

Calidad Funcional: un nuevo enfoque sobre la calidad de datos

Functional Quality: a new approach to data quality

Francisco Javier Ariza López, Juan Francisco Reinoso Gordo, José Luis García Balboa, Antonio Federico Rodríguez Pascual

REVISTA **MAPPING**
Vol. 31, 207, 04-14
Año 2022
ISSN: 1131-9100

Resumen

En este trabajo se reflexiona sobre la calidad de datos geoespaciales y sobre cómo el paradigma actual, datocéntrico, puede ser superado mediante la consideración de casos de uso genéricos que vinculen los datos geoespaciales con su procesado (algoritmos). De esta forma, se propone una nueva aproximación a la calidad de los datos geoespaciales que supone una situación intermedia entre el extremo datocéntrico, adoptado hasta la fecha por los productores como única perspectiva viable, y el extremo usocéntrico propio de los usuarios, y que probablemente resulta inabordable. Como apreciación de la calidad en medio de esos dos extremos se propone la calidad funcional. En este artículo se define ese concepto y se ofrecen algunas directrices para abordarlo.

Abstract

This paper reflects on the quality of geospatial data and how the current data-centric paradigm can be overcome by considering generic use cases that link geospatial data with its processing (algorithms). In this way, a new approach to the quality of geospatial data is proposed that assumes an intermediate situation between the data-centric extreme, adopted to date by the producers as the only viable perspective, and the user-centric extreme of the users, which is probably unapproachable. As an appreciation of quality in the middle of these extremes, the functional quality is proposed and defined and some guidelines are offered to address it.

Palabras clave: Calidad de datos, Adecuación al uso, ISO 19157, Evaluación de la calidad, Calidad funcional

Keywords: Data quality, Fitness for use, ISO 19157, Quality evaluation, functional quality.

Francisco Javier Ariza López
Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Universidad de Jaén
fjariza@ujaen.es
Juan Francisco Reinoso Gordo
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada
jreinoso@ugr.es
José Luis García Balboa
Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Universidad de Jaén
jjbalboa@ujaen.es

Antonio Federico Rodríguez Pascual
Centro Nacional de Información Geográfica de España
afrodriguez@fomento.es

Recepción 12/02/2022
Aprobación 16/03/2022

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de calidad es algo cercano a todos, se utiliza en el lenguaje coloquial y es universalmente entendido y aceptado intuitivamente. No obstante, no es novedoso, ya que la preocupación por la calidad está presente en las sociedades desde hace muchos siglos, aunque su formalización precisa y matemática sea relativamente reciente. En general, se puede decir que una obra bien hecha tiene calidad o es de calidad. Una definición extendida es «propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie» (DRAE, 1992). Esta definición aclara que la calidad no tiene por qué limitarse a una única propiedad del objeto que se considera, sino que pueden ser varios factores los que entren en juego para definir la calidad. Por otra parte, lo inherente es lo propio o inseparable de las cosas, y aquí cabe matizar que dentro de lo inherente hay factores que son más evidentes, o explícitos, que otros que poseen un carácter más implícito. Otro aspecto de interés de esta definición es el que hace referencia a que la calidad debe ser apreciada y comparada. Esto significa que cada individuo podrá tener una apreciación distinta, por lo que la calidad hay que entenderla como algo subjetivo. Finalmente, la definición indica que se utiliza la comparación para valorarla, y ello significa la necesidad de patrones para comparar, es decir, patrones de medición.

Por otro lado, interesa definir qué es la adecuación al uso. Si acudimos al glosario sobre calidad de la Asociación Estadunidense para la Calidad (ASQ, *American Society for Quality*) (<https://asq.org/quality-resources/quality-glossary/f>), nos indica que la adecuación al uso (*fitness for use*) es un «término que a veces se utiliza para definir el término “calidad”, para indicar el grado en que un producto o servicio cumple los requerimientos para el uso previsto». Si acudimos a la plataforma OBP (*Online Browsing Platform*) de ISO, no existe una entrada directa para este término, aunque como entrada relacionada aparece «test o prueba de usabilidad», que se define como «prueba para determinar si un sistema implementado cumple su propósito funcional según lo determinado por sus usuarios». Utilizar la adecuación al uso implica tener bien determinado el uso de un sistema y evaluar su nivel de adecuación, aspectos ambos que suelen resultar ciertamente complejos. En el fondo, un caso de uso no es más que la descripción de una acción o actividad con un cierto nivel de formalización (p.ej. utilizando diagramas UML, o cualquier otro lenguaje). Centrado en un requerimiento de usuario específico, la documentación de un caso de uso ha de incluir los actores, acciones, entradas, salidas y decisiones necesarias para lograr una meta. La adecuación al uso supone la pérdida de la visión más trascendente, abstracta y general de la calidad para centrarnos en casos de

uso concretos. Por ejemplo, en el sector automovilístico, son muchos los posibles usuarios, usos y formas de conducir un modelo de vehículo concreto y, por ello, al considerar que el consumo de combustible es un aspecto relevante de su calidad, y que es imposible informar adecuadamente para todas las posibles casuísticas, se han adoptado estándares como el NEDC (*New European Driving Cycle*) (EU, 2007), y más reciente el estándar WLTP (*World Harmonized Light-duty Vehicle Test Procedure*) (EU, 2017). En este último se adopta una dinámica de conducción que intenta reproducir mucho mejor cómo conducen las personas en el mundo real (DGT, 2020). Lo anterior nos permite considerar que, una vez establecido un caso de uso concreto, el análisis de la adecuación del producto a ese caso de uso, aún sin perder complejidad, se simplifica bastante, gracias a las restricciones propias establecidas en el estándar de evaluación del caso de uso considerado.

Este trabajo tiene por objetivo desarrollar una nueva perspectiva de la calidad de los datos geoespaciales, en la que nos guiamos por el ejemplo expuesto anteriormente para el caso automovilístico. Denominamos calidad funcional a esta nueva perspectiva.

La organización del documento es la siguiente: tras esta introducción, en el apartado siguiente se realiza una justificación más amplia de la necesidad de esta nueva aproximación; posteriormente, se formula qué es la calidad funcional y su relación con la calidad desde la perspectiva del productor y la adecuación al uso; a todo lo anterior le sigue la discusión, centrada tanto en aspectos conceptuales como prácticos, y el documento finaliza con unas conclusiones generales.

2. DETECTANDO LA NECESIDAD DE UNA NUEVA APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE CALIDAD

Desde la perspectiva de este trabajo, nos interesan el enfoque centrado en el producto (la calidad puede ser apreciada en él) y el enfoque centrado en el usuario (el usuario puede valorar la calidad en función de sus necesidades y expectativas). La Figura 1 presenta lo que ISO 19157 denomina el marco de los conceptos de la calidad de datos. Se trata de un esquema en el que aparecen los roles de productor y usuario, y su relación con la realidad, los datos y la calidad. Si bien la figura presenta una situación simétrica, realmente no es así. Pensemos en un productor (p.ej. el IGN o el IECA) que genera un producto de datos por medio de unas especificaciones que pretenden satisfacer unas necesidades (parte izquierda de la figura). Sin embargo, en relación al usuario (parte derecha de la figura), la realidad es que son

muchos los posibles usuarios, que tendrán necesidades y bagajes muy distintos y, por tanto, requerimientos diferentes, pero que, sin embargo, utilizan el mismo conjunto de datos generado por el productor. Por tanto, dado que pueden existir múltiples usos de un mismo producto, existirán tantas adecuaciones al uso como posibles usos, y tantas apreciaciones de la calidad como usuarios. Sin embargo, el productor, al diseñar el producto con un propósito concreto y al establecer sus especificaciones, evalúa la calidad desde una perspectiva generalmente distinta a la de los usuarios. Aun así, entre la perspectiva del productor y la del total de usuarios existirá una zona común, que será más amplia en el caso de productos con buenos diseños. La zona disjunta entre ambas perspectivas procede de los usos no pretendidos. El riesgo de estos usos será tanto mayor cuanto menos entiendan los usuarios los datos con los que intentan trabajar, y cuanto más alejados estén los dominios semánticos del producto y de la aplicación pretendida. Por tanto, entender la adecuación al uso es fundamental para entender también el carácter relativo de la calidad.

2.1. Calidad de datos como adecuación al uso

De una forma sencilla, la calidad de la información se

puede definir como el grado en que se puede considerar una fuente fiable para un uso requerido (McGilvray, 2008). Para Redman (2013) los datos son de calidad si son adecuados para su utilización en operaciones, toma de decisiones y planificación, es decir, cuando están libres de defectos y poseen las características apropiadas para completar las operaciones, tomar decisiones o hacer planes. Esta perspectiva coincide con la de Olson (2003), que indica que los datos son de calidad si satisfacen los requerimientos del uso pretendido (adecuación al uso), lo que, por otra parte, viene a indicar que la calidad de los datos depende mucho más del uso pretendido que de los propios datos. Como consecuencia de lo anterior, bajo ciertos usos no pretendidos inicialmente, unos datos supuestamente buenos pueden llegar a ser considerados como malos. Dado que para un mismo conjunto de datos (p.ej. un modelo digital de elevaciones, MDE) pueden ser muchos los usuarios y usos perseguidos, evaluar la adecuación al uso se convierte en una tarea muy compleja, por no decir inabordable en la práctica. Lo anterior, lleva a la necesidad de establecer un marco más restrictivo y establecer la calidad de manera más específica. Así, en ISO 8000-2 (ISO 2020) se define la calidad de los datos como el grado en que un conjunto de características inhe-

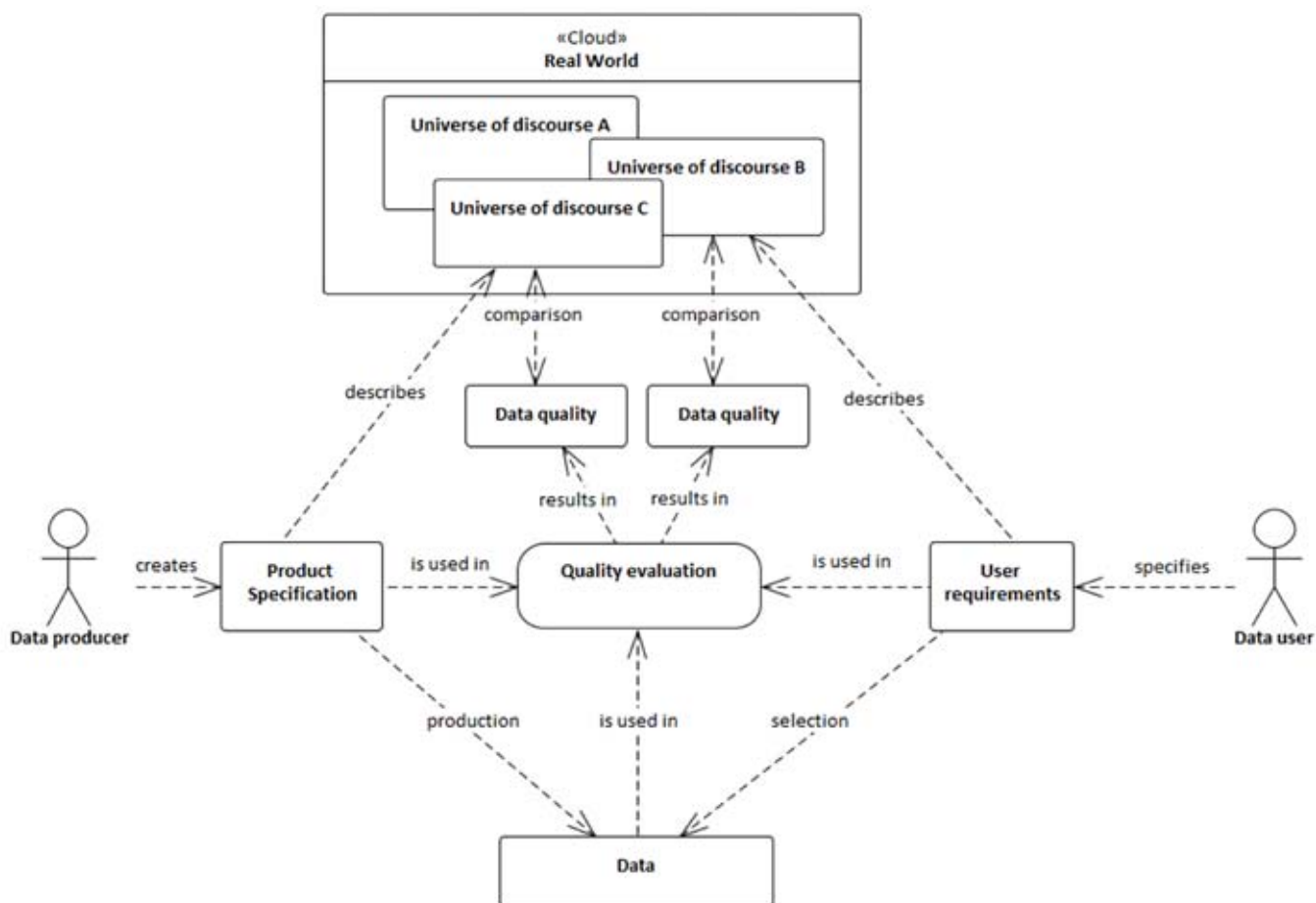


Figura 1. Marco de los conceptos de calidad de datos (ISO 19157:2013)

rentes de los datos satisface unos requisitos, mientras que ISO/IEC 25012 (ISO, IEC 2008) es más explícita e indica que es el grado en que las características de los datos satisfacen las necesidades especificadas e implícitas, cuando se usan bajo unas condiciones determinadas. Sin embargo, como indican Devillers y Bear (2006), la evaluación de la calidad con la perspectiva de adecuación al uso puede resultar una tarea extremadamente compleja, incluso para expertos. Es más, como ya indicaba Veregin (1999), si bien el concepto de adecuación al uso tiene décadas, prácticamente no ha existido evolución ni avances en métodos para evaluar la adecuación al uso de datos y modelos frente a aplicaciones geográficas específicas. Más recientemente, De Bièvre (2010) indica que, durante años, la adecuación al uso ha sido un estándar en la literatura (química), pero una cuantificación de tal «aptitud» se ha descuidado o evitado por completo. De esta forma, para Vasseur y col (2006), este tipo de evaluación permanece en las manos del usuario.

2.2. La calidad intrínseca de los datos

Si bien la perspectiva relativista de la calidad que conlleva la adecuación al uso es común y está bastante generalizada (Illari, 2014), se sigue considerando que existen aspectos de la calidad que son independientes del propósito, que se denominan inherentes o intrínsecos. Según Lee y col. (2002) la calidad intrínseca implica que la información tiene calidad por derecho propio. Para English (1999), la calidad inherente es el grado en que los datos reflejan fielmente el objeto del mundo real que representan. De esta forma, puede ocurrir que un conjunto de datos tenga una gran calidad intrínseca, que sea la causa de una mala calidad desde el punto de vista de la adecuación al uso. Por ejemplo, un gran nivel de detalle en una representación muy fidedigna de un objeto podría impedir un procesado ágil requerido en un caso de uso por un usuario (p.ej. nube de puntos con demasiada densidad).

El modelo de calidad de datos geoespaciales que se propone en ISO 19157 (ISO 2013) se centra básicamente en los aspectos inherentes o intrínsecos de la calidad, lo cual es la posición más cómoda para los productores. En ese mismo modelo, mediante el elemento denominado usabilidad, se abre la adecuación al uso, si bien su aplicación está muy poco extendida. Una limitación añadida para estos desarrollos ha sido que ISO 19157, en su versión de 2013, impide el establecimiento de nuevos elementos de la calidad, aspecto que parece superado con la versión nueva que actualmente está en ciernes de ser aprobada.

Dado que los datos geoespaciales son datos, se puede considerar que los aspectos fundamentales que definen su calidad son los exigibles, de manera general, a cualquier tipo de datos: exactitud, adecuación temporal, relevancia, completión, etc. (Olson, 2003). En el ámbito geoespacial,

la calidad deseada de los productos de datos se establece en unas especificaciones (ISO 19131) y la calidad real es evaluada por los productores oficiales de esos datos desde su propia perspectiva, en la mayoría de los casos. Se informa de ella por medio de metadatos y de un informe de calidad independiente. Es la norma internacional ISO 19157 la que establece el marco para describir y evaluar la calidad de los datos geoespaciales, en el que se consideran diversas componentes de la calidad (p.ej. exactitud posicional, exactitud temática, completión, consistencia lógica) por medio de los denominados elementos de la calidad (p.ej. exactitud posicional absoluta o relativa para la exactitud posicional, omisión y comisión para el caso de la completión, etc.).

2.3. Los usuarios comprenden la calidad de forma diferente al productor

Un aspecto que tampoco se puede obviar respecto a la calidad de los datos es el entendimiento que tienen de ella los usuarios. La forma actual de abordar el tema de la calidad y su transmisión a los usuarios no es adecuada; está lejos de la comprensión de los usuarios y de la adecuación al uso (Boin y Hunter, 2009), lo que significa que se necesita un mejor conocimiento de los dominios de aplicación (p.ej. ingeniería civil, agronomía, hidrología, etc.) y de los casos de uso. Por ejemplo, Devillers et al. (2005) argumentan que la mayoría de los parámetros que se utilizan para expresar la calidad se centran en las características relacionadas con la producción de datos (calidad interna), y que es necesario incluir más información para lograr el propósito de permitir juzgar la adecuación al uso. En ese sentido, Boin y Hunter (2009) se preguntan: «¿Los usuarios de datos espaciales realmente comprenden la información sobre la calidad de los datos?» y «¿qué información comunica calidad al consumidor de datos espaciales?». En relación con la primera pregunta, proponen el uso de terminología propia del usuario de datos en lugar de la de los productores, que es demasiado técnica y específica de la industria, y la necesidad de enfocar la información de calidad en describir la idoneidad y confiabilidad del producto en lugar del método de producción. En relación con la segunda pregunta, concluyeron que está fuertemente afectada por el contexto.

Elijamos un ejemplo de datos geoespaciales de estructura especialmente simple, muy extendida y bien conocida: los datos de MDE en malla. La descripción de la calidad de los datos de MDE realizada por los productores suele restringirse a dar los valores de resolución (paso de malla o tamaño de celda, según el caso), y de los errores altimétricos (p.ej. por medio del RMSE o de la desviación estándar). Esta perspectiva es la que domina la calidad interna, pues es la que se deriva directamente de las normas (p.ej. ISO 19157). Dado su interés aplicado, existen algunos estudios que abordan el tema de una mejor comprensión de la calidad de los MDE

por parte de los usuarios. Por ejemplo, Wechsler (2003) exploró las percepciones de los usuarios sobre la incertidumbre, Podobnikar (2009) propuso algunas herramientas para la evaluación de la calidad visual y Darnell et al. (2008) presentaron una herramienta para facilitar el acceso y la aplicación del análisis de incertidumbre a los usuarios. Recientemente, Mesa-Mingorance et al. (2016) han analizado los usuarios y usos de algunos productos DEM oficiales en España. Ese documento ha identificado los perfiles y usos predominantes de los usuarios, y presenta una evaluación de la utilidad de los productos por los usuarios. Tarquini y Nannipieri (2017) resumen cuatro años de difusión y uso gratuitos de un MDE de 10x10 metros que cubre Italia en su totalidad, y presentan una visión completa de las áreas de uso y algunas observaciones sobre la idoneidad de ese producto para aplicaciones específicas. Por otro lado, los productores desean que los usuarios tengan una mejor comprensión de sus productos y han creado guías de usuario para los productos MDE (p.ej. OS, 2013; ICSM, 2008) y metadatos electrónicos. Pero eso no es adecuación al uso. La adecuación al uso se menciona en varios estudios (p.ej., Lemmens 1999, Fisher y Tate, 2006), y está claro que sólo se puede evaluar en relación con un uso previsto (Devillers et al., 2002), pero la literatura sobre casos de uso prácticos es casi inexistente. Ariza-López y col. (2018) recogen algunos casos de uso encontrados en la fase de revisión de su trabajo, pero estos casos presentan muy diverso grado de formalización y adolecen de un esquema común.

2.4. La información se procesa y esto afecta a su calidad

Un aspecto relevante que afecta a todo tipo de datos, y de una forma peculiar y específica a los datos geoespaciales, es su procesado. Por ejemplo, a partir de un MDE se pueden obtener modelos de pendientes, orientaciones, una red de drenaje, etc. En ese sentido, son muchas las operaciones realizadas por los sistemas de información geográfica (SIG) las que se podrían considerar y, además, numerosos los algoritmos que pueden existir para llevar a cabo cualquiera de ellas. Por ejemplo, siguiendo con el caso de los MDE, dentro de la herramienta SAGA de procesado SIG se ofrecen seis opciones para el cálculo de cuencas aportadoras: determinístico a ocho vecinos (O'Callaghan y Mark 1984), determinístico infinito (Tarboton 1997), Rho 8 (Fairfield y Leymarie 1991), múltiples direcciones de flujo (Freeman 1991), múltiples direcciones de flujo triangular (Seibert y McGlynn 2007) y modelo de relieve de Braunschweiger (Bauer y col 1985). Lo mismo ocurre para otras muchas variables derivadas de un MDE. Por ejemplo, para la pendiente podríamos considerar su cálculo usando cuatro vecinos (Fleming y Hoffer 1979), ocho vecinos (Horn 1981), ocho vecinos ponderado por la distancia o con igual peso (Sharpnack y Akin 1969), por

medio de cuatro triángulos (Mathur 1989). Guth (1995) y Hodgson (1998) presentan una comparación de algunas de estas opciones. Otro caso similar en cuanto a las numerosas opciones existentes, que se relaciona directamente con la determinación de cuencas y redes, es el procesado de depresiones o pozos; aquí podemos citar, entre otras, las propuestas de Jenson and Domingue (1988), Hutchinson (1989), Martz and Garbrecht (1998) y Planchon and Darboux (2002).

Las herramientas SIG suelen ofrecer sus algoritmos sin mayor ayuda al usuario sobre la calidad de los resultados, de tal manera que es éste quien debe tomar la decisión sobre cuál aplicar y con qué parámetros. Esto es así pues consideramos que se conoce poco sobre el comportamiento real de los algoritmos desde la perspectiva de sus resultados, y de su adecuación a situaciones concretas (p.ej. tipo de orografía en los casos anteriores). Indudablemente, existen trabajos que evalúan algunos de estos procesos. Por ejemplo, en cuanto a la determinación de la pendiente, Tang y Pilesjö (2011) evalúan ocho algoritmos en tres tipologías concretas de terrenos, Dunn y Hickey (1998) evalúan cuatro algoritmos con datos escasos, y de una forma aún más aplicada, Hickey (2000) analiza la repercusión de algunos algoritmos de determinación de la pendiente en el cálculo de la erosión por medio de la ecuación universal de pérdida de suelo. Para el caso de la determinación de cuencas existen trabajos de revisión centrados en aspectos algorítmicos (p.ej. Romero-Zaliz y Reinoso-Gordo, 2018) y otros más aplicados como el trabajo de Baker y col (2006). Este último trabaja sobre cuatrocientas veinte cuencas comparando cuatro métodos de delimitación automática de cuencas (quemado de cauce, excavación normalizada, reacondicionamiento de superficies y reacondicionamiento normalizado), frente a una delimitación manual, y analizan los resultados desde las perspectivas de la superficie delimitada y de la afectación de las estimaciones de descargas de nutrientes. Jankowsky y col (2013) analizan siete métodos de delimitación de cuencas y encuentran diferencias en superficie de las cuencas delineadas que llegan hasta el 25% del área. A pesar de estos, y otros trabajos en la misma línea, consideramos que las aportaciones son escasas, dispersas y la mayoría de las veces poco comparables. Como se indica en Ariza-López y col (2017) hacen falta conjuntos de datos de prueba para que se ofrezca un entorno común y más estandarizado a la hora de comparar los resultados de las pruebas de diferentes algoritmos. En un contexto propio de la generalización cartográfica, Beard (1989) resalta la importancia del error de uso como la componente del error más olvidada y ciertamente, la falta de conocimiento sobre la calidad de los algoritmos es una componente del error que está siendo olvidada casi de continuo.

2.5. Acercando los productores a los usuarios: la calidad funcional

Por todo lo anterior, y en coincidencia con otros autores (p.ej. Wechler 2003, etc.), consideramos que existe por parte de los usuarios una falta de entendimiento y uso de la información que les es ofrecida por los productores sobre la calidad de los datos debido a las numerosas limitaciones del marco actual y a la manera en que se aplica. Por ello, en este trabajo se propone una nueva forma de abordar la evaluación e informe de la calidad más cercana a los usuarios. Esta nueva forma la denominamos calidad funcional y está directamente vinculada a la adecuación al uso, por medio de la definición de casos de uso que se han de aplicar al conjunto de datos de interés. Por tanto, el objetivo de este trabajo es proponer esta nueva forma, definiendo qué es la calidad funcional, y estableciendo los elementos necesarios para poder abordarla: definición de caso de uso, establecimientos de características de calidad y de los métodos de evaluación.

3. DEFINIENDO LA CALIDAD FUNCIONAL

En este apartado se presenta un nuevo nivel de análisis e información sobre la calidad de los datos geospaciales, al que denominamos calidad funcional. Adjetivamos la calidad con el término «funcional» porque lo que se propone es evaluar cómo de bien «funcionan» los datos en casos de uso genéricos. Por casos de uso genéricos nos referimos a los que implican utilizar capacidades SIG, pero sin un contexto de aplicación concreto. Algunos casos de uso genéricos indicados en la bibliografía para el caso de MDE son: determinación de alturas, cálculo de pendientes, cálculo de orientaciones, delineación de redes de drenaje, análisis de visibilidad y determinación de cuencas aportadoras. Estos casos coinciden plenamente con capacidades SIG de las herramientas más comunes, pero podrían ser otros más complejos, aunque de manera algo simplificada (p.ej. cálculo del hietograma bajo ciertos supuestos). Se puede observar que el caso de uso a considerar no se completa o complementa con nada (son genéricos), es decir, por ejemplo, no se indica cálculo de pendientes «para la determinación de la erosión», simplemente se focaliza en lo sustancial, la determinación de la pendiente.

Por tanto, este nuevo nivel de evaluación e información sobre la calidad recoge el hecho de que los datos geospaciales se utilizan en procesos, vinculando datos con algoritmos para considerar de manera más completa la calidad de los resultados, que es lo que afecta más directamente a los usuarios. Así, definimos la calidad funcional como la

consistencia, frente a una referencia, de los resultados generados por un algoritmo determinado habitualmente será el considerado mejor por la comunidad de usuarios o el más utilizado al aplicarlo al conjunto de datos geospaciales que se está considerando (p.ej. un producto MDE que se utiliza para la determinación de una red hidrográfica).

El algoritmo elegido debe estar directamente relacionado con el caso de uso genérico en el que se va a trabajar (p.ej. derivación de pendientes, de red de drenaje, de cuenca aportadora, etc.), Además, para conseguir una buena especificación del caso de uso genérico por el productor, no sólo se debe indicar explícitamente el algoritmo que se aplica (y herramienta de *software*, si es necesario), sino también sus parámetros de control, si existen, y ofrecer una referencia válida para su consulta. Un ejemplo será el de un MDE sobre el que se aplique un algoritmo concreto, con determinados valores de sus parámetros de control, que derive una red de drenaje, que se comparará con una red de drenaje de referencia. Para la referencia se deben adoptar las mismas exigencias que en una evaluación de la calidad convencional: representatividad, independencia y mayor exactitud.

Esta nueva perspectiva de la calidad puede ser compleja, ya que todo está contextualizado por la utilidad de los resultados (p.ej. para análisis estadísticos de superficies, para análisis y simulaciones sobre redes de drenaje, etc.), lo que implicará requerir varios índices para cuantificarla e informar sobre ella. Por ejemplo, para el caso de una red de drenaje derivada de la aplicación de un algoritmo concreto sobre un MDE, algunos aspectos que pueden ayudar a informar sobre la calidad funcional del MDE son: desplazamientos de la red resultante, compleción de la red obtenida, problemas topológicos presentes en la red final, etc. Es decir, aspectos que pueden interesar a un usuario que utilizará esa red de drenaje en sus procesos de producción o toma de decisiones.

Por tanto, la calidad funcional:

- Es una aproximación a la adecuación al uso. Hablamos de aproximación porque el caso de uso en que está centrada es considerado como genérico y, por tanto, no estará definido por exigencias particulares de unos usuarios u otros (p.ej. para un proyecto de ingeniería las exigencias de resolución son distintas para las fases de estudio de viabilidad, anteproyecto y proyecto).

- Es la capa intermedia de un sistema de tres capas, cada una de las cuales nos acercan a la calidad desde una perspectiva distinta. La Figura 2 presenta un resumen de esta idea, donde la calidad funcional es la capa intermedia (capa 2) entre la evaluación tradicional (capa 1) realizada por el productor con parámetros casi exclusivamente de exactitud posicional (Mesa-Mingorance y Ariza-López, 2020), y la adecuación al uso propia de un usuario con unos condicionantes concretos para su aplicación (capa 3). De esta forma, se evita el problema de los incontables usuarios y condiciones

concretas de sus aplicaciones, lo que supone un contexto demasiado rico y amplio como para poder ser abordado. En el fondo, estamos siguiendo el mismo esquema que se ha mencionado en el apartado 1 para el caso del sector automovilístico respecto a la información del consumo de los vehículos.

Por tanto, los productores no sólo deberán hacerse cargo de la capa 1 (calidad interna) de la Figura 2, sino también de la capa 2 (calidad funcional), una vez hayan determinado cuáles son los casos de uso genéricos de interés. La información relativa a la capa 2 requerirá la mayor transparencia posible, e información pública y accesible para que el usuario esté bien informado, como se viene asumiendo para la capa 1. La propuesta que se realiza desde aquí consiste en aplicar el modelo ISO 19157 para la calidad de datos geoespaciales. De esta forma, la evaluación del caso de uso genérico se debe vincular con una o varias características relevantes, aplicadas y entendibles por los usuarios, y cada una de ellas se ha de vincular con una o varias medidas de la calidad (ver capítulo 8 de la norma). Las medidas de la calidad propuestas deberán ser evaluadas según un método prefijado, y el

resultado de todo ello debe presentarse en lo que la norma denomina informe de calidad independiente. Siguiendo las prescripciones de ISO 19157, se propone que ese informe se estructure en cuatro apartados: descripción del caso de uso considerado (indicando algoritmo, referencias, etc.); descripción de la evaluación (elemento de la calidad, medida, tolerancia, etc.); resultados de la evaluación (los que correspondan), y descripción detallada del método de evaluación.

4. DISCUSIÓN

Consideramos que antes de adoptar una nueva perspectiva conviene pensar si aporta o no ventajas respecto a la situación anterior. A nuestro modo de ver, las ventajas de trabajar con la calidad funcional son varias:

- La calidad funcional liga los datos a la esencia de los procesos (algoritmos) y a casos de uso aplicados. Todo ello posee una visión y vocación más aplicada que la calidad interna informada por los productores, que es mucho más datocéntrica, centrada en los propios datos, sin considerar su uso.

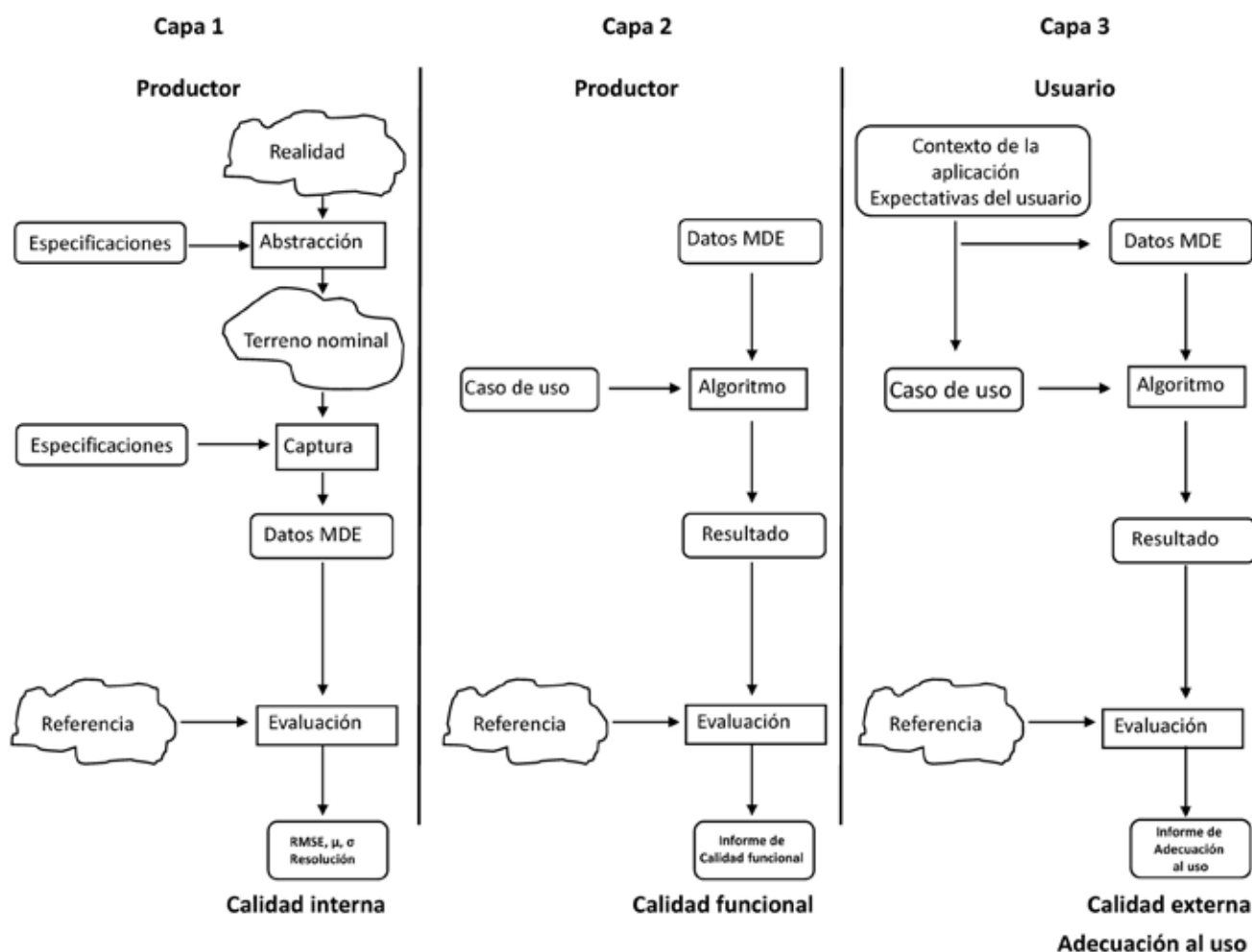


Figura 2. Modelo de tres capas relativo a la calidad

- Al quedar la calidad funcional ligada a casos de uso genéricos por medio de algoritmos, la calidad funcional elimina la incertidumbre derivada del manejo de procesos de cálculo dispares, y por ello se refiere al par: Calidad funcional = Función {conjunto de datos dado, algoritmo dado}. Es decir, siempre está presente el algoritmo como una característica propia del caso de uso genérico considerado.

- Proporciona información valiosa a los productores de datos para que puedan definir umbrales de calidad que sean sensatos, razonables y aplicados, conociendo mejor su impacto en los resultados finales.

Pero también se plantean algunos inconvenientes:

- La calidad funcional no entra en el rico contexto de la aplicación de cada usuario, por lo que no es del todo equivalente a la adecuación al uso; ofrece un estado intermedio entre los índices de calidad tradicionales y lo inabordable de evaluar la calidad para todos los contextos de usuarios. A cambio, esto permite que sí pueda ser incluida en las evaluaciones realizadas por los productores y, por tanto, sea informada en los metadatos para que los usuarios tengan una mejor apreciación, más rica e inteligible, de la calidad de los conjuntos de datos que se les ofrecen.

- Existe un cierto inconveniente, que es el generado por la diversidad de algoritmos para un mismo caso de uso genérico. Esto es un *handicap*, pues los usuarios podrán utilizar cualquier de ellos. Pero dado que las herramientas SIG más extendidas forman un conjunto limitado, y que hay algunas librerías de uso muy extendido, se podría pensar en informar sobre la calidad funcional recurriendo a los algoritmos más populares entre los usuarios que están incluidos en las referidas herramientas.

- Si se duda entre varios algoritmos para un mismo caso genérico, realmente no se sabe qué algoritmo es mejor, bajo qué circunstancias y qué valores de parámetros de control son los más adecuados (si existen tales parámetros). De cualquier manera, dado que para la evaluación se requiere una referencia adecuada, la evaluación de diversos algoritmos podría realizarse respecto a esa misma referencia sin demasiado coste adicional. Consideramos que estos inconvenientes no menoscaban la utilidad de la calidad funcional, dado que con ella también se pone el foco en un aspecto, la calidad de los procesamientos, que siempre ha sido un punto débil en el entorno SIG.

En cualquier caso, esta manera de informar es una llamada de atención a aquellos usuarios que no prestan demasiada atención a los algoritmos de procesado y que consideran que todo resultado digital es bueno por sí mismo. También es una llamada de atención a los productores para conocer mejor qué aplicaciones tienen sus productos de datos. En general, permitirá introducir más transparencia y entendimiento a la hora de comparar datos y los resultados de sus procesados.

5. CONCLUSIONES

La principal aportación de este trabajo es conceptual y se ha centrado en justificar la necesidad de introducir un nuevo nivel de evaluación de la calidad, la calidad funcional, que resulte más informativo para los usuarios pero que no impida que pueda ser aplicado por los productores. Este nuevo nivel de evaluación es intermedio entre la calidad, como es entendida y materializada actualmente por los productores, y la calidad en el entorno de aplicación, que es lo que realmente interesa al usuario. La calidad funcional puede ser desarrollada sin problemas sobre el marco de ISO 19157, siempre que se permita la definición de nuevos elementos y medidas de la calidad, aspecto que parece será posible con la nueva versión de ISO 19157 que está pendiente de aprobación. Además, su aplicación requiere la especificación formal de casos de uso genéricos, y la posible utilización conjunta de varias medidas para definir adecuadamente la complejidad del caso de uso. La calidad funcional vincula los datos geoespaciales con sus procesados, por lo que ofrece una forma mucho más cercana a los usuarios y puede ayudar a los productores a estar más atentos a las necesidades de aquellos.

Este trabajo tan sólo presenta la idea de qué es la calidad funcional y del porqué de su necesidad. Pensando en un futuro próximo, se seguirá trabajando en esta línea para desarrollar ejemplos completos que puedan ser ilustrativos de cómo abordarla de una manera aplicada y mostrar más explícitamente las ventajas de su utilización.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el proyecto «Calidad funcional en modelos digitales de elevaciones en ingeniería» (https://coello.ujaen.es/investigacion/web_giic/funquality4dem/) gracias a la ayuda concedida por la Agencia Estatal de Investigación PID2019-106195RB-I00/AEI/10.13039/501100011033.

REFERENCIAS

- alphaBeta (2017). the economic impact of geospatial services: how consumers, businesses and society benefit from location-based information. https://alphabetabeta.com/wp-content/uploads/2017/09/GeoSpatial-Report_Sept-2017.pdf [19/11/2021]
- Ariza-López FJ, Chicaiza Mora EG, Mesa Mingorance JL, Jianhong Cai, Reinoso Gordo JF (2018). ADEMs: An Approach to Users and Uses from the Quality Perspective. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2018, Vol.13, 131-171

- Special Section: INSPIRE (Full Research Article).
- Ariza-López FJ, Reinoso-Gordo JF, García-Balboa JL, Ariza-López IA (2022). Quality specification and control of a point cloud from a TLS survey using the ISO 19157 framework, the Ariza Bridge case. *Automation in Construction*, 140 (104353). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104353>.
- Ariza-López, FJ (2002). *Calidad en la Producción Cartográfica*. Editorial Ra-Ma, Madrid.
- Batini, C., Scannapieco, M. (2016). *Data and information quality. Dimensions, Principles and techniques*. Springer.
- Bauer, J., Rohdenburg, H., Bork, H.-R. (1985). En *Digitales Reliefmodell als Voraussetzung fuer ein deterministisches Modell der Wasser und Stoff-Fluesse, Landschaftsgenese und Landschaftsoekologie*, H.10, Parametereaufbereitung fuer deterministische Gebiets-Wassermodelle, *Grundlagenarbeiten zu Analyse von Agrar-Oekosystemen*, (Eds.: Bork, H.-R. / Rohdenburg, H.), p.1-15
- Beard M.K., "Use error: the neglected error component", *Proc. Auto-Carto 9*, 1989, Baltimore, USA, ACSM-ASPRS, p 808417.
- Boin A.T., Hunter G.J. (2009). What communicates Quality to the spatial Data Consumer?. En Stein A, Shi W, Bijker W (2009). *Quality aspects in Spatial Data Mining*. CRC Press.
- Darnell, A.R. N.J. Tate and C. Brunson (2008). Improving user assessment of error implications in digital elevation models. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32 (4):268-277.
- De Bièvre, Paul. (2010). 'Fitness-for-intended-use' is an important concept in measurement. *Accreditation and Quality Assurance* 15, 545-546. [10.1007/s00769-010-0696-3](https://doi.org/10.1007/s00769-010-0696-3).
- Devillers, R., Beard K (2006). Communication and use of spatial data quality information in GIS. En Devillers, R. y Jeansoulin, R. (Ed). *Fundamental of Spatial Data quality*. GIS Series ISTE.
- Devillers, R., Gervais, M., Bédard, Y. and R. Jeansoulin (2002), "Spatial Data Quality: From Metadata to Quality Indicators and Contextual End-User Manual". *Proceedings of OEEPE/ISPRS Joint Workshop on Spatial Data Quality Management*, March 21-22, 2002, Istanbul. pp. 45-55
- Devillers, R., Yvan, B., Jeansoulin, R. (2005). *Multidimensional Management of Geospatial Data Quality Information for its Dynamic Use Within GIS*. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (PE&RS). 71. 205-215. [10.14358/PERS.71.2.205](https://doi.org/10.14358/PERS.71.2.205).
- DGT (2020): *Nuevas mediciones, consumos más reales*. <https://revista.dgt.es/es/motor/reportajes/2020/1217-WLTP.shtml> [accedido 18/11/2021]
- Dunn M., Hickey R. (1998) The effect of slope algorithms on slope estimates within a GIS, *Cartography*, 27:1, 9-15, DOI: [10.1080/00690805.1998.9714086](https://doi.org/10.1080/00690805.1998.9714086)
- English, L. (1999). *Improving data warehouse and business information quality*. New York: Wiley.
- EU (2007). Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2007 on type-approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information [Official Journal L 171, 29.6.2007]
- EU (2017). Commission Regulation (EU) 2017/1347 of 13 July 2017 correcting Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Regulation (EU) No 582/2011 and Commission Regulation (EU) 2017/1151 supplementing Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council on type-approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information, amending Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Regulation (EC) No 692/2008 and Commission Regulation (EU) No 1230/2012 and repealing Regulation (EC) No 692/2008
- Fairfield, J., Leymarie, P. (1991). Drainage networks from grid digital elevation models', *Water Resources Research*, 27:709-717
- FGDC (1998). FGDC-STD-007.3-1998. The National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA). Federal Geographic Data Committee.
- Fisher, P.F. and N.J. Tate (2006). Causes and Consequences of Error in Digital Elevation Models. *Progress in Physical Geography*, 30, 467-489.
- Fleming, M. D., and R. M. Hoffer. 1979. Machine processing of Landsat MSS data and DMA topographic data for forest cover type mapping. LARS Technical Report 062879. Laboratory for Applications of Remote Sensing, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA
- Freeman, G.T. (1991). Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid, *Computers and Geosciences*, 17:413-22
- Guth, P.L., 1995, Slope and aspect calculations on gridded digital elevation models: Examples from a geomorphometric toolbox for personal computers: *Zeitschrift fur Geomorphologie N.F. Supplementband 101*:31-52.
- Hickey R. (2000) Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS, *Cartography*, 29:1, 1-8, DOI: [10.1080/00690805.2000.9714334](https://doi.org/10.1080/00690805.2000.9714334)
- Horn, B. K. P. 1981. Hill shading and the reflectance map. *Proceedings of the IEEE* 69(1): 14-47.
- Hutchinson MF. 1989. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology* 106: 211- 232.
- Hutchinson, M. F., J. L. Stein, J. C. Gallant, and T. I. Dowling 2013. "New Methods for Incorporating and Analyzing Drainage Structure in Digital Elevation Models." In *Proceedings of the 3rd International Conference on Geomorphometry*. Nanjing, China. Available at <http://geomorphometry.org/Hutchinson2013>
- ICSM (2008). *ICSM Guidelines for Digital Elevation Data v.1*. Inter-governmental Committee on Surveying and Mapping (ICSM). <http://www.icsm.gov.au/elevation/ICSM-GuidelinesDigitalElevationDataV1.pdf>

- Illari P. (2014) IQ: Purpose and Dimensions. In: Floridi L., Illari P. (eds) *The Philosophy of Information Quality*. Synthese Library (Studies in Epistemology, Logic, Methodology, and Philosophy of Science), vol 358. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07121-3_14
- Indecon (2014). Assessment of the Economic Value of the Geospatial Information Industry in Ireland. <https://osi.ie/wp-content/uploads/2016/02/Economic-Value-of-the-Geospatial-Information.pdf> [19/11/2021]
- ISO (2013). ISO 19157:2013 Geographic information — Data quality
- ISO (2015). ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements
- ISO (2016). ISO 8000-61:2016. Data quality — Part 61: Data quality management: Process reference model.
- ISO (2020). ISO 8000-2:2020 Data quality — Part 2: Vocabulary
- ISO, IEC (2008). ISO/IEC 25012:2008 Software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Data quality model
- Jankowfsky S., Branger F., Braud I, Gironas J, Rodriguez F (2013). Comparison of catchment and network delineation approaches in complex suburban environments. Application to the Chau-danne catchment, France. *Hydrological Processes*, Wiley, 27(25), p. 3747 - p. 3761. 10.1002/hyp.9506.
- Jenson, S. K, and J O. Dominique. 1988. Extracting topographic structure from digital elevation model data for geographic information system analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 54 (11): 1593-600.
- Kevin H. Jones, (1998). A comparison of algorithms used to compute hill slope as a property of the DEM, *Computers & Geosciences*, Volume 24, Issue 4, Pages 315-323, ISSN 0098-3004, [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(98\)00032-6](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(98)00032-6).
- Lee, Y. W., Strong, D. M., Kahn, B. K., & Wang, R. Y. (2002). AIMQ: A methodology for information quality assessment. *Information & Management*, 40(2), 133-146. doi: 10.1016/S0378-7206(02)00043-5.
- Lemmens, M.J.P.M. (1999). Uncertainty in automatically sampled digital elevation models. In Lowell, K., Jaton A. (Ed). *Spatial accuracy assessment: Land information uncertainty in natural resources*. Sleeping bear Press, Inc. pp. 339-407.
- Martz, L. W., and J. Garbrecht. 1998. "The Treatment of Flat Areas and Depressions in Automated Drainage Analysis of Raster Digital Elevation Models." *Hydrological Processes* 12: 843-855. doi:10.1002/(ISSN)1099-1085
- Mathur, P. 1989. Calculation of slope angles from DEM. *Cartography Specialty Group Student Papers*. pp. 15-27.
- Matthew E. Baker, Donald E. Weller, and Thomas E. Jordan (2006) Comparison of Automated Watershed Delineations: Effects on Land Cover Areas, Percentages, and Relationships to Nutrient Discharge PE&RS
- Maydanchik, A. (2012). *Data Quality Assessment*. Data quality for practitioners' series. Technics Publications, LLC
- McGilvray, D. (2008). *Executing Data Quality Projects*. Ten Steps to Quality data and trusted Information. Morgan Kaufmann.
- Mesa-Mingorance JL., Ariza-López FJ (2020). Accuracy Assessment of Digital Elevation Models (DEMs): A Critical Review of Practices of the Past Three Decades *Remote Sensing* 12, no. 16: 2630. <https://doi.org/10.3390/rs12162630>
- Mesa-Mingorance, J.L.; Chicaiza-Mora, E.G.; Buenaño, X.; Cai, J.; Rodríguez-Pascual, A.F.; Ariza-López, F.J. Analysis of Users and Uses of DEMs in Spain. *Int. J. Geo-Inf.* 2017, 6, 406
- Michael E. Hodgson (1998) Comparison of Angles from Surface Slope/Aspect Algorithms, *Cartography and Geographic Information Systems*, 25:3, 173-185, DOI: 10.1559/152304098782383106
- O'Callaghan, J.F., Mark, D.M. (1984). 'The extraction of drainage networks from digital elevation data', *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 28:323-344
- Olson, J. (2003). *Data Quality: The Accuracy Dimension*. Morgan Kaufmann Publishers.
- OS (2013). OS TERRAIN 5 User guide and technical specification. Ordnance Suevoey, UK.
- Oxera (2013). What is the economic impact of Geo services? https://www.oxera.com/wp-content/uploads/2018/03/What-is-the-economic-impact-of-Geo-services_1-1.pdf [19/11/2021]
- Planchon, O., and F. Darboux. 2002. "A Fast, Simple and Versatile Algorithm to Fill the Depressions of Digital Elevation Models." *Catena* 46: 159-176. doi:10.1016/S0341-8162(01)00164-3.
- Podobnikar T. (2009). Methods for visual quality assessment of a digital terrain model. *SAPIENS*. 2(2):1-10. <https://sapiens.revues.org/738> [accessed 26 October 2017].
- Redman, T.C. (2013). Data Quality Management Past, Present and Future. En Sadiq, S. (Ed.) *Handbook of Data Quality*. Research and Practice. Springer.
- Reinoso-Gordo, J.F. (2020). Casos de uso. En proyecto: "Calidad funcional de modelos digitales de elevaciones del terreno en ingeniería", Programa Estatal, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Convocatoria 2019.
- Romero-Zaliz R., Reinoso-Gordo J. (2018) An Updated Review on Watershed Algorithms. In: Cruz Corona C. (eds) *Soft Computing for Sustainability Science*. Studies in Fuzziness and Soft Computing, vol 358. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62359-7_12
- Seibert, J., McGlynn, B. (2007). 'A new triangular multiple flow direction algorithm for computing upslope areas from gridded digital elevation models', *Water Resources Research*, Vol. 43, W04501
- Sharpnack, D. A, and G. Akin. 1969. An algorithm for computing slope and aspect from elevations. *Photogrammetric Engineering* 35(3): 247-8.
- Spatineo, GIS-kvalitet i Norden (2019). The economic benefits of geodata in digital urban planning and building process in Sweden. [19/11/2021]
- Tang J., & P. Pilesjö (2011). Estimating slope from raster data: a test of eight different algorithms in flat, undulating and steep terrain. In *River Basin management VI* 143. doi: 10.2495/RM110131
- Tang J., Pilesjö P. (2011). Estimating slope from raster data: a test of

- eight different algorithms in flat, undulating and steep terrain. En River basin management.
- Tarboton, D.G. (1997). 'A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models', Water Resources Research, Vol.33, No.2, p.309-319
- Tarquini, S., and L. Nannipieri (2017). The 10 m-resolution TINITALY DEM as a trans-disciplinary basis for the analysis of the Italian territory: Current trends and new perspectives. Geomorphology 281:108-115.
- The Economist (2017). The world's most valuable resource is no longer oil, but data. <https://www.economist.com/leaders/2017/05/06/the-worlds-most-valuable-resource-is-no-longer-oil-but-data>
- Vasseur, B., Jeansoulin, R., Devillers, R., Frank, A. (2006). External quality evaluation of geographical applications: an ontological approach. En Devillers, R. y Jeansoulin, R. (Ed). Fundamental of Spatial Data quality. GIS Series ISTE.
- Veregin, H. (1999). Data quality parameters. En P.A. Goodchild MF Maguire DJ Rhind DW (Ed) Geographical Information Systems Longley, NY, John Wiley & Sons.
- Wechsler, S.P. Perceptions of Digital Elevation Model Uncertainty by DEM Users. URISA J. 2003, 15, 57-64.

Sobre los autores

Francisco Javier Ariza López

Desde 1994 ha impartido asignaturas relacionadas con la topografía, la producción cartográfica, la reproducción de mapas, los sistemas de información geográfica, las infraestructuras de datos espaciales, el desarrollo de aplicaciones SIG e IoT, etc. Sus líneas de investigación abarcan la calidad de datos y procesos, la generalización cartográfica y las aplicaciones de los SIG y la teledetección al medio ambiente. Es autor de más de cien artículos, de cuatro libros en la temática de la calidad de datos geoespaciales, de varias normas y guías sobre calidad de datos. Ha dirigido más de cien trabajos tutelados de alumnos y trece tesis doctorales centradas en el ámbito geoespacial. Ha dirigido varios proyectos de investigación del Plan Nacional, así como numerosos proyectos con empresas y administraciones nacionales e internacionales en el campo de la geomática.

Juan Francisco Reinoso Gordo

Doctor en Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, actualmente es Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Expresión Gráfica, Arquitectónica y en la Ingeniería de la Universidad de Granada, impartiendo clase en las titulaciones de Grado en Ingeniería Civil y Grado en estudios de Arquitectura. Previamente trabajó en empresa constructora, en el Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire y fue profesor en la Universidad de Jaén. Ha realizado estancias internacionales en las Universidades de California, Davis (EEUU) y Federale do Paraná (Brasil). Ha sido investigador principal en varios proyectos de investigación relacionados con la calidad BIM y con la calidad funcional de modelos digitales de elevaciones. También ha investigado sobre la documentación digital del Patrimonio mediante técnicas fotogramétricas y escáner láser. Es miembro del Grupo de

Investigación Ingeniería Cartográfica (TEP164) y del laboratorio Survey and Modelling Lab (SMLAB).

José Luis García Balboa

Ingeniero Técnico en Topografía (1997), Ingeniero en Geodesia y Cartografía (1998) y Doctor por la Universidad de Jaén (2006). Profesor del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén desde 1999, ha impartido asignaturas relacionadas con la topografía, la producción cartográfica, las infraestructuras de datos espaciales y la teledetección en diversos títulos de grado, máster y doctorado. Ha sido coordinador del Máster propio en Evaluación y Gestión de la Calidad de la Información Geográfica. Miembro del Grupo de Investigación Ingeniería Cartográfica (TEP164), sus áreas de investigación se centran en la calidad de la información geográfica, la generalización cartográfica y la incertidumbre de medida en la instrumentación topográfica, siendo autor de diversas publicaciones internacionales con índice de impacto. Colabora con entidades de normalización, participando activamente en la elaboración y traducción de normas y guías sobre calidad de datos.

Antonio F. Rodríguez Pascual

Antonio F. Rodríguez Pascual (Madrid, 1959), licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid, ingresó como Ingeniero Geógrafo en el IGN en el año 1986 por oposición y en el Cuerpo Superior de Sistemas y Tecnologías de la Información en 1993 por concurso. Ha sido subdirector del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), secretario y presidente del UNE/CTN 148 «Información geográfica digital» y Profesor Asociado en la UPM durante 16 años. Tiene experiencia en Cartografía Asistida por Ordenador, MDT, Bases de Datos, SIG, Modelado, Calidad, Metadatos, Normalización, IDE, servicios web y datos abiertos.