

Papel de los estándares en la ciencia; de los fundamentos a la gestión de la información geoespacial

Carmen Reyes, Margarita Parás y Rodolfo Sánchez S.

Esta revisión se inspiró en una pregunta de David Shell, fundador de OGC, alrededor de la percepción de que los científicos y profesionales le han dado poca importancia a los estándares. El significado de estándar y estandarización dependen del contexto cognitivo. La estandarización articula e implementa conocimientos, y estándar es una unidad de medida, un conjunto de prácticas o simplemente una manera de *ver el mundo*. Una noción más amplia de estos términos, en el marco de varias disciplinas, nos lleva a puntualizar algunos elementos científicos que consideramos relevantes y plasmar algunas consideraciones en torno a la información geoespacial. En el artículo exploramos y profundizamos algunos ejemplos de estandarización científica, después planteamos aspectos torales, a nivel conceptual, alrededor de la estandarización y los estándares en la gestión de datos geoespaciales y concluimos con algunos comentarios.

Palabras clave: estándar, información geoespacial, metadatos, Geomática.

This review was inspired by a question posed by David Shell, founder of OGC, regarding the perception on scientists and professionals paying too little importance to standards. Standard and standardization meanings depend on the cognitive context. Standardization articulates and sets in motion knowledges, while standard is a measurement unit, a discipline set or a "view of the world". A broader notion of these terms, in the framework of various disciplines leads us to pinpoint a few relevant scientific elements from our standpoint and to some considerations about geospatial information. In this article we explore to some depth in a few examples of scientific standardization, then we present some crucial issues, at the conceptual level, about standardization and standards in geospatial data management and conclude with a few comments.

Keywords: standard, geospatial information, metadata, geomatics.



direccion@inaoep.mx

Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano

1. Introducción

Este artículo de revisión acerca del papel que juegan los estándares en la ciencia, y en particular en la gestión de datos geoespaciales, se inspira en una pregunta planteada por David Shell en un seminario efectuado en el 2012, quien es el fundador, en 1994, del Consorcio Geoespacial Abierto u Open Geospatial Consortium (OGC), organización no lucrativa, internacional, voluntaria y que con un espíritu consensual desarrolla estándares para servicios y contenidos geográficos, sensores *Web*

y servicios de geolocalización. Esta inquietud se planteó en el seminario alrededor de la percepción de que, en general, los científicos y profesionales le han dado poca importancia a los estándares.

En un interesante artículo,¹ Andrew L. Russell hace una revisión histórica del tema. Identifica el carácter multidisciplinario de los estándares y analiza la literatura histórica del tema a la luz de

¹ Russell, Andrew L. "Standardization in History: A Review Essay with an Eye to the Future"; en: Bolin, Sherrie (ed.). *The Standards Edge: Future Generations*. Ann Arbor, MI, Sheridan Press, 2005.

la política; los negocios y la economía; la ciencia y la tecnología; la cultura; y las ideas.

El significado de las palabras estándar y estandarización depende, en gran medida, del contexto cognitivo donde se expresen. Russell mismo plantea la estandarización como el proceso de articular e implementar conocimiento técnico y menciona que el término *estándar* es utilizado como una unidad de medida, un conjunto de prácticas usuales o simplemente como una manera de *ver el mundo*. Propone una visión más amplia en la noción de estos términos en el marco de una concepción donde varias disciplinas están involucradas y puedan estar entrelazadas. La amplitud del tema nos lleva a puntualizar los elementos científicos que consideramos más relevantes y plasmar algunas reflexiones en torno a la información geoespacial.

En la primera parte del artículo exploramos y profundizamos en algunos ejemplos de estandarización científica en el ámbito de la Física, la Meta-matemática y la Geomática; enseguida, planteamos algunos aspectos torales a nivel conceptual en el tema de la estandarización y los estándares en la gestión de datos geoespaciales y concluimos con algunos comentarios.

2. Ciencia (notas)

“We do science when we reconstruct in the language of logic what we have seen and experienced; we do art when we communicate through forms whose connections are not accessible to the conscious mind yet we intuitively recognize them as something meaningful.”

Albert Einstein²

² Calaprice, A. (ed.). "Art and Science", en: *The Ultimate Quotable Einstein*. Princeton, NJ, Princeton University Press, 2011, 08540, p. 415.

¿Qué es la ciencia?

Max Plank³ dice: “Bajemos hasta los hechos en la roca fundamental. El inicio de todo acto de conocimiento, y por tanto punto inicial de toda ciencia, debe estar en nuestras experiencias personales. Estoy usando la voz experiencia en su connotación técnica filosófica, esto es, nuestra percepción sensorial directa de las cosas externas. Esas [experiencias] son los datos inmediatos del acto de conocer. Forman el primer y más fuerte gancho del que aseguramos la cadena de pensamientos de la ciencia; porque el material que proporciona, es como si fueran las piedras con la que se edifica la ciencia que se reciben directamente de nuestra percepción de las cosas externas o indirectamente mediante la información de otros, digamos, de anteriores investigadores y maestros y publicaciones. No hay otras fuentes de conocimiento científico”.

En un sentido amplio y simple, ciencia es aquello que llevamos en nuestra mente (concebida como idealización de nuestro cerebro material o manifestación de nuestro espíritu, según el punto de vista o filosofía asumida). Albert Einstein dice: “...hacemos ciencia cuando reconstruimos en el lenguaje de la lógica lo que hemos visto y experimentado...”;⁴ y con ver y experimentar se refiere a la experiencia de la totalidad de nuestros recursos sensoriales para percibir e interactuar con el universo en el que estamos inmersos y del cual somos parte. Estos recursos sensoriales incluyen los sentidos: vista, tacto, olfato, oído y equilibrio, gusto, propiocepción (responsable de ubicar dónde está una parte del organismo en relación con el resto del cuerpo) y enterocepción (el que proporciona alguna información sobre el funcionamiento del organismo), así como aquellos instrumentos que nos hemos dado para incrementar las capacidades naturales e incluso para adquirir sentidos que naturalmente nos son ajenos. Entre los primeros y más conocidos tenemos los microscopios y telescopios, los cuales extienden nuestra visión; un receptor de radio nos permite *ver*, dicho

³ Plank, Max. "Is the external world real?", en: *Where is Science Going*. Woodbridge, Conn., Ox Bow Press, 1981, 06525, p. 67

⁴ Calaprice, A. *Op. cit.*

en un sentido amplio, ondas electromagnéticas en frecuencias alejadas del rango propio de nuestra visión, y cuando se menciona un receptor de radio debe entenderse como lo mismo un aparato para escuchar música en FM, la voz familiar en el teléfono celular o el equipo adosado a una gran antena parabólica empleado por los astrónomos para escudriñar las profundidades del Universo.

¿Cómo se hace la ciencia?

CUDOS⁵ es un acrónimo usado para denotar los principios que deben guiar la buena investigación científica. Los valores fundamentales de la ciencia deben ser gobernados por el comunalismo, el universalismo, el desinterés, la originalidad y el escepticismo.

El CUDOS se basa en las normas introducidas en 1942 por Robert Merton, quien describió "cuatro conjuntos de imperativos institucionales abarcando los valores fundamentales de la ciencia moderna: universalismo, comunismo, desinterés y escepticismo organizado". La originalidad no era parte de la lista de Merton.

Las definiciones esbozadas abajo son las más empleadas actualmente:

- Comunalismo: conlleva a que los resultados científicos son propiedad de toda la comunidad científica.
- Universalismo: significa que todos los científicos pueden contribuir a la ciencia sin importar su raza, nacionalidad, cultura o género.
- Desinterés: de acuerdo con el cual actúan supuestamente para el beneficio de la empresa científica común y no por ganancia personal.
- Originalidad: requiere que los asertos científicos contribuyan con algo nuevo: llámese solución de un problema, enfoque, datos, teoría o explicación.

⁵ "Mertonian norms", en: http://en.wikipedia.org/wiki/Mertonian_norms. En griego antiguo *kudos* significa loa o reconocimiento.

- Escepticismo: (escepticismo organizado) significa que las afirmaciones científicas deben ser expuestas al escrutinio crítico antes de ser aceptadas.

Estas normas o estándares implican, necesariamente, que los hallazgos científicos han de publicarse y acreditarse, cuando menos, al interior de la comunidad científica.

Se desprende de forma trivial que el lenguaje cotidiano constituye un elemento de la ciencia. Pitágoras transmitía sus conocimientos de manera oral, como los antiguos habían transmitido los cantos homéricos y como se siguió haciendo en muchos ámbitos, piénsese en juglares y, más próximo culturalmente, en los corridos. Los científicos continúan comunicándose en lengua vernácula, pero cuando realmente entran en materia recurren a definiciones muy precisas y usos muy singulares de las palabras cotidianas. Arrastramos en occidente el uso del latín y el griego, que constituyen recursos elementales para construir lenguajes especializados y, por supuesto, la Matemática misma constituye un lenguaje para los iniciados.

3. Los estándares en la ciencia, una muestra: distancia

Quienes asistimos a la escuela primaria antes de 1960 recordamos la definición del metro, piedra angular del sistema métrico decimal, como: "la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre", definición que debíamos recitar una y otra vez hasta grabarla en la piedra que llevábamos por cabeza. Esta definición, equivalente a los 10 mil kilómetros del ecuador al polo, abrió el camino a algunos de nosotros para concluir que las 20 mil leguas de Verne significan poco más que dos viajes de circunnavegación y que la napoleónica expedición geográfica al Perú tenía el propósito de determinar, objetiva y exactamente, la mencionada distancia. Al iniciar la secundaria, la receta cambió, un metro era igual a: "la distancia entre dos ranuras grabadas

en el metro patrón de platino iridiado que se encuentra en la oficina de pesos y medidas de Sèvres, Francia". Pocos años después, en el bachillerato, nos vimos obligados a recitar la nueva fórmula mágica: "El metro tiene la longitud de un millón seiscientos cincuenta mil setecientos sesenta y tres punto setenta y tres veces la longitud de onda de la radiación naranja del kriptón ochenta y seis". Desde 1984 y hasta el día de hoy, la definición adoptada es: "El metro es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299,792,458$ de segundo".⁶

4. Otro ejemplo: tiempo

¿Y el tiempo? Ese fluir de un minuto al siguiente, de un mes al otro, de una primavera a un verano, de un cumpleaños a otro. Ese viaje del pasado al futuro, ese presente entre ambos. Ese tiempo que fluye lentamente en nuestra infancia, nos alcanza en la juventud y qué rápido se nos escapa de las manos en la vejez. La sensación del fluir lento o rápido del tiempo es, sin duda, inversamente proporcional a nuestro metabolismo, pero eso es sólo la percepción. Aprendimos, como Galileo, a tomarnos el pulso y contar; probamos, también, a observar las sombras, escuchar las campanas distantes del templo, el silbato de la fábrica y el diario pasar del ferrocarril. El tiempo circular, repetitivo, contrasta con ese otro, el tiempo lineal; con uno y otro vivimos nuestras experiencias, las íntimas y profundas, así como las que fundamentan nuestra ciencia.

"El tiempo verdadero nunca será revelado por meros relojes —de esto Newton estaba seguro. Hasta el trabajo más fino de un maestro relojero sólo puede ofrecer pálidos reflejos del tiempo superior, el tiempo absoluto perteneciente no a nuestro humano mundo sino al *sensorium* de Dios. Las mareas, los planetas, las lunas —todo lo que se mueve o cambia en el Universo— lo hacen, creía

Newton, contra el fondo universal de un río de tiempo, único que fluye constantemente.

En el mundo electrotécnico de Einstein no hay lugar para tal 'tic-tac universalmente audible' que podamos llamar tiempo, ninguna manera de definir el tiempo significativamente excepto en referencia a un sistema de relojes ligados. El tiempo fluye a diferentes ritmos para un sistema de relojes en movimiento respecto a otro: dos eventos simultáneos para el observador de un reloj en reposo no son simultáneos para otro en movimiento. Los 'tiempos' reemplazan al 'tiempo'.⁷

Por mucho tiempo definimos el segundo, como unidad de tiempo, como: "una ochenta y seis mil cuatrocientosava parte del día solar promedio", esto es, un sesentavo de minuto por un sesentavo de hora por un veinticuatroavo de día; pero las variaciones en la rotación del planeta y el hecho de contar con relojes atómicos desde la década de los 50 del siglo pasado condujeron a la definición actual: "El segundo, SI, es la duración de $9\,192\,631\,770$ periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado base del átomo de cesio 133" (esta definición corresponde al átomo de cesio en reposo a una temperatura de 0°K).⁸

5. Tiempo y longitud geográfica

Desde la antigüedad, herencia asiria y babilónica, hemos dividido el día en 24 horas, 12 diurnas y otras tantas nocturnas que se medían con clepsidras, relojes de sol y gnomones, introducidos a Grecia en el siglo VI antes de nuestra era. No ha mucho tiempo que esas mismas horas, ya con los relojes mecánicos, se dividieron en 60 horas *minutia*, nuestros minutos, que no tardaron mucho en dividirse en 60 *secunda minutia*, segundos.⁹

⁷ Smith, D. E. *History of Mathematics*. New York, Dover Publications, 1951.

⁸ The international system of units (SI), 8th ed. 2006. Bureau International des Poids et Mesures, en: http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf

⁹ Galison, P. *Einstein Clocks, Poincaré's maps*. New York, NY, W. W. Norton & Company, Inc., 2003.

⁶ The international system of units (SI), 8th ed. 2006. Bureau International des Poids et Mesures, en: http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf

Pitágoras, tres siglos antes de que Eratóstenes la midiera, ya sabía que la Tierra es redonda; es el movimiento de rotación del planeta el que determina la hora y proporciona un método para medir la longitud geográfica, igual a la diferencia horaria entre el lugar con el meridiano de referencia:

“La imposibilidad de medir la distancia este-oeste condujo a numerosos naufragios con sustanciales pérdidas de vidas. Las naciones navegantes, empezando con España, ofrecieron grandes recompensas por la invención de métodos satisfactorios de medir la longitud (...) hasta que John Harrison de Inglaterra respondió a la sustancial recompensa ofrecida en 1714 que el problema fue resuelto. Por cinco décadas Harrison diseñó versiones cada vez más confiables de un cronómetro marino, que fueron probados en el mar y gradualmente aceptados por el Comité de Longitud tras dolorosos pasos de 1765 a 1773. La recompensa final requirió la intervención del rey y del parlamento.”¹⁰

Otro problema relativo al tiempo persistía aún a principios del siglo XX en pueblos y villorrios aislados en los que el alcalde o el cura del pueblo, dueños del reloj instalado en el palacio municipal o la parroquia, lo ponían a tiempo, a las 12:00 del mediodía, cuando el Sol llegaba a lo alto. La sincronización de los relojes y los husos horarios son, en su origen, producto de los ferrocarriles y los telégrafos. En 1883, los canadienses y norteamericanos decidieron sincronizar todos sus relojes por zonas.

La *Ley de Husos Horarios*, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 29 de diciembre de 2001, establece la hora oficial en un punto determinado del territorio nacional en función de la posición geográfica. Asimismo, define las zonas horarias y la forma en que se relaciona la hora en cada zona con la hora del meridiano cero, la cual está determinada por la escala de tiempo denominada tiempo universal coordinado

(UTC, por sus siglas en inglés). Es oportuno indicar que el UTC es generado por el Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), que es una escala de tiempo para propósitos científicos y que es virtual (no existe una señal física asociada a ésta). En México, la realización física del UTC está a cargo del Centro Nacional de Metrología, la cual se denomina UTC (CNM).¹¹

El tiempo atómico internacional (TAI) es una escala que utiliza el segundo internacional (SI), definido párrafos arriba, mediante un gran número de relojes atómicos en muchos países.

El tiempo universal (TI) se cuenta a partir de cero horas a la medianoche, con una duración de un día solar medio, definido tan uniforme como sea posible a pesar de las variaciones en la rotación de la Tierra:

- UT0 es el tiempo de rotación del punto particular de observación. Se observa como el movimiento diario de las estrellas o de fuentes de radio extraterrestres.
- UT1 se calcula corrigiendo el UT0 por el efecto del movimiento polar sobre la longitud del punto de observación. No es uniforme por las irregularidades en la rotación de la Tierra.

El UTC, el tiempo universal coordinado difiere del TAI en un número entero de segundos. Éste es el tiempo que muchos países han adoptado como tiempo civil y se ajusta cuando es necesario. El último ajuste se hizo el 1 de julio de 2012, de tal manera que $TAI - UTC = -35$ s y el boletín C-44 del Service de la Rotation Terrestre del Observatorio de París del 7 de agosto informa que no se introducirá modificación en diciembre próximo.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) tiene como época el 6 de enero de 1980 y está sincronizado con el UTC. Empero, el tiempo GPS no se ajusta por los segundos bisiestos por lo que hasta el 30 de junio de 2012 estaba adelante del UTC en 15 s y después de esa fecha, el tiempo GPS está adelante del UTC en 16 s.¹²

¹⁰ Snyder, J. P. *Map Projections-A Working Manual*. U.S. Geological Survey Professional Paper 1395. Washington, U.S. Government Printing Office, 1987. p. 9.

¹¹ Centro Nacional de Metrología, en: http://www.cenam.mx/hora_oficial/

¹² Nelson, R. A. *et al.* “The leap second: its history and possible future”, en: *Metrología*, 2001, 38, 509-529, consultado en: <http://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/time/metrologia-leapsecond.pdf>

El Observatorio Naval de Estados Unidos de América (USNO, por sus siglas en inglés) es el responsable del reloj maestro, compuesto por 44 relojes atómicos, 13 *masers* de hidrógeno y 31 *masers* de cesio, en distintas localidades, que hacen una comparación entre todos ellos cada 100 s, lo cual permite afirmar que su rango de variación es menor a 100 picosegundos de un día para otro. Éste es el patrón empleado para sincronizar los relojes del GPS y proporcionar la información para navegación en el mensaje que se proporciona a los usuarios asociado al tiempo.¹³

Un dato curioso relativo al GPS es que los relojes en los satélites del Sistema cuentan con un mecanismo para compensar los 38 microsegundos de diferencia diaria respecto a la Tierra por efectos de la relatividad de Einstein; 7 microsegundos de atraso por la relatividad especial y 45 de adelanto por la relatividad general. El servicio de posicionamiento estándar tiene una precisión de 9 m (95%) horizontalmente y 15 m (95%) verticalmente y transfiere el UTC con un margen de 40 nanosegundos (95%).¹⁴

6. Metamatemática

"All great achievements of science must start from intuitive knowledge, namely, in axioms, from which deductions are then made... Intuition is the necessary condition for the discovery of such axioms."

A. Einstein, 1920¹⁵

Éste es uno de los temas que poco se conocen, incluso para muchos de los científicos que no han profundizado en aspectos de lógica matemática.

Uno de los libros más relevantes en esto es el escrito por Stephen Cole Kleene (1952),¹⁶ profesor de la Universidad de Wisconsin.

Como lo plantea Kleene, en la época que marca el final del siglo XIX y el principio del XX, en la investigación de los fundamentos de la Matemática acontecieron varios eventos que propiciaron una *crisis* en la comunidad científica.

Douglas Hofstadter, en su libro *Gödel, Escher, Bach...*,¹⁷ ganador del Premio Pulitzer, pone también sobre la mesa este tema en un nivel más accesible. El detonador de estos procesos de investigación en el siglo pasado fue, de manera fundamental, la demostración de dos teoremas de *incompletitud* en Metamatemática por Kurt Gödel.¹⁸

Evidentemente no es nuestra intención en este artículo entrar a profundidad ni con amplitud a estos temas, apasionantes, que requieren en sí mismos de tratados o libros completos, pero entonces, ¿cuál es la relevancia de la Metamatemática para el tema de la estandarización y los estándares en la ciencia?

Como decimos coloquialmente, para hacer el cuento corto, pongamos atención a momentos históricos que representan hitos en el desarrollo de la Matemática y, por consiguiente, de la ciencia; es Euclides a quien se le reconoce haber establecido el sistema axiomático y, por ende, el inicio de la formalización de la Matemática. Su importancia subyace en que, una vez que aceptamos un conjunto de proposiciones como verdaderas (axiomas de Euclides), entonces podemos deducir el conocimiento geométrico euclidiano. Dicho de otra manera, las reglas del juego son explícitas y esto nos permite dar un grado de certeza al conocimiento soportado por la Matemática.

Bajo esta luz, a principios del siglo XX (1919-1913) dos grandes figuras científicas de la época,

¹³ The United States Naval Observatory (USNO), en: <http://www.usno.navy.mil/USNO>

¹⁴ Sánchez Sandoval, R. F. J. *Reflexiones sobre un modelo geoespacial para la navegación terrestre*. El caso de México. Tesis de maestría. México, Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. Jorge L. Tamayo, AC, 2006.

¹⁵ *Op. cit.* Calaprice, A. (ed.). "Intuition", en: *The Ultimate Quotable Einstein*. Princeton, NJ, Princeton University Press, 2011, 08540 p. 435

¹⁶ Kleene, S. C. *Introduction to Metamathematics*. Amsterdam, North Holland Publishing Company, 1971.

¹⁷ Hofstadter, D. R. *Gödel, Escher, Bach: an eternal golden braid*. New York, Vintage Books Edition, Random House Inc., 1980.

¹⁸ Nagel, E. & Newman, J. R. *Gödel's Proof*. New York, NY, New York University Press, 2001.

Bertrand Russell y Alfred Whitehead, exploraron la posibilidad de que toda la Matemática pudiese ser formalizada a través de un sistema axiomático y de un conjunto de reglas (lógica). En los tres volúmenes de su *Principia Mathematica* plantearon esa propuesta, muy acorde con la época, cuando los matemáticos impulsaron de manera importante la formalización.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, Gödel intuyó que se podría encontrar un contraejemplo de lo que había sido establecido por la *soberbia* matemática de Russell y Whitehead.

Con el planteamiento de Gödel se abrieron —y continúan abriéndose— ámbitos de pensamiento que han dado una gran riqueza a la ciencia; nos dice que la Aritmética, un elemento primario en Matemática, no puede formalizarse sin encontrarse con paradojas (contradicciones).

La lección de este proceso es que una mirada *de lejos* a una ciencia como la Matemática a través de un *prisma* que lo ve desde otra perspectiva, la Metamatemática, resultó en algo muy enriquecedor tanto por el trabajo de Russell y Whitehead como por el de Gödel y muchos otros matemáticos.

En términos de estandarización y de estándares, estos procesos científicos nos brindan dos lecciones muy importantes. Por un lado, es el gran esfuerzo de la formalización de la Matemática a lo largo de los siglos (desde Euclides), nos muestra la trascendencia que tiene en las ciencias el tema de la estandarización; de hecho, los procesos para establecer sistemas formales en Matemática son, desde una concepción amplia, esfuerzos de estandarización de la producción científica. En segundo término, se trata de esa mirada de lejos que, por analogía, nos llevó en la década de los 80 en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a plantear lo que ahora es un elemento esencial para la gestión de datos geoespaciales.

En 1983, el ingeniero Francisco Hansen hizo de mi conocimiento (Carmen Reyes) un proyecto donde la actividad estaba centrada en contar con un

inventario de la producción cartográfica en las entidades del gobierno federal; para ello, realizó una especie de censo para captar las principales características de los servicios y productos cartográficos. Ambos trabajábamos en la Dirección General de Geografía del INEGI. Con una formación en Metamatemática y con la intuición de la necesidad de tomar distancia de los aspectos muy específicos, planteé la necesidad de incorporar lo que en ese momento definí como *metainformación* (Reyes, 1985).¹⁹ Como es usual en ciencia, surgieron en la misma época iniciativas similares, aunque prevaleció el término *metadatos* más que el de *metainformación*, sin embargo, el principio es exactamente el mismo. He aquí que México fue pionero en este tema fundamental para los estándares de la información geoespacial.

7. Estándares en la información geoespacial

Al abordar el tema de la estandarización y los estándares en la gestión de datos geoespaciales, es inevitable mencionar el concepto de infraestructura de datos geoespaciales. Para nuestros propósitos, adoptamos la definición propuesta por el Federal Geographic Data Committee (FGDC) de Estados Unidos de América:

“La Infraestructura Nacional de Datos Espaciales (IDE) se concibe como un paraguas de políticas, estándares y procedimientos bajo los que las organizaciones y tecnologías interactúan para favorecer una mayor eficiencia en el uso, la administración y la producción de datos geoespaciales. La IDE requiere y va a facilitar la cooperación y la interacción entre los varios niveles de gobierno, el sector privado y la academia (...). Las estrategias para construir la IDE incluyen establecer foros para la comunicación, facilitar el acceso a los

¹⁹ Reyes, C. & Payno, C. "A Geographical Meta - Information System", en: *Papers from the 1985 Annual Conference of the Urban and Regional Information Systems Association, Ottawa, Ontario*. Vol. IV: Data processing, Education, Public Administration, Public Works, Regional Agencies, Transportation; Ottawa, Ont., Canada, Editor R.W. Surridge, 1985.

datos, construir marcos y conjuntos de datos temáticos, desarrollar programas educativos y de entrenamiento y fomentar las asociaciones para compartir datos.”²⁰

Como es fácil observar para los profesionales que llevamos varias décadas de trabajo en el tema, esta aproximación resulta de las reflexiones de un amplio grupo de colegas que a final de cuentas refleja una visión y un *deber ser*. Implementar lo que se resume en este párrafo puede ser el trabajo de más de una vida de los que escriben y de los lectores de este artículo. La estandarización como proceso y los estándares mismos son una componente esencial de lo que se ha denominado como IDE. En el artículo del doctor Bermúdez²¹ se hace una referencia amplia al papel de organizaciones internacionales como es la OGC, se plantean los avances en materia de interoperabilidad tecnológica y se refieren proyectos a nivel mundial en el tema, entre otros.

En el caso de México, es pertinente plantear varias consideraciones antes de abordar preguntas como: ¿hacia dónde debemos enfocar los esfuerzos en este tema?, ¿cómo implementar estándares? y ¿cuáles son las principales dificultades a las que nos enfrentamos?:

- El punto de partida más inmediato lo encontramos en el espíritu de la *Ley de Información Estadística y Geográfica* (LIEG) de 1970, donde los autores hacen referencia explícita al carácter normativo y de coordinación del INEGI. Habrá que resaltar que, en su momento, el enfoque adoptado por la LIEG era pionero en el tema a nivel mundial.
- Tal como lo menciona Russell y el mismo Bermúdez, hay que reconocer el carácter multidisciplinario del tema de estandarización y, por supuesto, de la IDE misma.

- Existen esfuerzos relevantes a nivel internacional en la materia.
- Actualmente, la información geoespacial se ha convertido, además de un elemento clave en materia científica, en un *lugar común* para la sociedad en su conjunto. Con los *gadgets*, el ciudadano tiene acceso a servicios de información para las actividades cotidianas, el hacedor de política pública cuenta con elementos que le permiten abordar el territorio en su conjunto, los empresarios disponen de instrumentos estratégicos, en otras palabras, las aplicaciones basadas en la localización espacial son innumerables.
- Existen acciones recientes en la materia por parte de instituciones federales, estatales, locales y autónomas.
- Tanto el CentroGeo como otras instituciones científicas y de innovación brindan fortaleza a esfuerzos sociales, públicos y privados.

Es evidente que para responder las preguntas planteadas se requiere de reflexiones por parte de especialistas, actores institucionales y de la sociedad misma. Reconociendo que los estándares son convenciones, que no son ajenos a quienes los incorporan a una práctica y que, lejos de someterla, son referentes para ser asumidos en nuestro *hacer* cotidiano. Para avanzar en este propósito, el CentroGeo está planteando, en colaboración con la OGC, un seminario de reflexiones para la primavera del 2013.

Comentarios finales

La Geomática como ciencia emergente y transdisciplinaria no sólo es un elemento clave en el tema de la estandarización sino que está en el meollo de la misma. Como suele pasar en ciencia, es más fácil abordar temas disciplinarios y técnicos, pero se ahonda la complejidad conforme se vuelven más transdisciplinarios y conceptuales. La investigación transdisciplinaria es, en esencia, una cuestión de metasíntesis de conceptos y métodos para integrar un amplio rango de perspectivas disciplinarias en el estudio y la práctica con sistemas complejos

20 FGDC. *The 1994 Plan for the National Data Infrastructure*, citado por Reyes en: United Nations. E/CONF.96/I.P31, 2005.

21 Bermúdez, L. "Interoperability and the Value of Standards", en: *Realidad, Datos y Espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía*. Vol. 3, Núm. 1, enero-abril 2012. Aguascalientes, Ags., México, 2012.

emergentes. En este sentido, es necesario incluir a los diferentes agentes productores del conocimiento y de la tecnología.²² La transdisciplina misma la podemos enfocar como un tema de interoperabilidad entre diversas disciplinas o ciencias, y presenta retos para la integración de perspectivas en la coproducción, la mediación y la representación del conocimiento, así como para el desarrollo de marcos conceptuales comunes, lenguajes indispensables en el contexto de comunicación científica.²³

En su artículo sobre un marco para el fortalecimiento de la asimilación de conocimiento transdisciplinario, Carbone y Ekwaro resaltan la importancia del contexto como información que caracteriza y da sentido al nuevo conocimiento generado. Hacer explícito el contexto colaborativo resulta esencial en diferentes niveles de integración de conocimiento y en la interacción con el usuario y su propio conocimiento.²⁴

22 Parás, M. *Aportes al desarrollo científico en Geomática: un enfoque de conocimiento transdisciplinario*. Tesis de doctorado. México, Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. Jorge L. Tamayo, AC, 2008.

23 Thompson, K. J. "Notes Toward a Social Epistemology of Transdisciplinarity", en: *Communication au Premier Congrès Mondial de la Transdisciplinarité*. Convento da Arrábida, Portugal, 2-6 novembre 1994.

24 Carbone, John N. & Stephen Ekwaro-Osire. "A Knowledge Component Framework for Enhancing Transdisciplinary Knowledge Assimilation", en: *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*. Vol. 1, No.1, December, 2010, pp. 84-104.

En la investigación de Geomática Aplicada se construyen *otros puentes* —además de entre las disciplinas y herramientas propias de la Geomática, como la cartografía, la percepción remota y los sistemas de información geográfica— entre ésta y la planeación territorial, riesgo y vulnerabilidad, la geografía de negocios o epidemiología, sólo por mencionar algunos temas y disciplinas.

En la Geomática, a diferencia de otras ciencias como la Física y la Matemática donde a través de siglos se han construido marcos de estandarización que además se han visto reflejados en aspectos prácticos como los expuestos en este artículo, todavía se está construyendo el andamiaje teórico y de formalización a la par con propuestas de *mejores prácticas* que permitan aprovechar y evitar duplicidad de esfuerzos. En este sentido, es importante mencionar los recursos que en materia de innovación nos brindan actualmente las ciencias de información geográfica.