

La geodesia y la cartografía digital: hilos conductores para fundamentar la línea de investigación en el Programa de Levantamientos Topográficos e Información Geográfica

Geodesy and digital cartography: Threads to support the research line in the Surveying and Geographic Information Program

Nerey Ortega del Castillo¹, Darwin Gonzalo Baquero Hernández¹, Jeisson Andrés Romero Beltrán¹, Irene Ortega Quiroz²

¹Docente Programa de Tecnología en Levantamientos Topográficos e Información Geográfica, Escuela de Ingenieros Militares, Bogotá, Colombia.

²Directora Programa de Tecnología en Levantamientos Topográficos e Información Geográfica, Escuela de Ingenieros Militares, Bogotá, Colombia.
topografia@esing.edu.co

Página
155

ESING

RESUMEN

El programa de levantamientos topográficos e información geográfica, por medio del desarrollo de un espacio académico fundamentado en la investigación aplicada a través de las ciencias básicas que soportan los ejes de formación del futuro topógrafo y trabajando las representaciones mentales y gráficas como componentes del lenguaje especializado que sostiene los procesos de ingeniería, pretende soportar una línea de investigación relacionada con el proceso de formación para contribuir con el mejoramiento de competencias referentes a la ubicación espacial, así como a su manejo, representación y determinación, siendo una base sustancial para cualquier intervención antrópica y fundamental para el diseño e interpretación de trabajos de ingeniería. En este orden de ideas, proponer y estructurar proyectos integrados dentro del marco de la geodesia y la cartografía digital permite la incorporación constante de nuevos campos temáticos dentro del plan de estudios del programa, desde la evolución de las tecnologías, hasta la necesidad de contar con métodos prácticos y experimentales en el diseño de las unidades de aprendizaje. Estas facilitan la apropiación y la gestión de la información geográfica, según los lineamientos establecidos por las autoridades competentes de orden nacional. Todo lo anterior repercute, por una parte, en beneficio de la calidad de la formación de los estudiantes y, por otra, constituye un apoyo en el proceso de toma de decisiones de las autoridades o

entes que regulan los espacios propios militares.

PALABRAS CLAVE

Dato geográfico, geodesia, cartografía digital, levantamientos topográficos, información geográfica.

ABSTRACT

The program of survey and geographic information, through the development of an academic space based on applied research by means of the basic sciences that support the training axes of the future surveyor and working on mental and graphic representations as components of the specialized language that support the engineering processes, intends to support a line of research related to the training process to contribute to the improvement of skills related to spatial location, as well as its management, representation and determination, being a substantial basis for any anthropic intervention and fundamental for the design and interpretation of engineering works. In this way, proposing and structuring integrated projects within the framework of geodesy and digital cartography allows the constant incorporation of new thematic fields inside the curriculum of the program, from the evolution of technologies, up to the need to count with practical and experimental methods in the design of the learning units. These facilitate the appropriation and management of geographic information, based on alignments established by local authorities. All of the above

have repercussions on the way of learning, as well as constituting a support in the decision-making process of the authorities or entities that regulate the spaces of the military.

KEYWORDS

Geographic data, geodesy, digital cartography, topographic surveys, geographic information.

INTRODUCCIÓN

El programa gira en torno a la posibilidad de modelar factores de orden natural y antrópico, mediante una relación entre enfoques cualitativos y cuantitativos. El estudio de la topografía, la geodesia y la cartografía reafirma la práctica como dimensión básica dentro del trabajo aplicado de los campos del conocimiento que integran la base curricular.

El estudio de la topografía como un aprendizaje significativo, en la práctica integra intereses lógicos, estéticos, éticos y lúdicos para la generación de soluciones a los problemas priorizados dentro del contexto espacial de la Escuela y su relación con la sociedad. La comprensión de los procesos que siguen los estudiantes para construir autonomía en el aprendizaje y su práctica ha sido, desde sus inicios, el eje de formación.

La topografía, la geodesia, la cartografía y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son categorías de aprendizaje que dominan el interés de los proyectos de formación; todas ellas se orientan a la consolidación de estrategias para la solución de problemas. Las guías metodológicas para estudios topográficos, los levantamientos y, en general, los trabajos apoyados con las tecnologías especializadas han sido de mucho interés por sus relaciones con el aprendizaje significativo en los siguientes temas: 1) materialización y georreferenciación de puntos topográficos y geodésicos, relacionadas con los procesos de aplicación de la topografía convencional y de los levantamientos especiales. 2) Trabajos topográficos. 3) Levantamientos altiplanométricos y sus escenarios de aplicación. 4) Tecnologías emergentes y su aplicación dentro del quehacer profesional.

Los escenarios de experimentación están constituidos por los ambientes de aprendizaje definidos en sectores de la infraestructura institucional, interinstitucional y social, los cuales han sido previamente analizados como factores que brindan apoyo a los procesos de ingeniería militar que adelanta la Escuela.

La fundamentación toma como hilos conductores la geodesia y cartografía digital para estudiar el efecto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de obras de infraestructura; además, plantea algunos ejes de sustentación enfocados en la cognición, el razonamiento espacial y la resolución de problemas, entendiendo estos como categorías esenciales que consolidan las bases epistemológicas y metodológicas de los procesos de práctica de campo como investigación aplicada.

DESARROLLO TEÓRICO

Postulados epistemológicos

La fundamentación de la línea de investigación se basa en posiciones epistemológicas que se sustentan a continuación:

Representar es comprender

La ciencia no es otra cosa que sistemas de representaciones del mundo, construidas ya sea mediante el acercamiento analítico propio de las ciencias de la naturaleza y de la sociedad o la síntesis que se domina en las ciencias de lo artificial. Las representaciones científicas, que históricamente se han basado en códigos verbales, cuentan ahora con una dinámica computacional que les permite utilizar la simulación de procesos para mejorar su comprensión. La virtualidad, capacidad inherente a formas de pensamiento creativo, analítico, deductivo o inductivo, incrementa su fuerza con la interactividad resultante de la programación. Las diferentes estrategias educativas facilitan el análisis de procesos y el entendimiento de sus estructuras para hacer prospectiva, particularmente frente al aprendizaje y los sistemas geográficos. Por otra parte, el modelamiento de sistemas y procesos permite incrementar el conocimiento sobre la

naturaleza de la inteligencia humana y la dinámica de la topografía y la geodesia en la sociedad.

La estadística apoya la generalización mediante la normalización

El estudio intensivo de los procesos en los individuos facilita establecer una base muy sólida para entender los mecanismos de aprendizaje en el marco de la topografía y los SIG. Los modelos de análisis estadístico son mecanismos para potenciar los procesos de inducción en la construcción de generalizaciones.

Las lógicas cualitativas y cuantitativas como dimensiones complementarias en una misma representación del mundo son dos formas de análisis que exploran hechos observados en ópticas diferentes y que se complementan para buscar la respuesta a un mismo problema.

En tanto la lógica cualitativa se centra en la diferenciación, la cuantitativa se centra en la métrica y así el razonamiento espacial genera modelos consistentes que, complementados con la lógica interpretativa, permiten la simulación de los procesos de razonamiento seguidos por agentes geosociales. Lo que resulta común a las diferentes aproximaciones son la búsqueda de las relaciones de manera consistente; de este modo, la implementación de los dos métodos, que se complementan entre sí, ha generado un camino para comprender los procesos mentales de los agentes geosociales.

El mundo existe a través de ontologías

Todo ser es potencialmente existente. Existe cuando se devela a otro ser; cuando es un ser para otro. El ser para otro exige en el otro la posibilidad de representar. El paso del ser a la existencia es el encuentro con el cognoscente. El investigador por función torna a los seres en existentes y eso lo hace a través de la representación.

Una estructura de representación es una ontología. La ontología transforma la sensación en percepción, el estímulo en significado. Las ontologías como

estructuras perceptivas generadoras de significado son perspectivas de representación de los seres. Ejemplos de estas ontologías son las clasificaciones, en las que “siempre ha habido probablemente un impulso para mapear en la conciencia humana” [1].

En la medida en que el investigador desarrolla ontologías puede hacer que la naturaleza se revele y descubra sus secretos, a su vez, esto mejora su capacidad de síntesis, lo que le permite crear nuevas formas de ordenamiento y dispositivos para potenciar su acción. De este modo, la investigación se convierte en fuente de representación para orientar la acción en los entornos geosociales.

El reto del investigador en topografía se centra, entonces, en encontrar el camino más apropiado para proyectar los resultados de estudios con niveles altos de abstracción y con el reto de soportar la base de conocimiento en el mejoramiento de acciones cotidianas de mayor complejidad. En este contexto, la generación de modelos a partir de la investigación es la mejor solución para identificar la ruta hacia el logro del mejoramiento progresivo de los modelos de representación del espacio. Los entornos experimentales como escenarios para construirlos permiten optimizar la intervención en los espacios geográficos.

FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

En los diferentes campos del conocimiento se toman las ciencias de la Tierra como eje y soporte de los enfoques, de orden teórico y metodológico, usados en la búsqueda de respuestas a problemas de investigación que tienen que ver con fundamentar categorías como la precisión, la medida, la representación espacial, los datos espaciales, la consulta de datos para la toma de decisiones, entre otros.

La geodesia es una ciencia con fundamentos matemáticos y físicos. Sus aplicaciones se extienden por diferentes ramas del conocimiento, como la topografía, la cartografía, la fotogrametría o la navegación. Está relacionada con la astronomía y la geofísica, de tal manera que estas ciencias comparten entre sí tanto métodos como

metas. El objeto de conocimiento de la geodesia es el estudio y determinación de la forma y dimensiones de la Tierra, lo que permite desarrollar el proceso de georreferenciación, a partir de la determinación de puntos precisos sobre la superficie de la Tierra en el componente vertical por medio de la intersección del geode y el elipsoide determinando el datum vertical y datum horizontal.

Sistemas de coordenadas

Son una creación artificial que permite la definición analítica de la posición de un objeto o un fenómeno. Hay múltiples opciones para definir analíticamente la situación geométrica de un elemento, por tanto, es posible escoger entre diferentes sistemas de coordenadas. Desde el punto de vista puramente matemático, todos los sistemas de coordenadas son admisibles, y el único motivo para seleccionar uno u otro es la conveniencia o el hecho de que una determinada representación o diseño aparezca en su forma más simple.

Desde el punto de vista práctico, se escogen los sistemas de coordenadas que permitan representar el objeto de estudio de una forma física y geoméricamente interpretable y susceptible de ser medida. Los sistemas de coordenadas más utilizados para representar la superficie de la Tierra son el sistema de coordenadas geográficas, el sistema de coordenadas cartesiano y el sistema de coordenadas proyectadas.

Proyecciones cartográficas

El proceso denominado proyección cartográfica es la forma de expresar un punto sobre una superficie esférica proyectada en una superficie plana. La Tierra puede representarse como una esfera o, más correctamente, como un esferoide (es decir, como una esfera achatada por los polos). En estas representaciones se trabaja con las transformaciones matemáticas para convertir las coordenadas esféricas del globo en coordenadas planas (igualmente denominadas “coordenadas proyectadas”), lo que se conoce como cartografía. En síntesis, se trata de transformar una

superficie tridimensional en una superficie plana bidimensional.

Precisión y proceso cartográfico

La precisión es el factor más apreciado en las representaciones. Para conseguirla se tienen en cuenta elementos como la equivalencia y la conformidad, con las cuales se consigue mantener las proporciones con respecto a la superficie, medidas y forma de la realidad.

En el proceso cartográfico suelen distinguirse tres fases bien diferenciadas:

- a. *Concepción*: constituida por el estudio teórico de las leyes, principios y sistemas de representación; también se le conoce como cartografía matemática.
- b. *Producción*: constituida por la selección de datos, escala y materialización de sistemas de proyección, incluye la cartografía automática numérica y la cartografía informatizada. Está íntimamente relacionada con la geodesia —que le proporciona una red de apoyo, fundamental para su precisión—, así como con la topografía y la fotogrametría —que le facilitan la obtención de datos sobre el terreno—.
- c. *Implementación*: es la manera como se facilita la comunicación y el uso de la información contenida en una carta o mapa y que conecta con todas aquellas actividades científicas, o de cualquier otro tipo, que en algún momento han de servirse de representaciones de la superficie terrestre.

El producto final de la cartografía es la carta o mapa para el cual podemos tomar la siguiente definición:

Representación reducida, generalizada y matemáticamente precisa de la superficie terrestre o de una parte de ella sobre un plano o soporte informático, que muestra

la situación, distribución y relaciones de elementos geométricos y de los diversos fenómenos naturales y sociales escogidos y definidos en función del objeto de la carta o mapa. La carta permite igualmente mostrar las variaciones y los desarrollos de los fenómenos en el tiempo, así como sus factores de movimiento y de desplazamiento en el espacio. [2]

Este planteamiento demuestra una ruta de investigación desde la visión de tiempo y hace evidente que a lo largo de la historia las cartas se han utilizado —y en su principio casi exclusivamente— para materializar itinerarios terrestres o marítimos, o posiciones de estrellas en el firmamento; posteriormente comenzaron a usarse con fines geográficos y geodésicos. La aparición de otros tipos de necesidades —científicas, militares, demográficas, catastrales, entre otras— ha hecho que se hayan adaptado y construido cartas o mapas especiales adecuados a cada utilidad. Estos trabajos han permitido un amplio desarrollo, especialmente con el concurso de la informática, y una justificación crítica de los métodos utilizados y de la cartografía misma.

Geodesia y cartografía digital

Reconocer que los dos enfoques, el experimental y el teórico, para la generación de nuevos conocimientos, fueron y son aplicados ampliamente en la investigación científica del campo temático en referencia, es un proceso que se adelanta en el marco del programa de tecnología en levantamientos topográficos e información geográfica de la escuela de ingenieros militares.

Con la aparición de los ordenadores en el siglo XX, se está frente a un nuevo paradigma enfocado en la comprensión de los conceptos computacionales de la ciencia, buscando representar, mediante simuladores, diferentes fenómenos de orden natural, artificial y/o de ingeniería. Este paradigma es conocido como ciencia computacional o e-ciencia. Es importante resaltar que estos campos disciplinares están en evolución y es así como queda en evidencia un nuevo cambio en la relación

entre la computación en la ciencia y viceversa, y se proyecta el impacto de datos en la ciencia. De esta manera, se visualiza otro paradigma denominado “ciencia intensiva en datos” y se hace explícito el cuarto pilar de la ciencia referido a que, a partir del proceso, se crean la hipótesis y se buscan las respuestas en las bases de datos.

Una revisión de la evolución de las formas y estrategias para lograr acceso y utilización de la información geoespacial implica el acercamiento y apropiación conceptual y técnica para asumir los procesos de la estructura de los SIG y las formas de pasar al manejo de la infraestructura de datos especiales, consecuencia del impacto generado por la aparición del internet.

Los anteriores planteamientos exigen un acercamiento a sustentar conceptos que logren darle fundamento y soporte teórico al marco referencial de la línea de investigación en el campo del Programa de Tecnología en Levantamientos Topográficos e Información Geográfica de la ESING.

Algunas de las áreas de aplicación desde el punto de vista del trabajo de campo se soportan en definir la apropiación de enfoques referentes a la geomática y su relación con la cartografía digital.

Conceptos de geomática

El enfoque de la geomática se direcciona para sustentar los desarrollos de los procesos de formación y proyección de trabajos de campo del programa, se asumen como el conjunto de ciencias que integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica.

Los procesos propios de su desarrollo se asumen como construcción de conocimiento definidos como método integrado para la medición, análisis y uso de los datos terrestres, denominados datos espaciales (geoespaciales), los cuales provienen de satélites que orbitan la Tierra, sensores marinos y aerotransportados, mapas, bases de datos, así como de equipos de medición terrestre.

Los apartes teóricos y tecnológicos para implementar el método integrado propuesto por los nuevos enfoques de la geomática se resumen en conocer los elementos básicos que caracterizan el medio físico y la interacción entre estos. Las consecuencias de dicha interacción implican identificarlos, localizarlos y analizarlos a diferentes escalas. Es en este punto de la localización en que las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) y los estándares asociados para la entrega de la información geográfica a través de geoportales resultan muy útiles, partiendo de acciones como:

- Acceder a cartografía actualizada para localizar el elemento objeto de interés (bosques, ríos, vías, lagos, especies protegidas, entre otras).
- Analizar el objeto a diferentes escalas, utilizando la herramienta: establecer nueva escala.
- Obtener información del elemento por medio de sus metadatos.
- Superponer capas de información para analizar el elemento, por ejemplo, población en torno a un río, límites administrativos, entre otros.

FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

Entender los procesos que siguen los estudiantes cuando se enfrentan a problemas de descubrimiento determina el interés por la metodología de análisis de protocolos de reportes documentales como contenido. La representación de un problema se concibe como la secuencia de las transiciones de estados, generadas cuando el sujeto aplica un operador a un operando.

El contenido en este marco de referencia es el conjunto de procedimientos que se derivan de los eventos propios de los objetos de conocimiento relacionados con las ciencias de la Tierra. Las técnicas de medidas tienen por objeto elaborar y procesar datos de información relevante sobre contextos específicos, para lograr los diseños y modelos de representación de estos.

La importancia de caracterizar un proceso de aplicación en campo ha llevado a inferir las operaciones mentales que desarrolla quien resuelve un problema (espacio del problema). La simulación se convierte en estrategia para caracterizar los modelos mentales en la medida en que objetiva procesos y los torna comprensibles para su estudio.

El desarrollo de programas en ambientes tecnológicos —laboratorio de geomática— permite realizar estudios que logran generar resultados que antes eran muy difíciles de llevar a cabo por problemas de control. El trabajo de campo que se adelanta permite orientar y confirmar resultados con el análisis para cada objeto de conocimiento que configura el problema a resolver, proyectando como meta la consolidación de metodologías y de fundamentación sobre la ingeniería del conocimiento espacial.

Los componentes que se adelanten en el desarrollo de los proyectos tendrán dentro de su estructura enfoques metodológicos diferentes, pero todos deberán dar cuenta de los resultados de las siguientes acciones como ejes de transformación de los saberes derivados de los programas curriculares que conforman el programa de tecnología:

- a. Identificación de los componentes y dinámicas que caracterizan el desarrollo de la experiencia de práctica;
- b. generación de modelos topográficos para el desarrollo de una experiencia susceptible de generalizarse y transferirse en el marco de un detallado horizonte conceptual y metodológico;
- c. planeación, ejecución, sistematización y publicación.

Los factores que invitan a consolidar el marco metodológico se esbozan a partir de una serie de factores que se toman sobre los postulados de la investigación en sus diferentes enfoques y diseños proyectados a ser aplicados en los campos del saber que potencian las ciencias de la Tierra. La intención de las propuestas derivadas de la

línea de investigación del programa es relativizar la importancia de los SIG, haciendo explícito que los resultados buscan, en general, soportar procesos y procedimientos relacionados entre lo teórico y lo aplicado que los haga significativos en investigaciones de carácter territorial. Las propuestas de proyectos deberán concebir los SIG como herramientas analíticas que soporten un proceso de representación de la realidad en sus diferentes condiciones espaciales y temporales.

La Tabla 1 muestra los diferentes componentes que se tendrán en cuenta para definir el alcance del

diseño metodológico de acuerdo con el proyecto, su delimitación y su contexto sociogeográfico donde se realizará. Un primer referente parte de la lectura de las prácticas para analizar la construcción de sentido en el proceso de diseño espacial y de conocimiento. Se soportan las representaciones con el mundo de las significaciones lingüísticas, semánticas y semióticas, que son explicadas desde diferentes disciplinas, lo que exige determinar las categorías de análisis de los contenidos propios del problema de investigación.

Tabla 1 Categorías de análisis para definir un marco metodológico

Categorías del saber	Unidades de análisis	Disciplinas	Procesamiento de información	Objeto de estudio
Unidades léxicas	Términos y palabras	Semántica y terminología	Cuantitativo estadístico	Levantamientos topográficos
Unidades temáticas	Conceptos y referencias	Historia, representaciones y comunicación	Cuantitativo estadístico y/o cualitativos lógicos	Objetos y espacios para representar
Unidades temáticas evaluativas	Valoraciones y actitudes	Cartografías geográfica y social	Cuantitativo estadístico y/o cualitativos lógicos	Productos en formatos, escenarios prospectivos Formas de comunicación
Unidades temáticas de lingüística aplicada	Estructuras de conceptos	Cartografía social, lenguaje sociolingüístico	Cualitativos lógicos	Representación en SIG sobre relación espacio, sociedad, poder
Unidades semióticas en el discurso georreferencial	Categorías interactivas, tecnología, ciencia social	Etnografía metodológica y de representación	Cualitativos lógicos y hermenéuticos	Relatos y formas de apropiación del espacio y sus formatos simbólicos
Unidades tecnológicas y geométricas	El espacio visto mediante mapas y símbolos en diferentes dimensiones	Ciencias de la geografía y su relación con la tecnología	Cualitativos y cuantitativos	Productos que consolidan la historia pública

Fuente: elaboración propia.

En la tabla en referencia se muestran algunas categorías propias de la definición de una relación entre la teoría, la investigación y la realidad en los enfoques cuantitativo y cualitativo, cuidando proponer un carácter didáctico y una lectura multidisciplinaria para la práctica como formación en investigación, y en la presentación de proyectos ante entidades convocantes para su desarrollo y afianzamiento.

En los marcos metodológicos se identifican los pasos que se deben establecer a partir de la evidencia de una serie de habilidades y conocimientos, que tienen que ver con la revisión bibliográfica correspondiente. Cuando estos postulados hayan sido consolidados se procede a determinar una serie de tareas y actividades a ejecutar, entre estas: conocer, catalogar y

describir los documentos cartográficos o los del interés propio de los investigadores y avanzar en el tratamiento de la información disponible orientada a proyectar la creación, actualización y concreción de la georreferenciación y localización de la documentación a trabajar, utilizando las tecnologías propias para cada caso de estudio.

CONCLUSIONES

Sustentar la importancia de una línea y de un grupo de investigación orientados al estudio de determinado campo de conocimiento constituye una tarea que implica armonizar un conjunto de esfuerzos dirigidos a la actualización e innovación de este último, lo que permite problematizarlo, es decir, postular un problema y plantear su posible solución. En este camino se reconoce un número indeterminado de trabajos de investigación que conducen de un punto a otros, tomando la geomática y la cartografía digital como ejes sustantivos para diseñar proyectos exploratorios, descriptivos y relacionales, que estructuren escenarios complejos vinculando diferentes factores espaciales, temporales y tecnológicos enfocados en su estudio e impacto en los ámbitos de la ingeniería, el territorio y la sociedad.

REFERENCIAS

- [1] L. F. Maldonado Granados, N. O. del Castillo, L. B. Sanabria Rodríguez, D. Macías Mora, J. Hilos conductores del aprendizaje autónomo y los procesos de razonamiento Universidad Pedagógica Nacional, 2003.
- [2] M. J. Sevilla, Criterios de precisión cartográfica, Universidad Complutense, Facultad de Ciencias Matemáticas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Astronomía y Geodesia (Centro Mixto C.S.I.C. - U.C.M.). Madrid Publicación Núm. 182, 1991. [En línea]. Disponible: https://digital.csic.es/bitstream/10261/24368/1/N182_1991.pdf. Consultado: agosto 23, 2021.