

¿Hacia dónde se dirige la geomática?

Fernando López-Caloca, María del Carmen Reyes-Guerrero, Rodolfo Sánchez-Sandoval
Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. Jorge L. Tamayo A.C.
(CentroGeo) Mexico City / México

Esta es una pregunta difícil de contestar a largo plazo, pero si analizamos su estado actual, es posible encontrar nichos donde la geomática puede desarrollarse y avanzar como ciencia.

En 1999, cuando el CentroGeo inició sus labores de investigación y gracias a su modelo de gestión científica, pudo establecer *Geomática y Sociedad* (Reyes and Parás, 2010) como una línea de investigación en la cual se establece vínculos con los demandantes sociales (gobiernos, iniciativa privada, organizaciones no gubernamentales, etcétera) a partir de conocer sus necesidades específicas en términos de gestión territorial, servicios ecosistémicos, competitividad, salud, educación, política, seguridad pública, geografía de negocios, entre otros.

Tras la experiencia de quince años en la búsqueda de soluciones a las demandas sociales, observamos que la sociedad es más activa y exigente, y ahora demanda de las ciencias y las disciplinas (sociales y naturales) respuestas amplias y profundas que sean aplicables para sus problemáticas y sustenten su toma de decisiones al abordar la dinámica compleja de su territorio. En este sentido las respuestas operativas y funcionales a los problemas complejos no pueden ser de forma aislada sino que requieren considerar diferentes procesos y propiedades emergentes, producto del comportamiento de todos los agentes sociales que interactúan en el territorio y generan nuevos niveles estructurales y conceptuales de organización.

En síntesis, la sociedad demanda soluciones integrales, como un crucigrama bien diseñado (einsteiniano) de su territorio (Einstein, 1982, 295), no un mero agregado de remedios parciales que no se pueden aplicar coordinadamente. Pide soluciones que conlleven una visión amplia y organizadora, que permitan una mejor perspectiva y una orientación que facilite separar las características fundamentales de las peculiaridades meramente casuales. En este sentido, la sociedad se acerca a las ciencias y disciplinas buscando instrumentos (camino o estrategias útiles) que le permitan saber qué observar y dónde actuar en su toma de decisiones. Con base en lo anterior se puede decir que en los últimos quince años, la sociedad demandante es quien ha encausado la investigación y el desarrollo de la geomática en el CentroGeo.



REGISTRO: 03-2015-121715203600-01
TÍTULO : ¿HACIA DONDE SE DIRIGE LA
GEMATICA?

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
TIPO DE TRAMITE : REGISTRO DE OBRA
PRESENTACION: HOJAS ENGRAPADAS

Se puede pensar que abordar una gama demasiado amplia de temáticas puede ser un signo de debilidad. Sin embargo, la sociedad lo ve más como una fortaleza, ya que esto proporciona caminos o estrategias para abordar sus problemáticas al hacer sinergia con otros campos de aplicación. Tal diversidad también constituye un reto y una oportunidad para los investigadores en geomática pues se encuentran en la frontera de campos que son terrenos vírgenes.

Las problemáticas señaladas por los demandantes sociales, por su propia complejidad deben ser abordadas con un enfoque transdisciplinario y con una perspectiva social y territorial que incorpore equipos de especialistas o expertos. Pareciera entonces ser suficiente convocar un grupo de agentes profesionales y recoger sus aportaciones, lo cual no es así, ya que si bien la reunión es un requisito, es necesario también realizar un proceso integral e integrador del conocimiento territorial concerniente a la problemática planteada. El factor más importante radica en la interacción entre los agentes involucrados (incluido el demandante social y otros interesados o afectados) que se manifiesta en su comportamiento, su disposición por cooperar, confiar, negociar y presentar empatías, entre otros.

Entre los enfoques empleados para resolver problemas hay dos muy usados, la estrategia de arriba hacia abajo y la otra, de abajo hacia arriba. En la primera, intuitivamente tratamos de imaginar los procesos análogos al crucigrama bien diseñado, donde el conjunto de palabras o conceptos que resuelven el crucigrama en toda su extensión es único. Si la resolución no se puede realizar en un solo paso, se buscan heurísticas para establecer particiones simples que puedan resolverse e incorporarse en la solución territorial integral. El enfoque de abajo hacia arriba va en la dirección opuesta, partiendo de elementos simples se construye desde los fundamentos hacia arriba hasta alcanzar el nivel del problema a resolver, encontrando formas de interconexión de estas unidades primarias para llegar a fenómenos a escalas más amplias.

De arriba hacia abajo y la visión global

La visión global, por su misma naturaleza, parece tener mayor poder explicativo al contar con una estructura organizacional y conceptual a gran escala, lo que puede brindar una perspectiva más amplia y una mejor orientación en la construcción de arriba hacia abajo. Con una visión global y con un pensamiento flexible se pueden observar significados ocultos y sutiles que no son visibles desde otras perspectivas, es decir, fisuras en las estructuras organizacionales y conceptuales de los sistemas construidos o en construcción. Por otra parte, en la visión global hay una presión selectiva para encontrar las

configuraciones sinérgicas que influyen en el comportamiento de los componentes de niveles inferiores y permiten minimizar los conflictos.

Entre las ciencias y disciplinas que cubren aspectos territoriales con esta visión, se contaban la planeación territorial, la gestión de recursos naturales y las ciencias regionales.

Recientemente se han incorporado ciencias y disciplinas emergentes, que también abordan aplicaciones territoriales como son: *gobernanza y política urbana y regional; nueva geografía económica; cambio climático y sostenibilidad; política y territorio; megaregiones; mapeo y visualización regional; migración y mercado laboral; nuevos retos en planeación urbana; "big-data" y regiones; gobernanza urbana y regional; innovación y conocimiento; regiones intra-urbanas; "clusters" y espacialización inteligente y justicia espacial, entre otras.*

La variedad de temáticas abordada por cada una de estas ciencias y disciplinas puede ser considerable y a manera de ejemplo vemos que las ciencias regionales incluyen transporte, migración, uso de suelo, desarrollo urbano, análisis del medio ambiente y ecología, política urbana y regional, entre otros.

Los sistemas de arriba hacia abajo tienen importantes ventajas al ser capaces de realizar eficientemente, procedimientos de búsqueda sistemática, manipulación y reordenamiento de los elementos en situaciones complejas y supervisar la gestión de la intrincada interacción de los procesos territoriales. Sin embargo, estos sistemas son inherentemente pobres en la solución de problemas que involucran un gran número de variantes en las interacciones locales.

De abajo hacia arriba

Curiosamente la visión global parece prescindir del rasgo más importante: los procesos locales, que son el sustrato inviolable que hacen posible la existencia del entrelazamiento superior; en este sentido, es evidente que para tener una comprensión real del territorio es necesario un análisis científico y la interpretación de los procesos físicos, puesto que a la vez que fundamentan, también dan consistencia y sustento a los procesos sociales y naturales. Además, los procesos locales pueden ser emergentes, Lewin (1992, 12-13) narra cómo Chris Langton los ve en los sistemas complejos de la siguiente forma:

"A partir de la interacción de los componentes individuales (abajo) emerge algún tipo de propiedad global (arriba), es algo que no pudo predecirse de lo sabido de los componentes... Y la propiedad global que emerge de este comportamiento, se retroalimenta para influir en el comportamiento de los componentes individuales de abajo que lo produjeron".

Es decir, el sistema tiende a auto-organizarse, en el sentido que las interacciones locales eventualmente producirán la coordinación global y la sinergia.

Actualmente, el mundo moderno está lleno de sensores/actuadores electrónicos y de computadoras conectados a la red. La ubicuidad de estos ingenios hace pensar a algunos investigadores que son una extensión de nuestro sistema nervioso. Cuando estos sensores/actuadores se entrelazaron con los sistemas de información geográfica, la cartografía, la percepción remota, la fotogrametría, la geodesia y los sistemas de posicionamiento global, se transformaron en dispositivos geoespaciales que proporcionan datos georeferenciados precisos. La información recabada por los sensores actualmente se usa en aplicaciones específicas, por ejemplo, cuantificar el tránsito peatonal en una acera o medir la temperatura en cada habitación de una casa, etc. Por su parte, los actuadores pueden controlar el termostato de una casa, la iluminación de edificios, el encendido y apagado de los aparatos electrónicos, los semáforos de una avenida, etc. En concreto, los planificadores, diseñadores y ocupantes del edificio, institución, centro comercial, etc., pueden aumentar su valorización y uso de como se está utilizando la infraestructura, al responder cuestiones como ¿Cuándo y dónde se reúne la gente? ¿Cómo interactúan y trabajan las personas? ¿Cómo se organizan? ¿Cómo hacen uso de la infraestructura? ¿Qué efectos tienen los cambios en la infraestructura?, etc. Por otra parte, esto también es aplicable a centros recreativos, escuelas, universidades, regiones conflictivas, tránsito vehicular, monitoreo ambiental para la prevención de riesgos naturales o tecnológicos, y muchas otras aplicaciones, todo en tiempo real. En síntesis, hay mucho que modelar en el mundo conectado en que vivimos.

Los sistemas de abajo hacia arriba también cuentan con disciplinas donde se abordan diferentes líneas de investigación como: *aviación, entorno construido y 3D, inteligencia de negocios, defensa e inteligencia, respuesta a emergencias/gestión de desastres, geociencias y ambiente, gobierno e infraestructura de datos espaciales (SDI), energía y servicios municipales, aplicación de la ley / seguridad pública, internet móvil y servicios basados en la localización (LBS), redes de sensores, universidades e investigación, entre otros.*

Solo a manera de ejemplo, pensemos en los LBS, que han estado presentes desde los años 90. En ellos se ha desarrollado una gran variedad de productos como servicios de información, redes sociales, navegadores, dispositivos móviles o redes móviles, etc. En estos servicios se utilizan dispositivos electrónicos con sensores y actuadores con lo que se abren muchas oportunidades para desarrollar aplicaciones donde la participación de muchos usuarios de estos servicios, permiten el seguimiento de los procesos realizados en el territorio para la planeación regional y urbana o los procesos de gestión o política pública.

Al respecto de los sensores y actuadores y de sus posibles usos, Dublon (2014, 36-39) menciona:

"Dudamos que la transición a la ubicuidad computacional sea incremental. Pensamos que será un cambio de fase revolucionario como la llegada de la red (WWW). Vemos el inicio del cambio con aplicaciones de los teléfonos inteligentes como Google Maps y Twitter y las gigantescas empresas que emergieron alrededor de ellas. Pero la innovación explotará cuando la información de los sensores ubicuos sea libremente accesible para cualquier equipo. La siguiente ola de tecnocompañías de miles de millones de dólares serán agregadores contextuales, que ensamblarán la información de los sensores alrededor de nosotros en una nueva generación de aplicaciones".

Ambas visiones o prismas (de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba) tienen limitaciones. Los sistemas de arriba hacia abajo se ven perjudicados por mecanismos inflexibles para hacer frente al comportamiento de numerosas interacciones territoriales, mientras que los sistemas de abajo hacia arriba son paralizados por arquitecturas inflexibles y limitaciones organizacionales. No hay dudas sobre los notables logros de estas dos visiones, sin embargo, en forma separada ninguna de ellas deja de establecer agregados de soluciones parciales que no se pueden aplicar a los problemas sociales complejos de una manera coordinada.

Marvin Minsky (1991), hablando de inteligencia artificial preguntaba ¿Qué enfoque es mejor para seguir? Y responde:

"Esta pregunta, en sí misma, es simplemente errónea. Cada uno tiene virtudes y deficiencias, y necesitamos sistemas integrados que puedan aprovechar las ventajas de ambos... La solución se encuentra en algún lugar entre estos dos extremos, y nuestro problema será encontrar la manera de construir un puente adecuado. Ya tenemos muchas ideas en ambos extremos".

La complementariedad o integración

La complejidad de los temas importantes de nuestro tiempo exige un aumento de la contribución activa de los equipos de expertos con orígenes científicos diferentes y complementarios (el concepto de complementariedad de Bohr (Heisenberg, 2007, 78-79)). Es necesario un esfuerzo cooperativo de estos equipos en la búsqueda de sinergias, donde probablemente deben dejarse fórmulas estereotipadas y respuestas estandarizadas y entrar en terrenos pantanosos donde no se tiene certeza, pero eso es el reto, el aprender a estar cómodos con la duda y la incertidumbre (Heisenberg, 2007, 16-17), y no conformarse, por lo que en ocasiones hay que ser escéptico, como Mitchell (2009, 253) argumenta: *"el escepticismo no sólo es saludable, sino que también es esencial para el progreso de la ciencia"*, sin embargo, el hecho de ser escéptico no debe evitar que no se reconozcan los aportes que en ocasiones dejan las teorías.

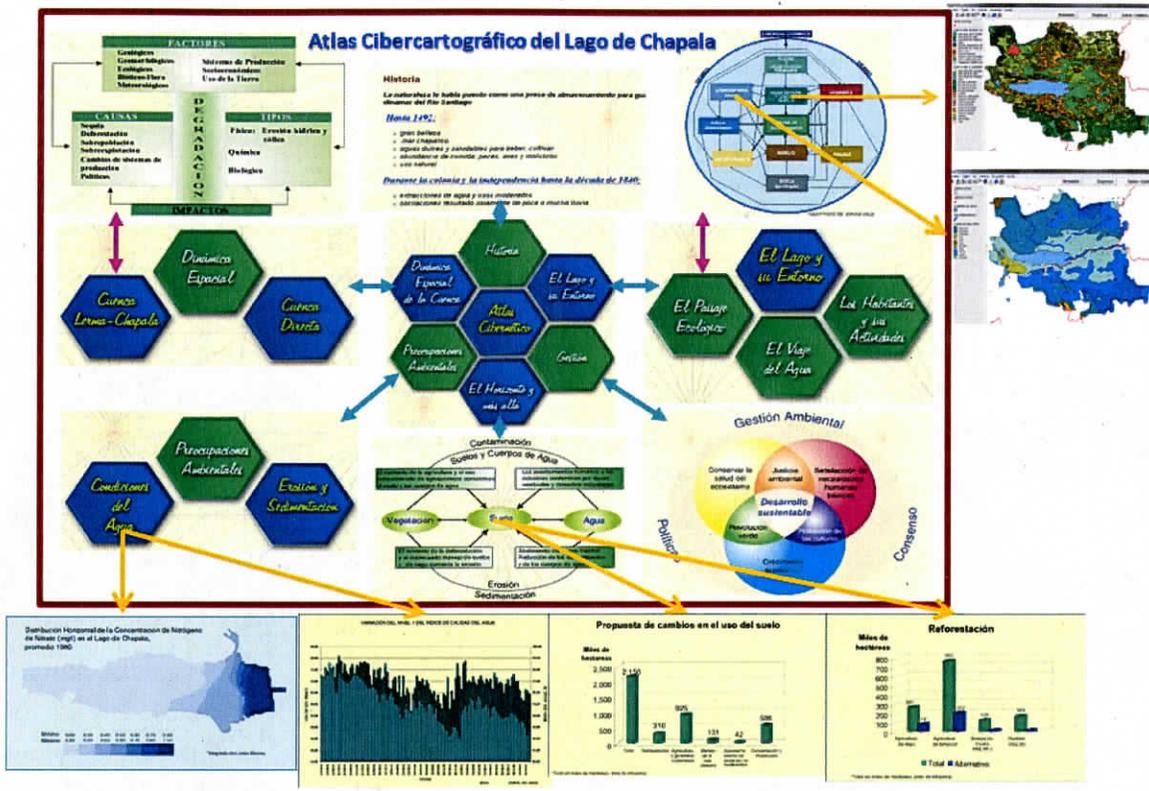
Tratar en forma efectiva, de entrelazar e integrar conocimientos tan diversos con un enfoque transdisciplinario, no es una tarea fácil, implica lograr nuevas disposiciones, comportamientos y formas de pensar. En este sentido, el entrelazamiento de conocimientos, no sólo toma en cuenta a las ciencias clásicas (matemáticas, física, biología, sociología, economía, etc.), sino a todas las nuevas ciencias y disciplinas emergentes, sean geoespaciales o no.

Carmen Reyes propuso, intuitivamente, un método en el que las soluciones están diseñadas a través del *proceso de modelado* (López-Caloca et al, 2014, 20), que permite entrelazar los enfoques de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, a partir de una visión territorial, sistémica, analítica, holística y transdisciplinaria. En el proceso de arriba hacia abajo, se construyen puentes transdisciplinarios entre los diferentes modelos de conocimiento para integrar una base común de conocimientos (Hofstadter, 1999, 99; Simon, 1996, 136; López-Caloca et al, 2014, 20), que conceptualmente sintetiza el conocimiento de la sociedad demandante y el conocimiento transdisciplinario y científico. Es importante remarcar que estos conceptos fundamentales y concisos son resultado de un proceso de selección y autoorganización a través de un ejercicio de una construcción social participativa, negociativa y consensual, productos de la conversación entre los actores sociales y los científicos. Lo que la experiencia nos ha dicho después de varios años, es que la comprensión de esta metodología requiere de la vivencia misma (participar en ella) ya que es un proceso complejo.

Los conceptos fundamentales pueden verse como semillas con fertilización cruzada, como bloques básicos de construcción o metafóricamente como un cigoto (un modelo de gran generalidad con conceptos reconstruidos con razonamientos trasdisciplinarios), a partir de las cuales se desencadena la construcción de una red de historias en donde se describen las complejas relaciones que intervienen en los procesos naturales y sociales que interactúan en territorios con nuevos modelos y nuevos conceptos transdisciplinarios emergentes. Este proceso continúa sucesivamente hasta alcanzar un nivel en el cual los conceptos derivados de las historias de la red se convierten en *modelos cuantitativos*: matemáticos, físicos (químicos), estadísticos y heurísticos; o en meras *metáforas*. Precisamente aquí se establecen los puntos de contacto, donde la red conceptual constituida por los conceptos fundamentales y la red de historias (como un sistema de gestión científica transdisciplinario, con un enfoque territorial establecido por el demandante social, que aprovecha las diferentes virtudes y evade las limitaciones de los modelos cuantitativos en el contexto) hace observaciones sobre las formas y procedimientos de cómo deben abordar las disciplinas, en sus actividades de *modelado de los procesos* territoriales (proceso de abajo hacia arriba). En este modelado, la métrica ayuda en la explicación del dónde y el tiempo en el cuándo, pero esto es más sutil, ya que hay derivaciones y observaciones con implicaciones más amplias y profundo del espacio-tiempo; después de quince años de

experimentación, se ha podido observar que el espacio-tiempo restringe, pero también acopla y organiza, aunque todo queda condicionado al comportamiento de los agentes, si cooperan, tienen empatía, confían, etc. (López-Caloca, 2011, 147) lo que ha permitido establecer consensos que articulan las dos visiones de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. Además, el espacio-tiempo no sólo sirve como un filtro o lente que permite una visión más profunda y clarificadora en el análisis espacial de la organización propagativa de los procesos sociales y naturales que interactúan en el territorio y sus contingencias, sino también, las restricciones que el espacio-tiempo impone, establecen condiciones favorables para la coordinación y la convergencia organizada de los innumerables eventos que se desencadenan en el territorio, así como la emergencia de la organización propagativa y acumulativa de los procesos sociales y naturales que en él se presentan. Esta interpretación entrelaza, por ejemplo, la dinámica espacial (ya que las limitaciones interna, externa y de la frontera también son condiciones de contorno (Kauffman, 2010, 97)), la construcción social y las contingencias en un marco conceptual territorial (López-Caloca, 2011, 90-93).

Esta red semántica descrita anteriormente, en su conjunto, es la llamada Red Emergente de Conocimiento (REC), y debe reflejar la visión holística del paisaje territorial. La siguiente figura muestra lo descrito anteriormente, lo que está dentro del marco corresponde al modelado de arriba hacia abajo y lo que está fuera del marco corresponde al modelado de abajo hacia arriba. Las representaciones analíticas no necesariamente son estáticas, estas pueden ser representaciones dinámicas como por ejemplo, el seguimiento de un huracán, el crecimiento de un río o la simulación de una inundación, etc.



El proceso de entrelazamiento entre los dos enfoque mencionados (de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba) se resume en la siguiente figura.



La experiencia de quince años en la búsqueda de soluciones a los problemas sociales, nos dice que la movilidad de los conocimientos y la dinámica territorial llaman a un cambio permanente de las fronteras conceptuales, así como a la creación de soluciones que monitoreen continuamente el territorio, para identificar cambios y verificar si los conceptos seleccionados y los modelos empleados son vigentes en el nuevo contexto o se requiere introducir nuevos cambios.

Estamos consientes de que puede haber más de una metodología geoespacial de este tipo, pero actualmente en el CentroGeo contamos con el método Reyes, el método Estrabón, el método Muñoz, el método Comunitario y la cartografía participativa, que han servido para abordar el nicho Geomática y Sociedad.

Construyendo Marcos Conceptuales y Teóricos

Son diversas las razones que conducen a la construcción o al desarrollo de una teoría, sea esta formal o informal. En la mayoría de los casos, una teoría se construye para modelar un aspecto de la realidad, una cierta visión de la realidad observada. Holland (1995, 5) afirma que sin una teoría caminamos a ciegas en terrenos inexplorados y pantanosos; en cambio, si disponemos de un marco teórico sólido, podemos separar las características fundamentales de las peculiaridades casuales. En este sentido, si los investigadores profundizan en el

conocimiento y teorizan en geomática, no caminaremos a ciegas ni nos hundiremos en el pantano. Este es el reto asumido por los investigadores del CentroGeo, ya que no basta con hacer aplicaciones útiles a la sociedad; se requiere formalizarlas, esto es, necesitamos teorizar.

En el CentroGeo hemos podido identificar que la geomática tiene un cuerpo de conocimiento propio, es decir, tiene sus propios marcos conceptuales y teóricos que son su núcleo. Desde 2005 el CentroGeo a través de su línea de investigación de *Geomática y Sociedad*, ha profundizado en los quehaceres y el desarrollo de la misma, para lo cual ha erigido marcos teóricos en *Geocibernética* (Reyes et al, 2006) y *Cibercartografía* (Reyes, 2005, 63 - 97), conscientes de que estos no son necesariamente únicos; por ejemplo, aunque no se ha explicitado en el CentroGeo, también es importante mencionar que debe construirse un marco teórico para la *Geo-tecnología de la Información* y la *Comunicación del Conocimiento*, ya que los artefactos que se han desarrollado transmiten conocimiento además de información y datos.

Sin entrar en detalles, simplemente diremos que la geocibernética aborda el proceso complejo de la transdisciplinariedad (en el proceso de modelado) buscando establecer la REC promoviendo y facilitando la gestión científica, para satisfacer las necesidades planteadas por los actores sociales en términos de gestión territorial, servicios ecosistémicos, competitividad, salud, educación, política, seguridad pública, geografía de negocios, riesgos o vulnerabilidad, entre otros. En este sentido, el reto más grande de la geocibernética es lograr que trabajen juntos los especialistas de diferentes ciencias y los actores sociales.

Entre las diversas líneas de investigación de la cibercartografía hay preguntas que han despertado gran interés por la complejidad que conllevan, estas son ¿cómo puede dialogar la ciencia con la sociedad? ¿Cómo los científicos pueden comprender el pensamiento social en su interacción con el territorio? ¿Cómo la sociedad puede comprender el pensamiento científico y su forma de abordar el ámbito territorial? Para responder a las preguntas planteadas, la cibercartografía establece una comunicación con la sociedad a través de diversos recursos cartográficos, lingüísticos, matemáticos, estadísticos e incluso visuales, y donde la evidencia espacio-temporal de las trazas y rastros que dejan los procesos sociales y naturales, así como las ideas o conceptos que ayudan a la comprensión del territorio, son claves en el proceso de la comunicación entre ciencia y sociedad. Por ejemplo, en los atlas cibercartográficos se emplearon mapas virtuales, geo-texto, videos, fotografías, espaciomapas, imágenes de satélite, simulaciones por computadora, gráficos, sonido y diagramas y otros, para comunicar mensajes organizados que transmiten información y conocimiento, pertinente y significativo sobre el territorio, a los demandantes sociales y a los usuarios (Reyes, 2005, 75; Reyes et al, 2006). Es importante remarcar que estas soluciones son sistemas abiertos a la integración del conocimiento social de forma

permanente, por lo que evolucionan en conjunto con los sistemas sociales donde se insertan (Reyes et al, 2006).

En los artefactos desarrollados en el CentroGeo, ambos marcos conceptuales (geocibernética y cibercartografía) están entrelazados por lo que no se distingue su separación. Debajo de estos marcos se encuentra la geo-tecnología de la información y la comunicación del conocimiento que apoya y permite establecer puentes entre la ciencia y la sociedad. Actualmente, la geo-tecnología de la información y comunicación del conocimiento tiene otras tareas como son la de monitor o la de reconocer patrones geoespaciales de los procesos sociales y naturales en tiempo-real.

En una ciencia joven como es la Geomática, estamos en el inicio del desarrollo de marcos teóricos que abordan los quehaceres de la misma. Las experiencias adquiridas en los últimos quince años a través de las aplicaciones y artefactos que se han desarrollado, nos sirven de referencia para definir los bloques básicos de construcción que se requieren para abordar la geocibernética en un mundo caótico, complejo, ambiguo, contradictorio y paradójico como es el territorio. En este sentido, si partimos del conocimiento, el pensamiento matemático es fundamental para guiarnos en esta tarea. La lógica es el organizador de las matemáticas y en general de la ciencia (Byers, 2007, 257); el razonamiento transdisciplinario (Reyes et al, 2014, 36) y lógico es un principio organizador que integra el flujo global de ideas y conocimientos, y a su vez esta integración tiene el potencial de cambiar literalmente nuestra forma de abordar los problemas.

El desarrollo de conceptos y herramientas matemáticas y marcos teóricos es el mayor reto de la Geomática, donde se encuentra todavía en sus primeras etapas, sin embargo, estos objetivos tan ambiciosos dan entusiasmo y motivos, pues hay muchas cosas por descubrir. Al respecto de todo esto Mitchell (2009, 303) lo expresa así:

“Una cosa está clara: seguir estos objetivos requerirá, como la gran ciencia siempre lo hace, un espíritu aventurero intelectual y la voluntad de arriesgarse al fracaso y al reproche por ir más allá de la corriente principal de la ciencia en un territorio mal definido y desconocido”.

Comentarios finales

Actualmente, con la microelectrónica y sus bajos costos, la construcción de abajo hacia arriba toma nuevos matices, los sensores y actuadores masifican el seguimiento geoespacial de procesos en tiempo-real, como tradicionalmente se ha hecho para monitorizar y controlar automáticamente, las tres dimensiones, a través del lidar cobran nuevamente

fuerza y todo tiende a ser representado de esta forma, haciendo necesaria la codificación, para proteger la privacidad de los usuarios. En suma, hay mucha efervescencia en el desarrollo de aplicaciones para una gran variedad de servicios geoespaciales comerciales en tiempo real. Sin embargo, como dice Dublon, falta una gran oleada de aplicaciones diversas alrededor de las computadoras y los sensores/actuadores geoespaciales con una nueva generación de aplicaciones contextuales.

Brian Arthur (2009, 19) mostró que la tecnología es un proceso evolutivo, así que cada innovación tecnológica puede abrir una amplia gama de posibilidades, debido a su potencial para crear nuevas combinaciones con los bloques de construcción tecnológicos ya existentes, de los cuales resultan cambios tremendos y sobrevienen avances. Pero estas innovaciones también provocan la desaparición de bloques tecnológicos pre-existentes. Predecir el éxito o futuro de cualquier nuevo desarrollo en los sectores tecnológicos sigue siendo difícil, tan difícil como fue predecir, por ejemplo, al inicio de los ochenta del siglo pasado, que la internet iba a cambiar el mundo y nuestros hábitos diarios. El proceso emergente no es lineal y hay tecnologías como la pantalla táctil, que apareció a inicios de 1970 y desde entonces fue empleada en la industria; en 1983 cuando, se introdujo en las computadoras no tuvo el efecto esperado y fue necesario esperar hasta el 2007, cuando Apple® masificó y aprovechó su potencial. Hoy en día no sabemos cómo la ubicuidad de las computadoras y los sensores/actuadores geoespaciales pueden cambiar nuestro comportamiento futuro. Puede ocurrir que requieran mucho tiempo dada la complejidad que presenta el manejo de tantos datos e información generados.

El microcosmos geoespacial de los sensores/actuadores del Internet de las cosas (Ashton, 2009) son parte de la geomática y sus aportaciones son valiosas e incluso pueden mejorar nuestro nivel de vida como tradicionalmente lo ha hecho la tecnología, aunque un análisis espacial que se pueda hacer desde ese nivel no sea suficiente para explicar la complejidad de los procesos sociales y naturales que interactúan en el territorio, pues para ello requerimos de la construcción de niveles más altos de organización, sustentados siempre en los niveles más bajos posibilitando así la construcción de estructuras organizacionales y conceptuales abstractas con mayor poder de significación, algo que es natural para la visión de arriba hacia abajo.

Las dos visiones o prismas diferentes de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, han estado separadas, pero debido a la demanda social, tienden a converger para abordar los problemas sociales y naturales de forma integral y transdisciplinaria, es decir, no basta con hacer equipos de trabajo con diferentes disciplinas, sino que requerimos trabajar juntos y entrelazar nuestros conocimientos, estableciendo ideas y conocimientos profundos para abordar adecuadamente la complejidad del territorio. En este sentido, podemos decir que la experiencia recogida en la geomática del CentroGeo a través de estos quince años, tiene mucho que aportar y muchos caminos por explorar en cada una de los enfoques planteados.

Hacia el futuro próximo, se identifican en la GeoWeb nuevas tecnologías para la construcción de una cibercartografía donde se facilite monitoreo y seguimiento, en tiempo real, de los procesos sociales y naturales que interactúan en el territorio. Por ejemplo, ahora debemos hacer que los drones espíen desastres naturales y fenómenos sociales para darnos información en tiempo real para la planeación y toma de decisiones. Actores y redes sociales construyen una cibercartografía participativa donde se narran historias del territorio con un lenguaje cibercartográfico (textos, imágenes, audios, videos, cartografía en tres dimensiones, etc.) en tiempo real; el pensamiento geoespacial ya es social y el dónde y el cuándo asumen nuevos significados en los quehaceres diarios y en la planeación de sus actividades, debido a que los actores y las redes sociales, conscientes de que la planeación es un bien público que puede tener efectos tanto positivos como negativos en ellos, cada vez están mejor informados, más organizados y muy activos en el uso de las nuevas tecnologías geoespaciales, por lo que las propuestas de planeación tienden a llevarse a cabo tras un debate y una toma de decisiones democrática e informada, empleando estos medios. Ahora se requiere recoger la mayor cantidad de datos e información relevantes, de tantas fuentes como sea posible, analizarlos en tiempo real y tomar decisiones razonables con base en las circunstancias actuales, y no sobre alguna presunción idealizada.

La tecnología sigue siendo un pilar en el desarrollo de la geomática, pero también la ha apoyado como un medio para establecer puentes entre sus propuestas científicas y la sociedad. Sin embargo, la tecnología no puede resolver las cuestiones profundas de la geomática. Estas cuestiones sólo se podrán resolver a través de marcos teóricos y conceptuales desarrollados por los investigadores. Debido a la reciente emergencia de la geomática, podríamos decir que estamos en la era de Tales de Mileto y falta un largo camino por recorrer para llegar a Euclides.

Hay un sinnúmero de maravillas por descubrir en estos ámbitos nuevos y emocionantes de la investigación científica y tecnológica. La emergencia de nuevas tecnologías, ciencias y disciplinas y sus respectivas teorías, son provocativas y novedosas. Sus potenciales son ilimitados, lo que los hace atractivos e incentivan a la geomática a buscar la cristalización de todos estos conocimientos en instrumentos de gestión científica que permitan a los tomadores de decisiones abordar los complejos problemas territoriales, con el fin de atender las demandas específicas de la sociedad.

Referencias

- Ashton, K., 2009, That 'Internet of Things' Thing: In the real world, things matter more than ideas, RFID Journal, june, <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>.
- Arthur, W., 2009, The Nature of Technology: What it is and How it Evolves. Free Press.
- Byers, W., 2007. How Mathematicians Think. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Dublon G. and Paradiso J., 2014, EXTRA SENSORY PERCEPTION: How a world filled with sensors will change the way we see, hear, think and live. Scientific American, Julio.
- Einstein, A., 1982. Ideas and Opinions. Three Rivers Press, New York, NY.
- Heisenberg, W., 2007, Physics and Philosophy. Harper Perennial Modern Classics.
- Hofstadter, D., 1999. Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid. Basic Books. Inc, New York.
- Holland, J., 1995, Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity. Basic Books. Inc.
- Kauffman S. 2010. Reinventing the Sacred: A New View of Science, Reason, and Religion. Basic Books. Inc, New York.
- Lewin, R., 1992, Complexity: Life at the Edge of Chaos. The University of Chicago Press.
- López-Caloca, F., 2011. Un Aporte Teórico: El Prototipo Geomático. Tesis de Doctorado en Geomática, Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. J.L. Tamayo, México City.
- López-Caloca, F., Sánchez Sandoval, R., Reyes M.C. y López Caloca, A., 2014. From Cybercartography to the Paradigm of Geocybernetics: A Formal Perspective in: Developments in the Theory and Practice of Cybercartography. Chapter 2, pp. 17-32. Taylor, D.R.F. & Lauriault, T. , Eds. Elsevier, Amsterdam.

- Mitchell, M., 2009, *Complexity: A Guided Tour*. Oxford University Press, New York.
- Minsky, M., 1991, Logical versus analogical or symbolic versus connectionist or neat versus scruffy. *AI Magazine*, Summer.
- Reyes, M.C., 2005, Chapter 4 - Cybercartography from a Modelling Perspective in: Taylor D. R. F. 2005. *Cybercartography: Theory and Practice*. pp. 63-97.
- Reyes, M.C., Taylor, D.R.F., Martínez, E., López Caloca, F., 2006. Geo-cybernetics: a new avenue of research in geomatics? *Cartographica Special Issue on Cybercartography* 41/1, 7–20.
- Reyes, M.C. and Parás, M., 2010, *Geocybernetics and Science 2.0*. The 3rd International Multi-Conference on Engineering and Technological Innovation: IMETI 2010, Orlando, Florida, USA.
- Reyes, M.C. and Parás, M., 2010, A Scientific Management Model for Geographic Information Sciences. ??????
- Reyes, M.C., López Caloca, A., López Caloca, F., y Sánchez Sandoval, R., 2014. *Geocybernetics as a Tool for the Development of Transdisciplinary Frameworks in: Developments in the Theory and Practice of Cybercartography*. Chapter 3, pp. 33-42. Taylor, D.R.F. & Lauriault, T., Eds. Elsevier, Amsterdam.
- Simon, H., 1996, *The Sciences of the Artificial*, MIT Press. Third edition.