



Cartógrafo.CL/02-2021



La Ciencia de la Topografía

INTRODUCCIÓN

En muchas ocasiones nos hacen la pregunta: **¿la Topografía es una ciencia?** Lo cual, nos puede parecer extraño e incluso difícil de contestar, pues de manera cotidiana vemos a los colegas que ejecutan acciones y labores topográficas, ya sea en proyectos de construcción u obras civiles, nombrados coloquialmente como “el Topo” o “el Topógrafo”, incluso en algunos casos con un dejo de menosprecio. Sin valorar la gran importancia que tiene la Topografía, no solo en las obras civiles, sino en el desarrollo de la sociedad y el territorio. Las personas suelen asociar “el hacer ciencia” con una bata de laboratorio y no con un equipo topográfico por las calles.

Por lo general, los resultados de la descripción del terreno o del territorio se representan de manera gráfica, lo cual se denomina “plano o mapa”, ese producto es netamente un modelo matemático que se formula y representa numéricamente. La recolección de la información se obtiene por diferentes métodos, ya sea directos o indirectos. Equipos como teodolitos, cintas, niveles, estaciones totales, escáner láser, son muy empleados en la Topografía; así como sensores remotos, técnicas de teledetección y fotogrametría. Asimismo, la información se gestiona, procesa y administra en diferentes sistemas, por ejemplo, los sistemas de información geográfica y servidores web.

En mi labor como catedrático, trato siempre de compartir con los futuros colegas, la importancia de nuestra profesión; que practiquen con gran orgullo la Topografía; que defiendan con argumentos científicos y técnicos su importancia y necesidad para el desarrollo. Eso motivó este breve escrito donde comento el porqué la Topografía es una ciencia.

CIENCIA Y FILOSOFÍA

La Filosofía que reflexiona sobre la esencia, las propiedades, las causas y los efectos de las cosas naturales, especialmente sobre el hombre y el universo, formula un sistema filosófico como un conjunto sistemático de los razonamientos expuestos por un pensador o un grupo de personas, cuyo objeto es buscar o establecer de manera racional los principios más generales que organizan y orientan el conocimiento de la realidad.

La Filosofía se establece en tres áreas más representativas que son:

- Filosofía Analítica: Corriente filosófica, de tradición anglosajona, que destaca la importancia del lenguaje, de su verificabilidad y precisión en el análisis de las proposiciones filosóficas.

Rigoberto A. Moreno
Ingeniero Topógrafo

Universidad de
Guadalajara
México



rigobertoamv@gmail.com

- Filosofía Moral: Trata de la bondad o malicia de las acciones humanas.
- Filosofía Natural: Investiga las leyes de la naturaleza.

Desde hace mucho tiempo la filosofía se ha encargado del cuestionamiento de lo que es o no es ciencia.

En la teoría de la ciencia, se abordan los siguientes cuestionamientos: ¿Cómo se define la ciencia? ¿Qué tareas tiene la ciencia? ¿Cuáles métodos puede utilizar y cuáles no? ¿Qué es lo que está permitido en la ciencia?...

Es la filosofía la que nos ayuda a definir lo que es ciencia, que según la Real Academia Española (RAE) se entiende como “Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente.”

De la gran cantidad de actividades que desarrollamos en la Topografía, el enfoque principal se encuentra en la actividad científica y la presentación de los resultados. La división teórica entre científico y no científico, en la práctica es difícil de realizar.

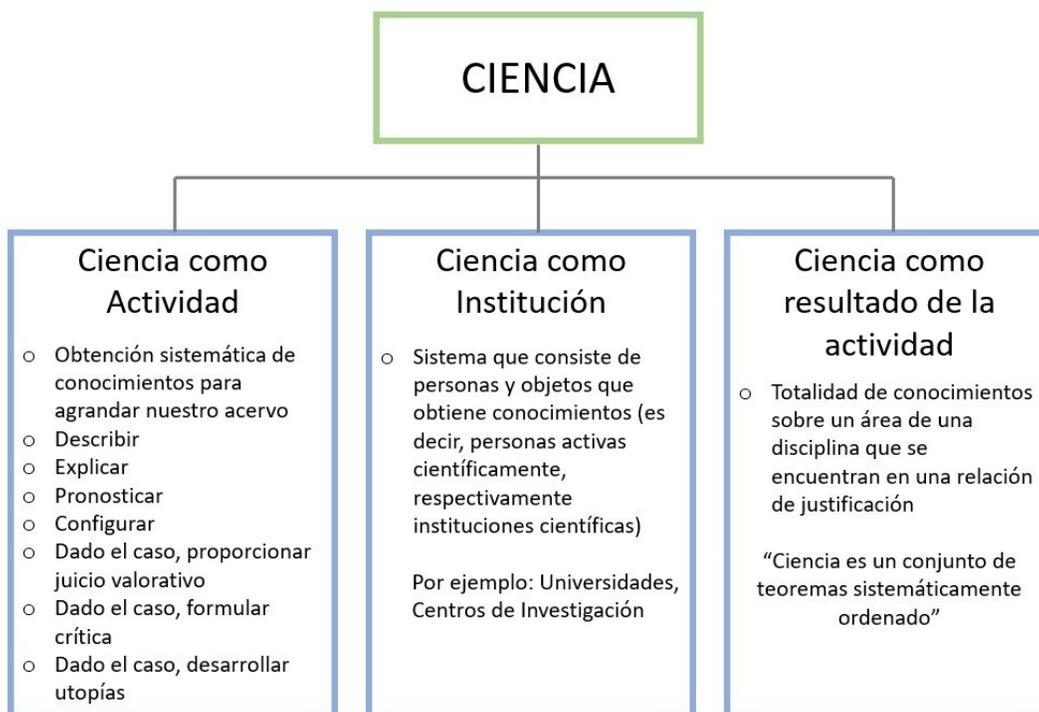


Figura 1: Significado de ciencia según Kornmeier (2007).

DIFERENTES OBJETIVOS EN LA CIENCIA

Según Abler et al., 1972, la ciencia se formula en cuatro partes, como pirámide jerárquica:

1. La mayor parte de los científicos se denominan a sí mismos como prácticos. Ya durante su carrera han conocido un gran espectro de métodos, con cuya ayuda solucionan problemas. El médico, por ejemplo, luego de sus estudios universitarios sabe cómo extirpar un apéndice, así como, el geógrafo es capaz de comprobar el impacto ambiental; mientras que el ingeniero topógrafo sabe representar de manera detallada y precisa una parte de la superficie de la Tierra.

2. Son los llamados metodólogos los que debaten sobre nuevos métodos científicos. El personal académico a menudo cuenta bajo este grupo. Están liberados de la presión de solucionar problemas actuales urgentes y pueden utilizar una gran parte de su tiempo para desarrollar o experimentar nuevas técnicas. También, pensar proposiciones de mejora para las prácticas cuenta entre sus tareas. Para emplear un ejemplo de la geografía: los cartógrafos confeccionan mapas, que sirven para el almacenamiento de informaciones espaciales. En cambio, los metodólogos cartográficos se ocupan con métodos nuevos, más racionales o mejores para el almacenamiento de la información espacial. Con la introducción de la cartografía digital y los sistemas de información geográfica, estamos viviendo de cerca, desde hace un tiempo, tal avance metodológico, así como “los dolores de parto que lo acompañan”. Hasta la integración de los nuevos métodos en la práctica, naturalmente tiene que pasar un tiempo. A través de ellos, no obstante, los metodólogos no se vuelven prácticos, sino parten hacia nuevos horizontes.
3. Aquellos científicos que todavía no se complacen con novedades metodológicas, avanzan un paso más. El pensar sobre la estructura de los sistemas lógicos, en los cuales se mueven sus colegas, se halla aún más alejado de los problemas actuales. De este tipo, por disciplina no existen muchos. Estos llamados metateóricos piensan de modo muy teórico y abstracto. Como ejemplo, este tipo de científico constata que los conocimientos marxistas se basan en otro tipo de comprensión de sociedad que los conocimientos de la ciencia burguesa, u observan que la interpretación de poemas incluye la personalidad del científico de otra manera que la investigación experimental de la ciencia natural.
4. En el último nivel se encuentran los filósofos. Ocupan su tiempo para pensar en problemas abstractos de naturaleza universal para todas las ciencias, tal vez hasta sobre el significado de la actividad científica.
5. En todos los niveles de la pirámide científica se crean soluciones para problemas prácticos, metódicos y teóricos en el nivel de la metateoría o problemas generales para la ciencia entera.

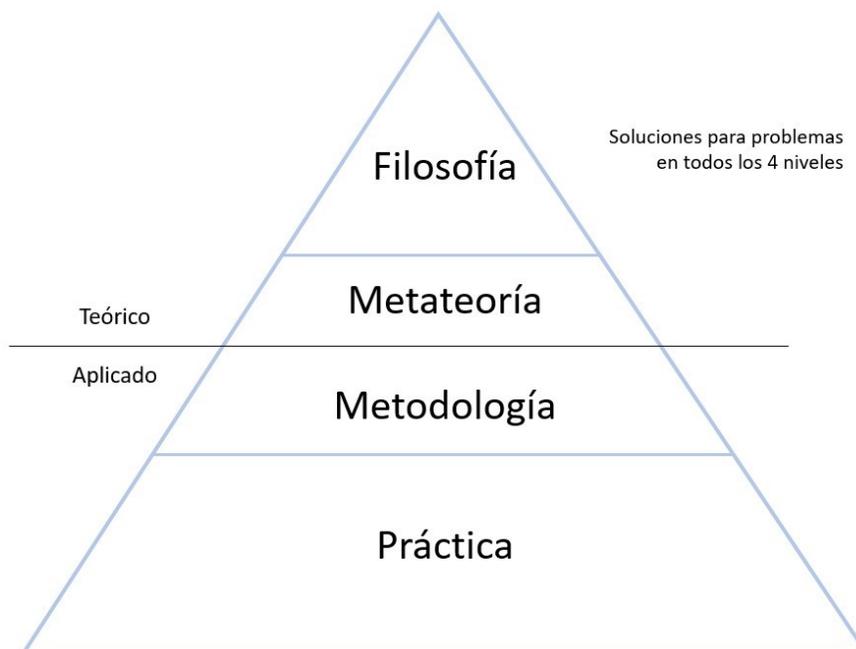


Figura 2: Pirámide de la ciencia según Abler *et al.*, 1972.

LA CIENCIA TOPOGRÁFICA

La Topografía, separada de las cuestiones técnicas de recolección y localización física de datos, bancos de datos y formatos de intercambio, puede ser denominada una ciencia teórica, que describe y delinea detalladamente una fracción de la superficie de la tierra; así como estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales. Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la ciencia de la Geodesia para áreas mayores.

Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensionales, donde la X y la Y son competencia de la planimetría y la Z, de la altimetría.

Los mapas topográficos no son más que una modelación matemática donde se aplica el método científico para representar el terreno. Utilizan el sistema de representación de planos acotados, donde se muestra la elevación del terreno utilizando líneas que conectan los puntos con la misma cota respecto de un plano de referencia, denominadas curvas de nivel. En este caso, se dice que el mapa es hipsográfico. Dicho plano de referencia puede ser tanto elipsoidal como gravimétrico.

Su definición etimológica es del griego antiguo *τοπογραφία* (topographia), compuesto de *τόπος* (topos, "lugar") y *γράφω* (graphō, "describir").

A su vez identificada como el arte y ciencia de la observación, descripción precisa y representación gráfica de la superficie de los territorios o terrenos, esta ciencia de manera coloquial se le relaciona con profesiones homólogas y hermanas como los son: Agrimensura, Cartografía, Geografía, Geodesia y actualmente, a la Geomática, todas ellas relacionadas como aporte, desarrollo y aplicación de la información geoespacial.

La Topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de la realidad física inmóvil circundante. Es plasmar en un plano topográfico la realidad vista en campo, en el ámbito rural o natural, de la superficie terrestre. En el ámbito urbano, es la descripción de los hechos existentes en un lugar determinado: muros, edificios, calles, entre otros.

Se divide el trabajo topográfico en dos actividades congruentes: llevar «el terreno al gabinete» (mediante la medición de puntos o revelamiento, su archivo en el instrumental electrónico y luego su edición en la computadora) y llevar «el gabinete al terreno» (mediante un replanteo por el camino inverso, desde un proyecto en la computadora a la ubicación del mismo mediante puntos sobre el terreno). Los puntos relevados o replanteados tienen un valor tridimensional; es decir, se determina la ubicación de cada punto en el plano horizontal (de dos dimensiones, norte y este) y en altura (tercera dimensión).

Considerando que para referirnos a un sistema de alturas, solo se pueden emplear dos maneras: a) altura geodésica o altura elipsoidal y b) altura geoidal, conocida como altura gravimétrica. La primera altura tiene su origen en el modelo matemático del elipsoide en revolución, y la segunda altura depende de un modelo basado en mediciones de gravedad con aparatos de alta precisión. Existen también modelos de gravedad, basados en los niveles del mar físicos, conocidos como "modelos híbridos".

La Topografía no solo se limita a realizar los levantamientos en terreno, sino que posee componentes de edición y redacción cartográfica, para que al confeccionar un plano o mapa se pueda entender el fonema representado a través del empleo de símbolos convencionales y estándares, previamente normados para la representación de los objetos naturales y antrópicos en los

mapas o cartas topográficas. Así como aporta a la geomática e información geoespacial, por lo cual se puede determinar que la ciencia de la Topografía es elemental para la aplicación geoespacial. La Topografía es capaz de comprender, analizar y manejar críticamente datos geoespaciales que permiten la generación de información precisa (tiempo-espacio) para el auxilio, orientación y ubicación de diversos puntos. La Topografía se puede especializar en el manejo de los datos geoespaciales y establecer un diálogo constante con profesionales de otras disciplinas para desarrollar proyectos complejos inter y transdisciplinarios, que permitan fundamentar la toma de decisiones en los diferentes ámbitos de desarrollo social.

En la aplicación y desarrollo de la Topografía aplicamos el método científico, donde los términos centrales son:

- Definición
- Tesis
- Hipótesis
- Teoría
- Modelo
- Empirismo

Una palabra se vuelve término cuando se relaciona con contenidos más o menos aceptados universalmente. La aclaración del contenido y la delimitación de los términos se efectúa a través de definiciones.

Comencemos, por lo tanto, con la definición de “definición”. En una definición se fijan exactamente los significados y los modos de uso de una expresión lingüística. Al tomar definiciones de otros, es indispensable citar el autor de la definición correspondiente. Mediante una definición se posibilita una afirmación exacta, por lo tanto, se contrarresta a los malentendidos. A menudo, en las definiciones se trata de acuerdos que se formulan por expertos en la disciplina. En las obras estándar de consulta (universales, por ejemplo, o específicamente disciplinares) es posible encontrar definiciones acerca de una multitud de términos. Correspondiente al objetivo habrá que entrar en detalle con literatura avanzada acerca del tema. Las definiciones siempre están formuladas por humanos, es decir que –dependiendo del autor– saldrán a la luz diferentes perspectivas. Las definiciones por lo tanto no pueden ser verdaderas o falsas, sino solamente útiles o inútiles para un cierto objetivo.

Una tesis puede ser comprendida como una especulación que no tiene que corresponder a criterios exactos, como afirmación, cuya justificación está en cuestión. Una tesis tiene que:

- Ser comprobada respecto a su “verdad”, o mediante el estado del conocimiento (literatura) o mediante trabajo empírico
- Ofrecer hechos comprobables (no: “Existe la vida en el nirvana”)
- Ser desmentible en su principio

Las tesis no deben contener errores lógicos (contradicciones o tautologías. Incorrecto: “El cambio climático se debe al cambio del clima”).

Las hipótesis comparativamente a las tesis generales están sujetas a exigencias más estrictas, más que todo están ligadas con un proceso de investigación empírica. En la formulación de una hipótesis hay que tener en cuenta los siguientes criterios, según Atteslander (2000):

- Una hipótesis es una afirmación, ninguna pregunta, ninguna orden.
- La afirmación es libre de contradicción.

- Las hipótesis tienen que ser comprobables, la afirmación es refutable.
- No se debe tratar de casos singulares posibles de generalizar.

Como hipótesis de trabajo, las hipótesis dirigen el procedimiento en proyectos de investigación y por lo tanto la obtención de conocimientos científicos. A menudo, las hipótesis son formuladas en forma de:

- Relaciones condicionales (si – entonces) o
- Relaciones proporcionales (tanto – cuanto)

Por ejemplo, si los precios del transporte público suben, entonces menos estudiantes utilizarán los transportes urbanos.

Las hipótesis son la base para las teorías científicas; las teorías se ordenan por encima de las hipótesis. En las ciencias naturales, las teorías abarcan “descripciones exactas, empíricamente comprobables de los estados del mundo físico” (Werlen, 2000). En cambio, en las ciencias sociales se debe proporcionar una perspectiva similar a unos lentes, a través de los cuales se mira al mundo.

Básicamente, las teorías jamás pueden ser definitivamente verificadas, pero en todos los casos siempre pueden ser refutadas. Las hipótesis sirven para el resumen, la descripción, la coordinación, la explicación y el pronóstico de fenómenos.

Los modelos sirven para la representación simplificada de hechos, relaciones e interacciones. Dependiendo del objetivo, los pensamientos teóricos se copian de manera en lo posible parecida a la realidad (pero no necesariamente naturalista). Los modelos proporcionan informaciones sobre cómo se comporta algo bajo ciertas condiciones, los procesos del pasado de este modo también pueden ser llevados al futuro. Correspondiente a la problemática a resolver hay que considerar parámetros (condiciones) que cambian.

En general, un modelo es un arreglo entre:

- simplicidad
- claridad
- utilidad

Cuando los conocimientos se pueden obtener por observación, experiencia o experimentos, se habla de empirismo. La investigación empírica hace el intento de comprobar y ampliar el cúmulo de conocimientos en base de observaciones científicas (Werlen, 2000). Existen diferentes enfoques metateóricos en los que se puede sostener la investigación empírica.

En el nivel metateórico son desarrollados las soluciones de problemas y los métodos para las diferentes disciplinas. En esto, se emplean las siguientes teorías:

- Inducción
- Deducción
- Círculo hermenéutico

Todos estos tres enfoques, según contenido de la investigación tienen su justificación de existir. Por dentro de un proceso de investigación pueden completarse o también reemplazarse mutuamente.

La obtención inductiva de conocimientos se puede comparar con un mosaico. Piedra por piedra, desde las observaciones singulares se desarrolla una imagen total (una teoría). El principio lógico de la inducción puede ser

ilustrado con el siguiente ejemplo: Todos los cisnes observados hasta ahora tienen los cuellos blancos, por lo tanto todos los cisnes son de cuello blanco. Al final de la serie de observaciones se halla una conclusión de las observaciones singulares a la población; se encuentra el resultado total de la investigación en forma de una síntesis.

La investigación deductiva pone un problema (una teoría, una pregunta o una tarea a realizar) en el principio del proceso de investigación. A continuación, se desarrollan respuestas provisionarias para la pregunta, cuya validez se comprueba en el transcurso de la investigación. El intento de respuesta se examina tanto tiempo hasta que ya no se logre una refutación. Recién cuando este es el caso, una hipótesis puede ser considerada como teoría válida (hasta que alguien logre una refutación). Al contrario de la investigación inductiva, aquí se concluye del caso universal al caso individual.

El círculo hermenéutico (de griego ἑρμηνεύω [hermēneúō]: “comentar, explicar, traducir”) describe la comprensión de hechos, a partir de ciertas precondiciones del investigador (conocimientos previos y presuposiciones, opiniones de valores, esquemas de términos, etc.), sobre diferentes nuevas preguntas, fuentes y conocimientos hasta la comprensión más profunda. En el caso ideal, el conocimiento en que se basa permanece igual, pero este puede



Figura 3: Esquema del círculo hermenéutico según Borsdorf, 2007.

CONCLUSIÓN

Los objetos de la Topografía como ciencia se definen en lo comentado anteriormente, ya que se formula un método científico para las actividades desarrolladas y aplicadas en su ejercicio. La ciencia no crea hechos definitivos, y con base en las metodologías científicas, la evolución es constante. Lo cual se aprecia en el desarrollo de equipos topográficos, métodos de recolección, así como de plataformas de análisis, edición y administración de información geográfica. Para todo trabajo científico la base principal es el debate científico.

La ciencia de la Topografía se establece y se justifica por la aplicación del método científico, la formulación de una hipótesis, el desarrollo y comprobación de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abler, R., J. Adams, & P. Gould (1972) *Spatial organization*. Prentice-Hall. London.
- Baade, J., H. Gertel, & A. Schlottmann (2005). *Wissenschaftlich arbeiten: ein Leitfaden für Studierende der Geographie*. UTB.
- Bartelme, N., (2005): *Geoinformatik. Modelle – Strukturen – Funktionen*. Heidelberg: Springer.
- Borsdorf, A. (2007): *Geographisch denken und wissenschaftlich arbeiten*. Heidelberg: Spektrum.
- Kornmeier, M. (2007). *Wissenschaftstheorie und wissenschaftliches Arbeiten: eine Einführung für Wirtschaftswissenschaftler*. Springer-Verlag.
- Maier, G. & H. Palm (o.J.): *Einführung in das Wissenschaftliche Arbeiten*. Planck, U. y Ziche, J. (1979): *Land- und Agrarsoziologie. Eine Einf. in die Soziologie des ländl. Siedlungsraumes und des Agrarbereichs*. Stuttgart: Ulmer.
- Werlen, B. (2002): *Handlungsorientierte Sozialgeographie. Eine neue geographische Ordnung der Dinge*. En: *Geographie heute* 23. S. 12-15.
- Wytrzens, H. K., E. Schauppenlehner-Kloyber, M. Sieghardt, & G. Gratzner (2009). *Wissenschaftliches Arbeiten: Eine Einführung*. Facultas Verlags- und Buchhandels AG.

Se sugiere citar:

Moreno, R. (2021). *La Ciencia de la Topografía*.
Revista Cartógrafo.CL 1(2), pp. 84 - 91



Bajo Licencia Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional.