por las normas cartográficas legales vigentes, en especial, por ejemplo, las establecidas en los reglamentos de ejecución de datos geográficos establecidas por la Directiva INSPIRE. El perfil de catalogación de la información y servicios geográficos es; NEM: ISO 19115 + Reglamento (CE) N° 1205/2008 de INSPIRE e ISO 19119 respectivamente.

Regiones

La definición de unidades de análisis incluirá el agua subterránea. Se debatió también si estas unidades deberían ser regiones biogeográficas, paisajes, espacios, lugares, zonas homogéneas, placas tectónicas, o zonas definidas por algún tipo de impacto ante el cambio climático, es decir, criterios físico-bióticos, estructurales o geográficos. Así mismo, se debatió sobre la necesidad de incluir áreas urbanas, comunidades, mares, áreas de refugiados climáticos, entre muchas otras posibilidades. Se discutió si estarían incluidos el Ártico, Groenlandia y Antártica. Algunos sugirieron utilizar la división de las Américas, incluyendo el Caribe, utilizada por la

Organización de las Naciones Unidas (ONU), o la delimitación del continente por IPGH o por criterios puramente políticos. Sin embargo, se acordó que en cualquier caso, las regiones no se definirían por límites político-administrativos.

Plan de avance

El proyecto empezará con una primera fase de diagnóstico para determinar la disponibilidad, la calidad, la cantidad, y el acceso a la información y bases de datos necesarias para realizar el proyecto del Atlas del Cambio Climático a escala continental, de acuerdo con la cobertura de estaciones meteorológicas por regiones y países.

Atlas temático

Los distintos temas ligados al cambio climático que los investigadores consideran pertinente desarrollar o presentar a través del atlas como estudios de caso son:

Tabla 1
Temas para los estudios de caso del
Atlas de Cambio Climático de las Américas

<i>Componente</i>	<i>Tema</i>	<i>Subtemas</i>
<i>Físico</i>	1. Aumento del nivel del mar	1.1 Inundaciones 3.1 Ciclones
	2. Glaciares	3.2 Huracanes
	3. Eventos extremos	3.3 Olas de frío 3.4 Incendios
<i>Biótico</i>	4. Biodiversidad	4.1 Extinción de especies
		4.2 Colapso de ecosistemas
		4.3 Modificación de hábitat (coberturas)
<i>Social/Cultural</i>	5. Salud	
	6. Ciudad	
	7. Migraciones	
	8. Sociedades tradicionales	
<i>Económico</i>	9. Productividad agrícola	
	10. Actividad pecuaria	
	11. Seguridad alimentaria	
<i>Institucional/Político</i>		

Conclusión

El desarrollo del Atlas del Cambio Climático de las Américas por medio de las diversas personas que han participado en esta iniciativa históricamente, con el apoyo del IPGH, ha permitido la maduración en su conceptualización. Existen ahora acuerdos internacionales alrededor de aspectos importantes: las escalas de estudio que incluyen lo continental, lo subcontinental y los casos de estudio; la selección de alrededor de 12 temáticas de interés comprendidas dentro de los componentes físico, biótico, sociocultural, económico, e institucional-político; el desarrollo de una base de datos vinculada con las infraestructuras de datos espaciales regionales y nacionales (con un abanico editorial flexible para diversos formatos), y una prospectiva de desarrollo del proyecto (plan de avance) para cuatro años apoyado en una red ampliada de profesionales.

El grupo de investigadores internacionales considera oportuno continuar los esfuerzos para convertir en realidad esta iniciativa. Sin embargo, las posibilidades de desarrollar el Atlas dependen también de lograr su financiación. Es por ello, que como resultado del taller en Bogotá también se detalla al menos una propuesta para solicitar financiación externa, con los énfasis que sean aceptables para el logro de resultados congruentes. Y sin duda, los acuerdos y debates compartidos aquí, fundamentarán lo respectivo.

Bibliografía

- Ban-Ki Moon, “Iniciativas del Secretario General de las Naciones Unidas sobre el cambio climático”, en *Actúa, Cambio Climático, Centro de Información Naciones Unidas*, 2014, disponible en <http://www.cinu.mx/minisitio/cambio_climatico/>.
- Castillo-Villanueva, Lourdes; Velázquez-Torres, David, “Sistemas complejos adaptativos, sistemas socio- ecológicos y resiliencia”, en *Quivera*, vol. 17, núm. 2, julio-diciembre, pp. 11-32 Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México, 2015.
- Clark W. C. Jager J. Corell R. Kasperson R. McCarthy J. J. Cash D. Cohen S. J. Desanker P. Dickson N. M. Epstein P. Guston D. H. Hall J. M. Jaeger C. Janetos A. Leary N. Levy M. A. Luers A. MacCracken M. Melillo J. Moss R. Nigg J. M. Parry M. L. Parson E. A. Ribot J. C. Schrag D. P. Seielstad G. A. Shea E. Vogel C. Wilbanks T. J. 2000. Assessing vulnerability to global environmental risks. Belfer Center for Science and International Affairs (BCSIA) Discussion Paper 2000–12. Cambridge, MA: Environment and Natural Resources Program, John F. Kennedy School of Government, Harvard University.
- Cuadrat, José y Ma. Fernanda Pita, *Climatología*, Ediciones Cátedra, 8a. edición, Madrid, España, 496 pp., 2016.
- Dym, J. and Offen, K. (eds.), *Mapping Latin America: a cartographic reader*, University of Chicago Press, 2011.

- Gómez, José J., “Vulnerabilidad y Medio Ambiente”, en Seminario Internacional Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, 20 y 21 de junio, 2001.
- Holling, C.S. y Gunderson, Lance, “Resilience and Adaptive Cycles” en Gunderson, Lance y C.S. Holling (eds.), *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems* (25- 62), Island Press, EE.UU., 2002.
- Homer-Dixon, Thomas, *The Upside of Down: Catastrophe, Creativity, and the Renewal of Civilization*, Washington, Island Press, 2006.
- Maldonado, Carlos y Gómez Cruz, Nelson A. (2010). *Modelamiento y simulación de sistemas complejos*, Bogotá, Universidad del Rosario.
- Pachauri, R.K., Allen, M.R., Barros, V.R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J.A., Clarke, L., Dahe, Q., Dasgupta, P. and Dubash, N.K., *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151), IPCC, 2014.
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. DOI:10.1017/CBO9781107415324.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). *Informe sobre desarrollo humano 1994*. Oxford University Press, 1994. http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_1994_es_completo_nostats.pdf
- Rodríguez Zoya, Leonardo G. y Leónidas Aguirre, Julio, “Teorías de la Complejidad y Ciencias Sociales. Nuevas Estrategias Epistemológicas y Metodológicas”, en *Nómadas, Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 30 (2011.2), EMUI Euro-Mediterranean University Institute , Universidad Complutense de Madrid, 2011.
- Strahler, A.N., *Physical Geography*. John Wiley & Sons. Inc., New York, 1960.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O. and Ludwig, C., “The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration”, *The Anthropocene Review*, vol. 2, núm. 1, pp. 81-98, 2015.
- Valenzuela, Cristina, “Contribuciones al análisis del concepto de escala como instrumento clave en el contexto multiparadigmático de la Geografía contemporánea”. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, núm. 59, pp. 123-134, 2006.