

MAPPING

VOL. 24 • Nº 170 • MARZO-ABRIL 2015 • ISSN: 1131-9100

DEMto3D:
la nueva herramienta
que une SIG e impresión 3D

**INTEGRACIÓN DE LAS
COBERTURAS SIOSE**
en el sistema productivo
del Mapa Topográfico Nacional
a escala 1:25.000

GUÍA PARA LA REDACCIÓN
de referencias bibliográficas
de documentación cartográfica

**HISTORIA DE LA CARTOGRAFÍA
METROLOGÍA HISPÁNICA
EN LA OBRA DE J.B. D'ANVILLE**

Día Internacional de la Tierra

FORCLIM:
impacto del cambio climático en los bosques iberoamericanos

MAPPING

VOL.24 Nº170 MARZO-ABRIL 2015 ISSN 1131-9100

Sumario



Pág. 4

FORCLIM: impacto del cambio climático en los bosques iberoamericanos.
FORCLIM: the impact of the climate change on the iberoamerican forests.
Ángel M. Felicísimo Pérez y Aurora Cuartero Sáez



Pág. 24

DEMto3D, la nueva herramienta que une SIG e impresión 3D.
DEMto3D, the new tool that joins GIS and 3D printing.
Francisco Javier Venceslá Simón, Francisco Javier Ariza-López y Manuel Antonio Ureña Cámara



Pág. 30

Integración de las coberturas SIOSE en el sistema productivo del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000.
SIOSE coverage integration into the productive system of National Topographic Map at scale 1: 25.000.
Eduardo Núñez Maderal, Julián Delgado Hernández, Nuria Valcárcel Sanz, Xalo Fernández Villarino y Alfonso Boluda Sánchez

GUÍA PARA LA REDACCIÓN DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE DOCUMENTACIÓN CARTOGRÁFICA

Pág. 44

Guía para la redacción de referencias bibliográficas de documentación cartográfica.
Guide to writing bibliographic references of cartographic documentation.

José Rueda Murria y Ana Santamaría Gutiérrez



Pág. 58

Historia de la Cartografía
Metrología Hispánica en la obra de J.B. d'Anville.
Spanish metrology in the work of J.B. d'Anville.

Mario Ruiz Morales



Pág. 64

Mundo Blog



Pág. 68

Mundo Tecnológico



Pág. 70

Noticias y Eventos

Pág. 76

Agenda

El conocimiento de hoy es la base del mañana

MAPPING es una publicación técnico-científica con 24 años de historia que tiene como objetivo la difusión de las investigaciones, proyectos y trabajos que se realizan en el campo de la Geomática y las disciplinas con ella relacionadas (Información Geográfica, Cartografía, Geodesia, Teledetección, Fotogrametría, Topografía, Sistemas de Información Geográfica, Infraestructuras de Datos Espaciales, Catastro, Medio Ambiente, etc.) con especial atención a su aplicación en el ámbito de las Ciencias de la Tierra (Geofísica, Geología, Geomorfología, Geografía, Paleontología, Hidrología, etc.). Es una revista de periodicidad bimestral con revisión por pares doble ciego. MAPPING está dirigida a la comunidad científica, universitaria y empresarial interesada en la difusión, desarrollo y enseñanza de la Geomática, ciencias afines y sus aplicaciones en las más variadas áreas del conocimiento como Sismología, Geodinámica, Vulcanología, Oceanografía, Climatología, Urbanismo, Sociología, Planificación, Historia, Arquitectura, Arqueología, Gobernanza, Ordenación del Territorio, etcétera.

La calidad de la geotecnología hecha revista

MAPPING is a technical- scientific publication with 24 years of history which aims to disseminate the research, projects and work done in the framework of the disciplines that make Geomatics (GIS, Cartography, Remote Sensing, Photogrammetry, Surveying, GIS, Spatial Data Infrastructure, Land Registry, Environment, etc.) applied in the field of Earth Sciences (Geophysics, Geology, Geomorphology, Geography, Paleontology, Hydrology, etc.). It is a bimonthly magazine with double-blind peer review. MAPPING is aimed at the scientific, academic and business community interested in the dissemination and teaching of Geomatics and their applications in different areas of knowledge that make up the Earth Sciences (Seismology, Geodynamics, Volcanology, Urban Planning, Sociology, History, Architecture Archaeology , Planning, etc.)

MAPPING

VOL.24 Nº170 MARZO-ABRIL 2015 ISSN 1131-9100

DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA

eGeoMapping S.L.
C/ Linneo 37. 1ºB. Escalera Central
28005. Madrid. España
Teléfono: 910067223
info@mappinginteractivo.es
www.mappinginteractivo.es

MAQUETACIÓN

Atlis Comunicación - atlis.es

IMPRESIÓN

Podiprint

Los artículos publicados expresan sólo la opinión de los autores. Los editores no se identifican necesariamente con las opiniones recogidas en la publicación. Las fotografías o imágenes incluidas en la presente publicación pertenecen al archivo del autor o han sido suministradas por las compañías propietarias de los productos. Prohibida la reproducción parcial o total de los artículos sin previa autorización y reconocimiento de su origen. Esta revista ha sido impresa en papel ecológico.



FOTO DE PORTADA:

Vista del Lago del Espejo
en el Monasterio de Piedra
(Zaragoza. España)
Autores: Marta García Rodríguez y
Gabriel González Calero

Depósito Legal: M-14370-2015

ISSN: 1131-9100 / eISSN: 2340-6542

Los contenidos de la revista MAPPING
aparecen en: CSIC/CYT, GeoRef, Dialnet,
Latindex, Geoscience e-Journals, REBIUN,
Recolecta, Catálogo BNE, Copac, IN-RECS,
CIRC, MIAR, DULCINEA

PRESIDENTE

Benjamín Piña Patón

DIRECTOR

Miguel Ángel Ruiz Tejada
maruiz@egeomapping.com

REDACTORA JEFA

Marta Criado Valdés
mcriado@egeomapping.com

CONSEJO DE REDACCIÓN

Julián Aguirre de Mata
ETSITGC. UPM. Madrid

Manuel Alcázar Molina
UJA. Jaén

Marina A. Álvarez Alonso
ETSII. UPM. Madrid

Carlos Javier Broncano Mateos
Escuela de Guerra del Ejército. Madrid

Joan Capdevilla Subirana
Área de Fomento de la Delegación del
Gobierno. Cataluña

Daniel Emilio Carrasco Díaz
Indra Espacio. Madrid

Diego Cerda Seguel
KMLLOT.COM. Chile

Efrén Díaz Díaz
Abogado. Bufete Mas y Calvet. Madrid.

Mercedes Farjas Abadía
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen Femenia Ribera
ETSIGCT. UPV. Valencia

Javier Fernández Lozano
Fac. Ciencias. USAL. Salamanca

M^a Teresa Fernández Pareja
ETSITGC. UPM. Madrid

Florentino García González
Abogado

Diego González Aguilera
EPSA. USAL. Salamanca

Francisco Javier González Matesanz
IGN. Madrid

Luis Joyanes Aguilar
UPSAM. Madrid

Álvaro Mateo Milán
CECAF. Madrid.

Israel Quintanilla García
ETSIGCT. UPV. Valencia

Antonio Federico Rodríguez Pascual
IGN. Madrid

Roberto Rodríguez-Solano Suárez
EUITF. UPM. Madrid

Andrés Seco Meneses
ETSIA. UPNA. Navarra

Cristina Torrecillas Lozano
ETSI. US. Sevilla

Antonio Vázquez Hoehne
ETSITGC. UPM. Madrid

CONSEJO ASESOR

Maximiliano Arenas García
Acciona Infraestructuras. Madrid

Rodrigo Barriga Vargas
IPGH. México

Miguel Bello Mora
Elecnor Deimos. Madrid

Pilar Chías Navarro
UAH. Madrid

Ignacio Durán Boo
Informática El Corte Inglés. Madrid

Ourania Mavrantza
KTIMATOLOGIO S.A. Grecia

Julio Mezcua Rodríguez
Fundación J. García-Siñeriz

Javier Peñafiel de Pedro
TOPCON POSITIONING SPAIN. Madrid

Benjamín Piña Patón
Área de Fomento de la Delegación del
Gobierno. Cantabria

Jesús Velasco Gómez
ETSITGC. UPM. Madrid

FORCLIM: impacto del cambio climático en los bosques iberoamericanos

REVISTA **MAPPING**
Vol. 24, 170, 4-22
marzo-abril 2015
ISSN: 1131-9100

FORCLIM: the impact of the climate change on the iberoamerican forests

Ángel M. Felicísimo Pérez y Aurora Cuartero Sáez

Resumen

FORCLIM es el acrónimo de la «Red Iberoamericana para el estudio de ecosistemas forestales ante el cambio climático global», formada por grupos de seis países e integrado en las acciones promovidas por el programa CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo). FORCLIM se desarrolló en el periodo 2009-2012 con el objetivo de consolidar métodos y difundir técnicas para la modelización del impacto del cambio climático en la distribución de los bosques. Al final de su desarrollo, se ha llegado a la consolidación de una línea de trabajo con métodos estandarizados que permiten abordar por cualquier grupo u organización los análisis básicos sobre el tema principal de la Red. En este artículo se presenta un resumen del trabajo realizado incluyendo una explicación de la metodología, una muestra de los resultados y una discusión sobre ventajas y problemas del método propuesto.

Abstract

FORCLIM stands for the «Ibero-american Network for the study of the impact of the climate change on forest ecosystems». FORCLIM consists of research groups from six countries and is part of the actions promoted by the program CYTED (Science and Technology for Development). The project was implemented in the period 2009-2012 in order to consolidate and disseminate technical methods for modelling the impact of climate change on forest distribution. At the end of the project, has established a line of work with standardized methods. The workflow can address any group or organization for basic analysis on the main theme of the Network. This article is a summary of work including an explanation of the methodology, a sample of the results and a discussion of advantages and problems of the proposed method.

Palabras clave: cambio climático, ecosistemas forestales, red de investigación, CYTED.

Keywords: *climate change, forest ecosystems, research network, CYTED.*

Centro Universitario de Mérida. Universidad de Extremadura.
amfeli@unex.es
Escuela Politécnica. Universidad de Extremadura.
acuartero@unex.es

Recepción 02/01/2015
Aprobación 18/02/2015

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una modificación del clima respecto a la historia reciente y hablamos de cambio climático global (CCG) cuando nos referimos a cambios en el clima del planeta en su conjunto. El clima en la Tierra ha sido siempre variable según lo atestiguan numerosos registros, por lo que podría hablarse de un cambio climático continuo. Sin embargo, la preocupación actual no es sólo por el cambio en sí mismo, sino por la velocidad a la que se produce. En otras épocas, los ecosistemas disponían de miles de años para adaptarse a las variaciones climáticas naturales. Actualmente, sin embargo, los cambios pueden producirse en cuestión de décadas con lo que la adaptación natural puede ser imposible.

Los ecosistemas forestales, en equilibrio con su entorno físico y climático, suponen el nivel más avanzado en la sucesión ecológica. Dado que el CCG modificará previsiblemente los escenarios actuales, influirá en la distribución espacial de los bosques y posiblemente en características como la estructura, la composición específica y los ciclos de materia y energía. Estos cambios afectarán a las formas de interacción entre el hombre y la naturaleza, a los sistemas socioeconómicos y a la calidad de vida de la población local.

La intensidad y localización de estas modificaciones son desconocidas, pero su repercusión en las economías locales y en la diversidad biológica será previsiblemente importante. Si el CCG continúa, una estrategia razonable para anticiparse a sus efectos es determinar las zonas de cambio y la intensidad del mismo, conocimiento que serviría para plantear directrices sobre políticas de preservación, prospección y estudio, así como para priorizar actuaciones en planes de gestión a medio y largo plazo.

Los análisis necesarios para estimar los impactos del CCG sobre los bosques pueden hacerse con métodos diversos por lo que se hace conveniente definir un flujo de trabajo estándar que pueda ser utilizado por cualquier grupo interesado en el tema. Este flujo deberá basarse en métodos contrastados y, en lo posible, debería poderse realizar con aplicaciones informáticas de bajo coste.

En este contexto se organizó en el año 2008 la «Red Iberoamericana para el estudio de ecosistemas forestales ante el cambio climático global» (FORCLIM), incluida en una de las acciones del programa CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo). Los objetivos planteados fueron intercambiar conocimiento entre grupos internacionales, consolidar medios y métodos y difundir técnicas de estudio de este fenómeno en el marco geográfico iberoamericano. El objetivo de este artículo es dar a conocer el trabajo desarrollado y los resultados obtenidos.

Presentaremos brevemente en primer lugar el progra-

ma CYTED, la red FORCLIM y sus objetivos. A continuación se presentarán los datos empleados en la generación de los modelos de distribución potencial de ecosistemas forestales, la metodología empleada y propuesta por la Red. Finalmente, se mostrarán algunos resultados, necesariamente sintéticos, y se realizará una discusión sobre las posibilidades y limitaciones que ofrece la metodología propuesta.

2. CYTED Y FORCLIM

El Programa CYTED (<http://cyted.org/>) es un programa internacional de cooperación científica y tecnológica multilateral de ámbito iberoamericano. CYTED fue creado en 1984 mediante un acuerdo de 19 países de América Latina, España y Portugal. Entre los objetivos destacan complementar las funciones de los sistemas de ciencia y tecnología nacionales y transferir la información, resultados y tecnología entre los diferentes países iberoamericanos.

El programa es multidisciplinar con varias áreas temáticas. FORCLIM se formó como una «Red Temática» integrada en el área «Desarrollo Sostenible, Cambio Global y Ecosistemas» y, dentro de esta, en la línea «Evaluación integrada del impacto del cambio climático en ecosistemas forestales». FORCLIM está formada por siete grupos de seis países y coordinada desde la Universidad de Extremadura (Figura 1).

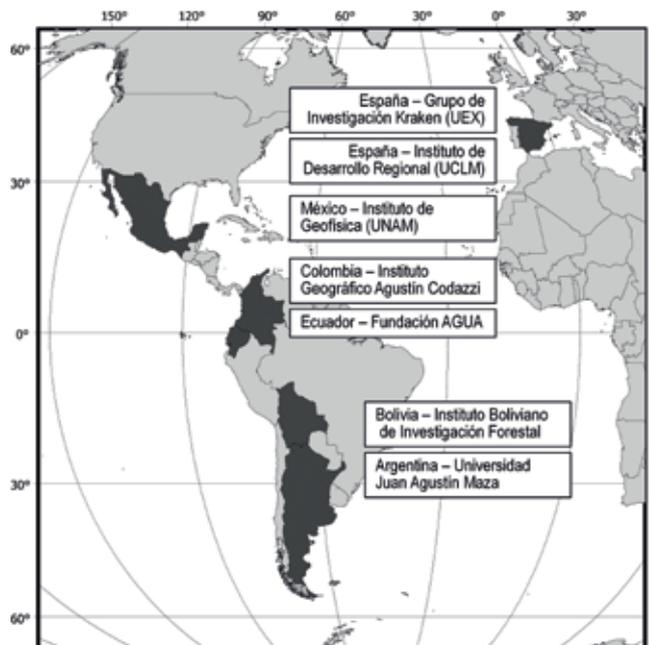


Figura 1. Entidades participantes (UEX: Universidad de Extremadura; UCLM: Universidad de Castilla-La Mancha; UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México; Fundación AGUA: Fundación para la Investigación y Conservación de Ecosistemas Acuáticos)

3. OBJETIVOS

El objetivo general de la red es modelar los efectos potenciales del cambio climático en los ecosistemas forestales de Iberoamérica. Los objetivos específicos son:

- Analizar la disponibilidad de datos básicos climáticos y forestales en Iberoamérica.
- Analizar los métodos disponibles para construir modelos de distribución potencial actuales y futuros de las formaciones forestales.
- Proponer un flujo de trabajo susceptible de ser utilizado con medios informáticos reducidos y aplicaciones de bajo coste.
- Difundir la metodología propuesta en el ámbito iberoamericano.

4. DATOS

La información básica incluye a) mapas de variables climáticas actuales y futuras y b) mapas de distribución de bosques en cada país. Los datos disponibles para cada país y las superficies estudiadas han sido diferentes. En el caso de Bolivia, Colombia, España y México se han realizado los modelos de la totalidad de cada país y en los casos de Argentina y Ecuador los estudios se han limitado a una parte de la superficie total (zona andina).

4.1. Datos de bosques

En la recopilación de información surgieron los primeros problemas prácticos. La información sobre bosques o cubierta del suelo en general es diferente en cada país y la accesibilidad es también muy distinta. En algunos, la información es realmente pública mientras que en otros es necesario pasar por trámites administrativos complejos y a veces incluso inútiles porque no conducen a la obtención de información. Los problemas planteados en esta fase del trabajo ratifican una primera conclusión que comentaremos posteriormente: la necesidad de que la información territorial sea pública y accesible para que cualquier persona interesada pueda trabajar con ella.

Además de los problemas de accesibilidad a la información básica, no existen mapas forestales o de vegetación con una leyenda unificada o con leyendas compatibles con base taxonómica. Este es otro problema importante que merecería un proyecto coordinado por todos los países iberoamericanos. Un mapa unificado con una leyenda con base taxonómica (no paisajística o bioclimática) permitiría mejorar los análisis al poder cubrir toda el área de distribución de las especies y no solamente áreas parciales cortadas por límites administrativos. Ante la ausencia de una cobertura unificada, cada grupo ha aportado la información cartográfica

que tenía disponible y que era potencialmente utilizable en el proyecto. A partir de los mapas se han determinado los bosques que podían incluirse en el estudio, a veces con base taxonómica, otras veces con enfoques distintos. La síntesis de los datos utilizados es la siguiente:

- Argentina: PRIMER INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS (Máximo Bibiloni, Menéndez, La Rocca, Juárez, & Fabricant, 2002) a escala 1:1.100.000 del Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas.
- Bolivia: MAPA DE VEGETACIÓN DE BOLIVIA a escala 1:250.000 (Navarro & Ferreira, 2007).
- Colombia: MAPA DE ECOSISTEMAS CONTINENTALES, COSTEROS Y MARINOS DE COLOMBIA (IDEAM et al., 2007).
- Ecuador: MAPA DE FORMACIONES VEGETALES REMANENTES DE LOS ANDES DEL ECUADOR (Baquero et al., 2004) a escala 1:250.000.
- España: MAPA FORESTAL DE ESPAÑA (Ruiz de la Torre, 1990) a escala 1:200.000.
- México: USO DE SUELO Y VEGETACIÓN MODIFICADO POR CONABIO de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 1999) a 1:1.000.000.

4.2. Datos de clima

En la actualidad no existen mapas climáticos accesibles del clima reciente para los países americanos incluidos en la Red. La única referencia encontrada al respecto es la del INPE que, dentro del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo ha elaborado modelos de proyección a escenarios futuros pero no están disponibles públicamente.

La solución para disponer de mapas climáticos actuales y futuros de América fue acudir a la base de datos WorldClim (<http://www.worldclim.org/>) que, con una resolución espacial de 1 km², tiene cobertura mundial (Hijmans, Cameron, Parra, Jones, & Jarvis, 2005). Para el caso de España la información climática básica fue proporcionada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), tanto respecto a los datos de clima reciente como a las proyecciones estadísticas regionalizadas de clima futuro. Para los datos de clima reciente, se ha utilizado 1961-1990 como periodo de referencia en todos los casos.

Se consideró conveniente no restringirse a un único escenario ni modelo de cambio climático sino utilizar, en lo posible, varias combinaciones. Según los casos han llegado a utilizarse los modelos siguientes:

- CCCMA y CGCM2 (Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis).
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation).
- ECHAM4 (Instituto Max Planck de Meteorología).
- HadAM3H y HadCM3 (Hadley Centre).
- MK2, Atmospheric Research Mark 2b (CSIRO).

		Clima (fuentes)		Proyecciones de clima futuro								
		Worldclim	AEMET	Modelos			Escenarios		Horizontes			
Países	Área (km ²)			HadCM3	CGCM2	ECHAM4	A2	B2	2020	2050	2080	
Argentina	76000	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	
Colombia	1138900	✓		✓	✓		✓	✓		✓		
Ecuador	70540	✓		✓			✓	✓		✓	✓	
España	505370		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
México	1964380	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	

Tabla 1. Síntesis de datos básicos del trabajo y proyecciones para cada país

Finalmente, se ha trabajado con los escenarios de emisiones A2 y B2. Siempre que ha sido posible se han realizado análisis para tres horizontes temporales: 2020, 2050 y 2080.

En algunos casos se han utilizado como variables independientes las 19 variables bioclimáticas propuestas en Worldclim; en otros, se han utilizado las variables básicas (precipitación, temperatura media de las máximas y media de las mínimas) a nivel mensual. En la Tabla 1 se muestra la información básica sobre los datos en cada país.

5. METODOLOGÍA

5.1. Modelos de distribución potencial (MDP)

Los MDP son modelos cartográficos donde se representa la superficie que una especie o formación vegetal podría ocupar en el territorio en función de las características climáticas del mismo. Cada punto en un MDP tiene un valor en el rango 0-1 donde 0 significa que esa celda es incompatible para la especie analizada y 1 que es idónea. La variable es continua y los valores de idoneidad pueden adoptar valores intermedios en la escala mencionada. Existen varios trabajos de revisión sobre el tema por lo que aquí solo se expondrán los principios básicos (Antoine Guisan & Zimmermann, 2000; Mateo, Felicísimo, & Muñoz, 2011).

El área geográfica donde una especie vegetal aparece, o área de distribución actual, puede conocerse a partir de mapas de vegetación y a partir de registros de observaciones puntuales, aunque en este caso hay que valorar hasta qué punto cubren bien la zona o son un muestreo más o menos limitado y sesgado de las presencias reales.

El área de distribución actual es solo una fracción del área potencial allá donde haya habido intervención humana, esa reducción de área obedece a un conjunto complejo de causas, donde la deforestación es un factor muy relevante. Definiremos como área de distribución potencial a aquella

donde existen condiciones ambientales adecuadas para que esa especie o formación vegetal prospere. Su extensión puede deberse a factores abióticos (topografía, geología, clima) como bióticos (competencia interespecífica, barreras, capacidad de dispersión...). Muchos de estos factores son desconocidos por lo que es habitual usar sólo variables climáticas y topográficas.

5.2. Construcción de MDP

Los MDP pueden realizarse para especies concretas que son características de un bosque (por ejemplo, el haya, *Fagus sylvatica*) o para formaciones vegetales cuando el mapa las refleja de esa forma. El procedimiento genérico para construir un MDP de la especie *i* se organiza en los siguientes pasos:

1. Se localizan geográficamente los registros de presencia de la especie *i* y, si es posible, se establecen igualmente puntos de ausencia. La presencia/ausencia se constituye como variable dependiente (dicotómica).
2. Se define un conjunto de variables descriptivas que se utilizarán como predictores para intentar definir el nicho ambiental de cada especie a partir de las presencias y ausencias disponibles y de su localización.
3. Se construye una muestra de entrenamiento formada por los valores de las variables independientes que le corresponden a cada punto de presencia o ausencia.
4. Se construye un modelo estadístico que explique en lo posible los patrones de presencias/ausencias en función de las variables descriptivas.
5. Se valora la bondad del ajuste del modelo estadístico usando, si es posible, una muestra de contraste independiente de la de entrenamiento.
6. Se construye el mapa que representa el MDP donde a cada punto del área de estudio se asigna el valor de idoneidad para la especie analizada que resulta de aplicar el modelo estadístico. El rango de valores es 0-1 (0: incompatible, 1: idóneo).

5.3. Métodos estadísticos

El modelo estadístico puede construirse con una amplia variedad de métodos. Los más habituales en la bibliografía, aunque no los únicos, son los siguientes: métodos de regresión como GLM, generalized linear models (A. Guisan, Theurillat, & Kienast, 1998); LMR, logistic multiple regression (A. M. Felicísimo, Francés, Fernández, González-Díez, & Varas, 2002); redes neuronales, ANN, artificial neural networks (Manel, Dias, Buckton, & Ormerod, 1999); SVP, support vector machines (Ordóñez, Taboada, Bastante, Matias, & Felicísimo, 2005); algoritmos genéticos, GARP, genetic algorithm for rule-set production (Stockwell & Peters, 1999), árboles de clasificación y regresión: CART, classification and regression trees (Breiman, Friedman, Olshen, & Stone, 1984); modelos adaptativos, MARS, multivariate adaptive regression splines (Friedman, 1991); máxima entropía, MAXENT (Phillips, Anderson, & Schapire, 2006).

En este trabajo se ha usado MAXENT como método general para generar los modelos ya que trabajos anteriores (Mateo, 2008; Muñoz & Felicísimo, 2004) han mostrado que genera resultados espacialmente coherentes, siempre muestra valores de ajuste situados entre los máximos del conjunto de métodos, se adapta bien a las muestras de tamaño reducido, puede ser automatizado para la producción de grandes cantidades de modelos y, finalmente, se trata de software gratuito.

Los resultados de MAXENT incluyen información sobre las dependencias entre variables y presencias en forma de gráficos y tablas, que permiten analizar a los especialistas las

posibles relaciones funcionales que el modelo puede potencialmente revelar. Los más importantes son los siguientes:

- Curva ROC y estadístico AUC: utilizados para valorar la bondad del ajuste de los modelos a los datos de entrada.
- Importancia o contribución de las variables en la construcción del modelo.
- Curvas de respuesta que muestran cómo afecta cada variable ambiental a la predicción de MAXENT y que son útiles para analizar los posibles valores críticos para la presencia de la especie o formación.

5.4. Construcción de MDP futuros

La posible influencia del cambio climático en la distribución de una especie se evalúa de acuerdo con los siguientes pasos:

- Construcción del MDP actual usando como variables descriptivas las variables climáticas medidas en el periodo estándar 1961-1990.
- Estimación de los valores de variables climáticas para un periodo futuro.
- Aplicación del modelo estadístico ya generado usando los nuevos valores de las variables climáticas.

5.5. Segmentación de los modelos en clases discretas

Los modelos cartográficos muestran valores continuos en el rango 0-1, donde 0 indica incompatibilidad y 1 idoneidad. Para realizar algunas estadísticas de superficie y comparar entre periodos temporales es útil segmentarlos en dos únicas clases: adecuado/inadecuado para lo cual hay que elegir un punto de corte o umbral que sirva de límite entre las clases. En este trabajo se ha utilizado el punto de corte donde se comete un error que deja fuera del área adecuada un 0.05% de las presencias. Este pequeño porcentaje tolerado de errores dejará fuera los «outlayers» si es que existen y no supondrá modificaciones sustanciales del área total si no existen. El flujo de trabajo general se muestra en la Figura 2.

6. RESULTADOS

Los resultados obtenidos son excesivamente extensos para incluirlos en este artículo y han sido publicados en tres libros por lo que incluimos un resumen de los trabajos realizados en cada país con las referencias a los estudios completos y ejemplos específicos.

6.1. Argentina

La República Argentina tiene una superficie total de 2780400 km². El sujeto del estudio ha sido el Bosque Andino Patagónico del cual se han modelado 6 taxones vegetales usando como datos climáticos las 19 variables bioclimáticas propuestas en Worldclim. Los ecosistemas que conforman

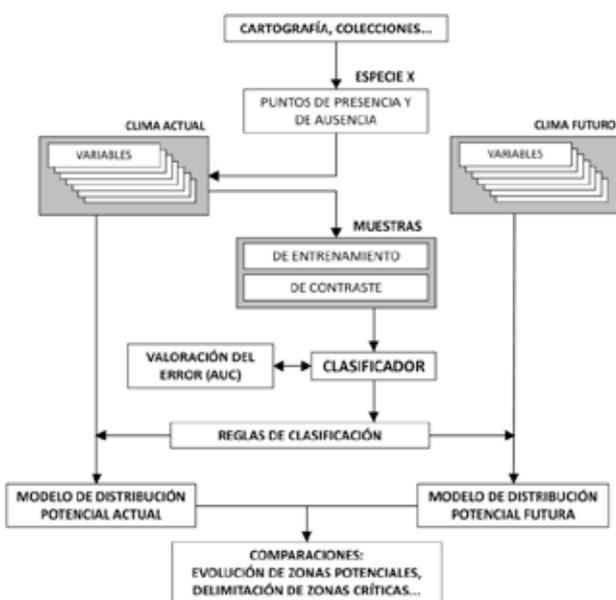


Figura 2. Esquema del flujo de trabajo para generar y comparar modelos de distribución potencial de especies (actuales y futuros). Figura tomada de (Mateo et al., 2011)

Nombre común	Especie	Superficie actual (km ²)		
		real	potencial	%
Pehuén	<i>Araucaria araucana</i>	1004	9275	10.8
Ciprés de la cordillera	<i>Austrocedrus chilensis</i>	1095	12117	9.0
Coihue	<i>Nothofagus dombeyi</i>	1907	16204	11.8
Lenga	<i>Nothofagus pumillo</i>	16368	58783	27.8
Ñire	<i>Nothofagus antarctica</i>	7516	62111	12.1
Roble pellín	<i>Nothofagus obliqua</i>	39	9014	0.4

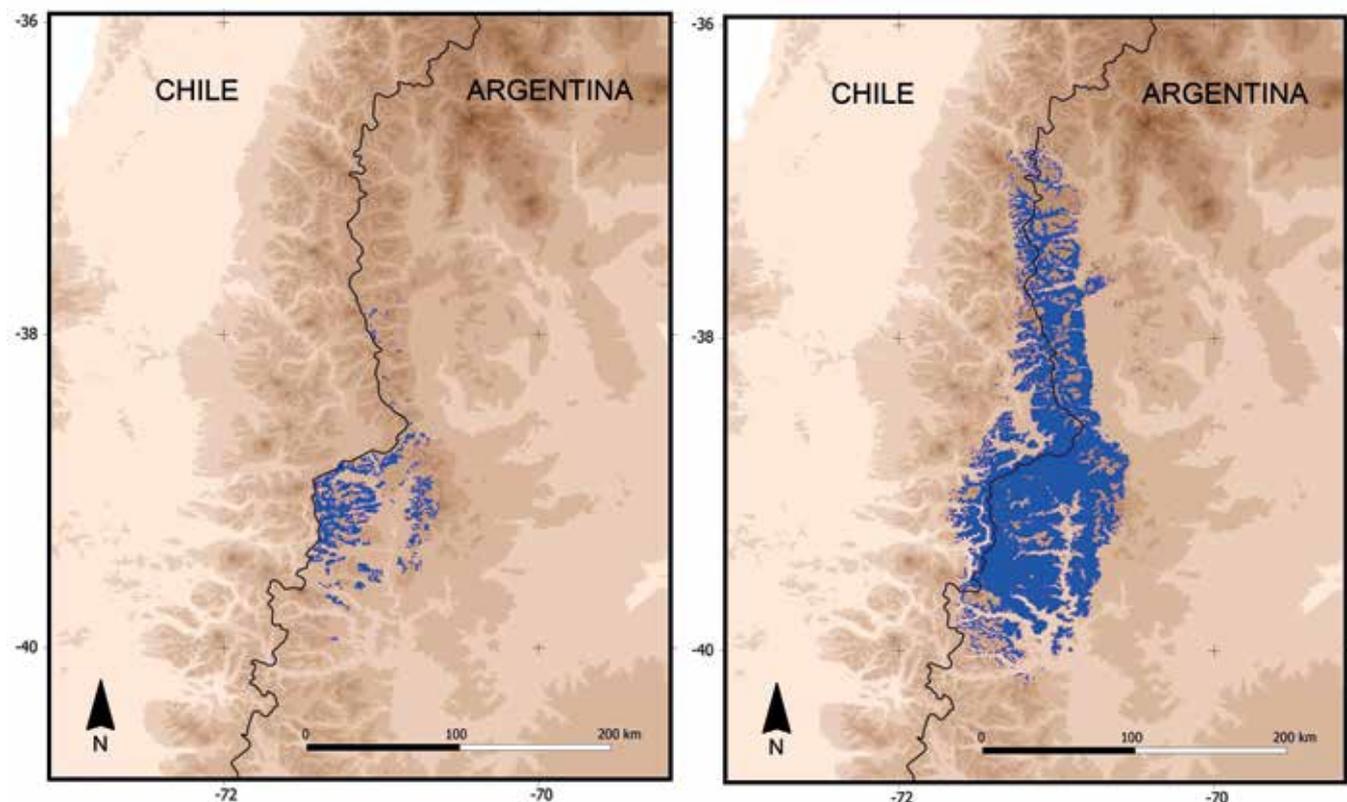
Tabla 2. Taxones del bosque Andino Patagónico, superficie real, superficie potencial actual y porcentaje de la superficie real respecto de la potencial

el Bosque Andino Patagónico se extienden como una estrecha franja sobre el macizo de la cordillera desde el Norte de la provincia de Neuquén hasta la de Tierra del Fuego e Isla de los Estados, abarcando una longitud de 2200 km en Argentina (Dimitri, 1972) y una superficie aproximada de 76 000 km², un 2.7% de la superficie total. En este bosque aparecen diferentes tipos forestales dominados por Fagáceas del género *Nothofagus* y coníferas de las familias Cupresaceae, Podocarpaceae o Araucariceae (Cabrera & Willink, 1980).

Las especies dominantes de esta formación boscosa no se encuentran totalmente en forma pura, sino formando asociaciones de dos tipos: una con un alto predominio de dominancia taxonómica y otro con un variado grado de asociación (bosques mixtos), por tal motivo, se decidió modelar

las seis especies dominantes, no las formaciones, para llevar a cabo este estudio. La Tabla 2 muestra los taxones incluidos en el trabajo.

Los modelos de distribución potencial actual mostraron en todos los casos buenos valores de ajuste. Los valores del AUC en cada caso fueron los siguientes: pehuén (0.976), ciprés (0.975), coihue (0.961), lenga (0.844), ñire (0.938), roble pellín (0.996). En la Figura 3 se muestran como ejemplo algunos mapas correspondientes a las distribuciones del pehuén (*Araucaria araucana*). En este caso se observa que la reducción progresiva de la superficie potencial acompañada de un aumento de la fragmentación de las áreas restantes. Ambos escenarios de cambio climático son perjudiciales para la permanencia del pehuén, llegando a mantener una superficie



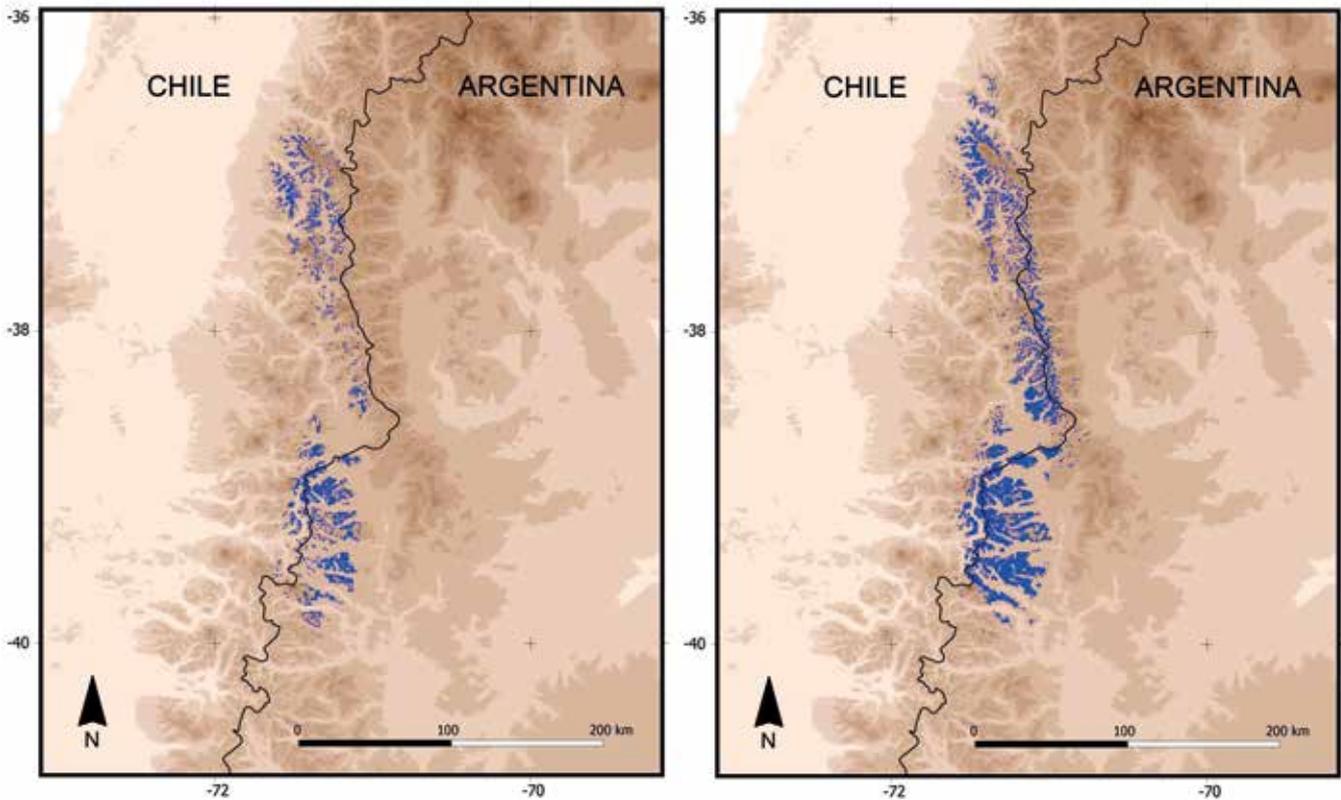


Figura 3. *Araucaria araucana* en Argentina. Arriba izquierda: distribución actual; arriba derecha: distribución potencial actual; abajo izquierda: distribución potencial futura escenario A2, año 2050; abajo derecha: distribución potencial futura escenario B2, año 2050.

de apenas 1/10 de la potencial actual aunque sigue siendo similar o algo mayor a la superficie ocupada actualmente en la realidad según los inventarios forestales.

En la Tabla 3 se muestran los resultados sobre evolución de las superficies potenciales para los años 2050 y 2080 y sus porcentajes respecto al área potencial actual. La totalidad de resultados puede encontrarse en (A.M Felicísimo, Rubén G. Mateo, et al., 2011). Las conclusiones del trabajo son que el bosque andino patagónico constituye una formación natural de alta fragilidad, tanto por la intervención no planificada del hombre como por los cambios en las condiciones climáticas globales; de forma general, los cambios previstos para un futuro a medio plazo son la reducción del área potencial de los bosques con la excepción del roble pellín o *Nothofagus obliqua*. Estas reducciones son generalmente importantes, de más del 50%, aunque el área potencial remanente es frecuentemente superior al área actual real. En este estudio se analiza solamente un modelo de cambio y dos escenarios por lo que para una mejor previsión sería recomendable repetirlo con nuevos y más modernos modelos y más combinaciones de escenarios.

6.2. Colombia

La República de Colombia tiene una superficie de 1141750 km² y su vegetación se clasifica en tres «grandes

biomas»: gran bioma del desierto tropical (7 685 km²), gran bioma del bosque seco tropical (76 580 km²) y gran bioma del bosque húmedo tropical (1 056 325 km²). Cada uno de ellos se divide en biomas, definidos como un conjunto de ecosistemas terrestres afines por sus rasgos estructurales y funcionales, los cuales se diferencian por sus características vegetales (Hernández-Camacho & Sánchez-Páez, 1992). El estudio ha abarcado los biomas definidos en el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (IDEAM et al., 2007) a escala 1:500.000. Los modelos climáticos utilizados han sido el CCCMA, CSIRO y HadCM3 y se han contemplado los escenarios A2 y B2.

Tras construir los modelos de los 23 biomas forestales originales, se descartaron aquellos con malos ajustes (AUC < 0.65), muchos de ellos pertenecientes al gran bioma del bosque húmedo tropical. Finalmente se construyeron los modelos correspondientes a 15 biomas que se muestran en la Tabla 4.

En la Figura 4 se muestran como ejemplo algunos mapas correspondientes a las distribuciones del orobioma alto de los Andes (bioma 21) donde para el modelo CCCMA se observa una reducción del área potencial para ambos escenarios A2 y B2 aunque moderada en este último caso.

Con estos modelos se han realizado varios análisis, algo más completos que en el caso de Argentina. La totalidad

Nombre común	Horizonte	Superficie potencial futura y % de la actual			
		A2		B2	
		km ²	%	km ²	%
Pehuén	2050	1374	14.8	2997	32.3
	2080	1380	14.9	2366	25.5
Ciprés	2050	5151	55.5	7855	64.8
	2080	5817	48.0	10252	84.6
Coihue	2050	1914	11.8	8999	55.5
	2080	4878	30.1	8141	50.2
Lenga	2050	25537	43.4	31223	53.1
	2080	19531	33.2	32031	54.5
Ñire	2050	40097	64.6	47955	77.2
	2080	36876	59.4	47887	77.1
Roble pellín	2050	18020	199.9	14019	155.5
	2080	10002	111.0	10028	111.2

Tabla 3. Área potencial futura para los taxones de Argentina según las combinaciones de horizonte (2050, 2080) y escenario (A2, B2); porcentajes respecto al área potencial actual

Código	Bioma	Superficie actual (km ²)		
		real	potencial	%
3	Zonobioma del bosque seco tropical del Caribe	1734	29478	5.9
4	Halobioma del Caribe (manglar)	1075	7912	13.6
13	Helobioma del Pacífico y Atrato	4425	23162	19.1
14	Halobioma del Pacífico (manglar)	3978	7603	52.3
15	Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	10583	37762	28.0
16	Helobioma de Magdalena y Caribe	2640	41021	6.4
17	Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo	1292	3247	39.8
21	Orobioma alto de los Andes	9478	32055	29.6
22	Orobiomaazonal de Cúcuta	60	1281	4.7
27	Orobioma de San Lucas	5941	10413	57.0
28	Orobioma de La Macarena	2170	2752	78.9
29	Orobioma del Baudó y Dairén	9420	15161	62.1
30	Orobioma bajo de Sierra Nevada de Sta. Marta y Macuira	3269	5644	57.9
31	Orobioma medio de Sierra Nevada de Santa Marta	1058	2166	48.9
32	Orobioma alto de Sierra Nevada de Santa Marta	159	1214	13.1

Tabla 4. Biomias modelados en Colombia, superficie real, superficie potencial actual y porcentaje de la superficie real respecto de la potencial

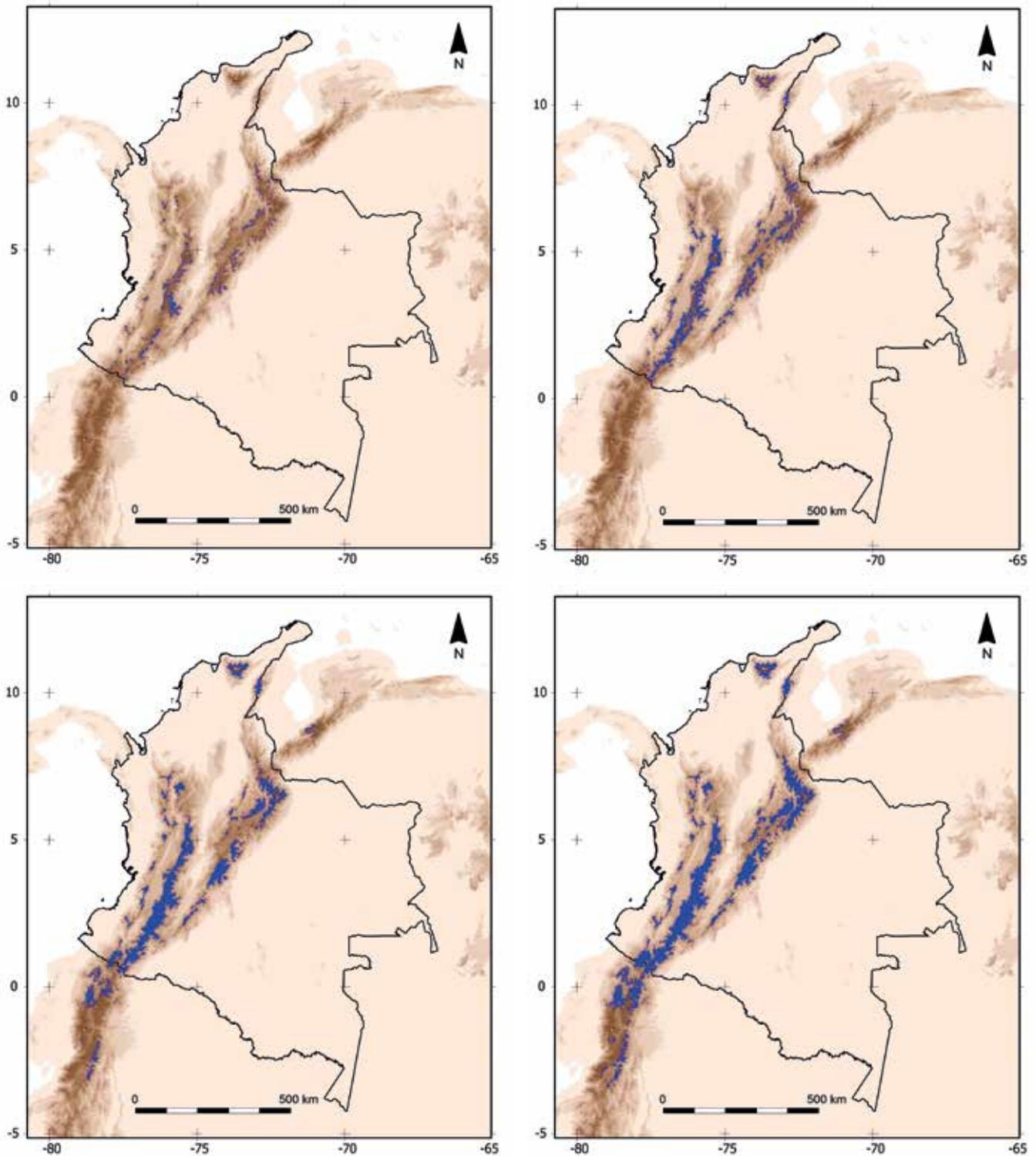


Figura 4. Bioma 21 (Orobioma alto de los Andes) en Colombia. Arriba izda.: distribución actual; arriba dcha.: distribución potencial actual; abajo izda.: distribución potencial futura escenario A2, modelo CCCMA, año 2050; abajo dcha.: distribución potencial futura escenario B2, modelo CCCMA, año 2050

de resultados puede encontrarse en (A. M. Felicísimo et al., 2011). Entre ellos está el porcentaje de cambio de superficie potencial del futuro respecto al área actual. La Tabla 5 muestra una síntesis donde en la primera columna aparece el código del bioma para las correspondencias y el resto

de columnas representan las diferentes combinaciones de escenario / modelo climático. Las celdas contienen el porcentaje de cambio de superficie de cada bioma previsto para las diferentes combinaciones de escenario y modelo climático. Las celdas se han coloreado para hacer más fácil

Código	Escenario	Superficie potencial futura y % de la actual					
		CC	%	CS	%	HA	%
3	A2	9433	32	7370	25	2063	7
	B2	7664	26	8843	30	3537	12
4	A2	6488	82	9732	123	4193	53
	B2	9494	120	10444	132	10444	132
13	A2	25015	108	20383	88	16908	73
	B2	18530	80	20383	88	18066	78
14	A2	3117	41	3421	45	1901	25
	B2	3041	40	2889	38	3421	45
15	A2	23790	63	28699	76	7175	19
	B2	27566	73	26433	70	13972	37
16	A2	41021	100	38150	93	21331	52
	B2	30766	75	21741	53	20511	50
17	A2	520	16	292	9	0	0
	B2	1072	33	0	0	97	3
21	A2	20836	65	29491	92	28529	89
	B2	27888	87	29170	91	31414	98
22	A2	1537	120	1063	83	90	7
	B2	1819	142	589	46	641	50
27	A2	9996	96	12287	118	2916	28
	B2	15411	148	13016	125	8539	82
28	A2	165	6	716	26	275	10
	B2	963	35	495	18	550	20
29	A2	6064	40	5003	33	1971	13
	B2	7581	50	4700	31	4852	32
30	A2	5531	98	4628	82	903	16
	B2	4741	84	2596	46	1411	25
31	A2	0	0	823	38	0	0
	B2	0	0	866	40	0	0
32	A2	0	0	1384	114	0	0
	B2	0	0	146	12	0	0

Tabla 5. Área potencial futura para los biomas en Colombia (año 2050) según las diferentes combinaciones de escenario (A2, B2) y modelo climático (CC, CS y HA); porcentajes respecto al área potencial actual

la visión general. Los colores cálidos suponen reducción del área en el futuro y los verdes aumento. Los resultados son los siguientes:

- De los 90 valores, 78 muestran reducción de área y 12 muestran crecimiento.
- El valor medio general de cambio es del 53%, una reducción que supone prácticamente la mitad de la superficie potencial actual.
- Ambos escenarios muestran reducciones medias similares: 51% para el A2 y 55% para el B2.
- Los modelos muestran porcentajes de cambio medio diferentes: 62% para el CCMA y CSIRO y 35% para Hadam3H.

- La combinación que genera mayores reducciones es la A2/Hadam3H (queda un 26% de la superficie potencial actual).
- Los biomas más perjudicados (con reducción de más de dos tercios de su área potencial actual) en el conjunto de escenarios/modelos son el 3, 17, 28, 31 y 32.
- De ellos, los biomas 17, 31 y 32 muestran varias combinaciones donde se prevé su desaparición absoluta.
- El bioma 4 (halobioma del Caribe, manglar) es el único que muestra una expansión del área para el conjunto de combinaciones escenarios/modelos. Sin embargo, el manglar 14 (halobioma del Pacífico) muestra una reducción muy significativa, quedando de media en un 39%

Código	Formación	Superficie actual (km ²)		
		real	potencial	%
Bsdmb	Bosque semideciduo montano bajo	4458	5723	77.9
Bsvp	Bosque siempre verde piemontano	8368	12400	67.5
Bsvmb	Bosque siempre verde montano bajo	18345	23251	78.9
Bnm	Bosque de neblina montano	11382	22421	50.8
Bsvma	Bosque siempre verde montano alto	6894	17416	39.6
Mh	Matorral húmedo	2120	10803	19.6
Ms	Matorral seco	2759	6893	40.0
Pa	Páramo arbustivo	1334	4955	26.9
Ps	Páramo seco	666	1860	35.8
Pf	Páramo de frailejones	505	1495	33.8
Ph	Paramo herbáceo	13496	18864	71.5
Sp	Superpáramo	207	1211	17.1

Tabla 6. Formaciones vegetales remanentes en la zona andina de Ecuador. Superficie real, superficie potencial actual (km²) y porcentaje de la superficie real respecto de la potencial

de la superficie potencial actual.

- Por tipo de bioma tenemos los cambios medios siguientes, de menos a más afectados: helobomas, 78%; halo-bomas, 73%; orobomas, 51%; zonobomas, 29%.

6.3. Ecuador

La República de Ecuador tiene una superficie de unos 258238 km². El estudio se ha realizado sobre la región andina que cubre una superficie aproximada de 106650 km² (un 41% de la total) con cotas entre los 400 m y los 6268 m de la cima del Chimborazo.

La propuesta reconoce para la zona andina de Ecuador 17 formaciones vegetales, y que según su representación cartográfica mantienen una superficie remanente de 70 535 km² (66,1% de la región). A efectos de este trabajo, se utilizó dicha representación pero simplificando las unidades temáticas en 12 formaciones vegetales, obteniendo cinco tipos de bosque, dos de matorrales y cinco de páramos (Tabla 6).

Se realizaron dos análisis paralelos, el primero con las 36 variables climáticas básicas y el segundo con las 19 variables bioclimáticas. Para las proyecciones al futuro se usó el modelo HadCM3 bajo los escenarios A2 y B2. La totalidad de resultados puede encontrarse en (A. M. Felicísimo et al., 2011). Entre ellos está el porcentaje de cambio de superficie potencial del futuro respecto al área actual. La Tabla 7 muestra una síntesis similar a la presentada para Colombia donde en la primera columna aparece el código de la formación y el resto de columnas representan las diferentes combinaciones

de escenario y horizonte temporal. Las celdas contienen el porcentaje de cambio de superficie de cada bioma previsto para las diferentes combinaciones. Los colores cálidos suponen reducción del área en el futuro y los verdes aumento.

La totalidad de resultados se encuentra en (A. M. Felicísimo et al., 2011) pero a modo de síntesis se puede comentar que todas las formaciones ocupan actualmente una fracción de su óptimo climático, siendo el matorral húmedo, el páramo arbustivo y el superpáramo los más restringidos, con superficies remanentes menores al 30% del área potencial. Mientras que formaciones como el páramo herbáceo o los bosques semideciduo y siempreverde montano bajo se muestran mejor distribuidos, ocupando más del 70% de su zona potencial.

Para el caso de las estimaciones futuras, se evidencia que el modelo A2 es más crítico que el B2. Se identifican panoramas muy desalentadores para el páramo seco y el superpáramo ya que hacia el 2080 sus áreas idóneas desaparecerían completamente. Formaciones como el páramo herbáceo y el bosque semideciduo montano bajo habrán perdido más del 50% de su área potencial para mediados de este siglo. Mientras que para los bosques siempreverde y el matorral húmedo las pérdidas no serían mayores del 20% e incluso su distribución potencial, en algunos períodos, podría ser mayor a la actual. El páramo de frailejones se muestra como un caso especial ya que hacia finales de siglo su área potencial se habría incrementado 20 veces. El caso del bosque siempreverde montano bajo (Bsvma) se muestra en la Figura 5.

Nombre	Horizonte	Sup. potencial futura y % de la actual			
		A2	%	B2	%
Bsdmb	2050	2289	40	286	5
	2080	4750	83	1202	21
Bsvp	2050	15996	129	9920	80
	2080	16492	133	13268	107
Bsvmb	2050	26506	114	25576	110
	2080	22088	95	24879	107
Bnm	2050	19282	86	11883	53
	2080	26457	118	19730	88
Bsvma	2050	18287	105	13062	75
	2080	21422	123	17590	101
Mh	2050	20418	189	20418	189
	2080	7994	74	16853	156
Ms	2050	4412	64	2895	42
	2080	4136	60	4825	70
Pa	2050	1883	38	8324	168
	2080	8077	163	5351	108
Ps	2050	0	0	0	0
	2080	1116	60	0	0
Pf	2050	16699	1117	31634	2116
	2080	1181	79	29885	1999
Ph	2050	9055	48	4716	25
	2080	14525	77	8489	45
Sp	2050	61	5	0	0
	2080	230	19	24	2

Tabla 7. Área potencial futura para las formaciones en Ecuador según las diferentes combinaciones de escenario (A2, B2) y horizonte (2050, 2080); porcentajes respecto al área potencial actual

6.4. España

España tiene una superficie total de 504 645 km². El estudio se realizó sobre la superficie peninsular, de unos 492 200 km², un 97.5 % del total. Los datos de vegetación se extrajeron del Mapa Forestal de España (Ruiz de la Torre, 1990) a escala 1:200.000. Se modelizaron 75 especies arbóreas y arbustivas que, en su conjunto, representan los taxones que conforman las formaciones forestales en la Península Ibérica. La Tabla 8 muestra una selección de 16 especies arbóreas con sus superficies actuales, tanto reales

como potenciales.

Los datos climáticos fueron suministrados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) incluyendo información histórica de 2 173 estaciones pluviométricas y 973 termométricas. Con estos datos se elaboraron mapas climáticos para cada mes desde 1961 hasta 2007 para temperaturas medias de las máximas, medias de las mínimas y precipitación. Para el proyecto se hizo una síntesis representativa del periodo de referencia 1961-1990 generando los mapas mes a mes de cada una de las tres variables.

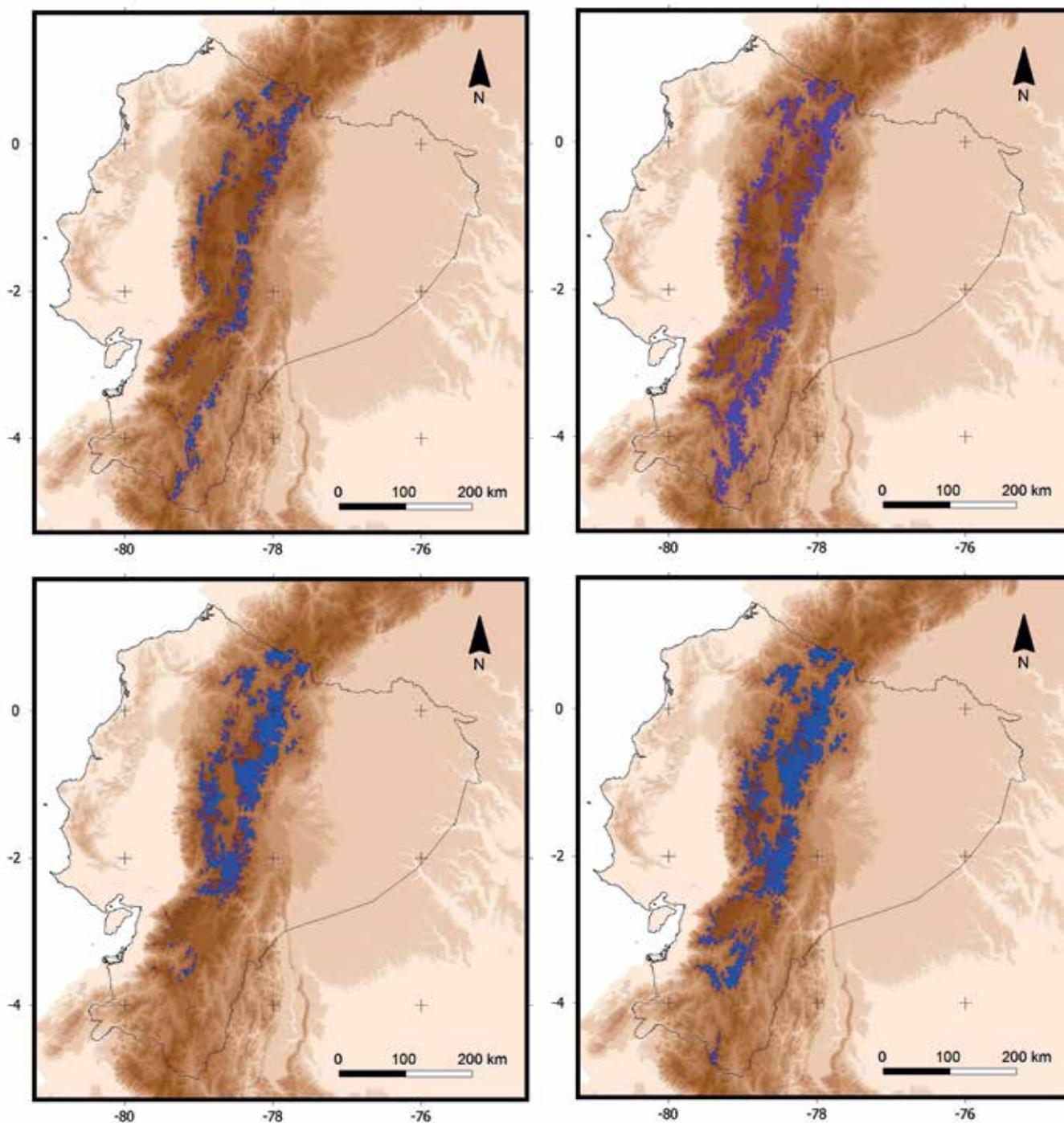


Figura 5. Bosque siempre verde montano bajo (Bsvmb) en Ecuador. Arriba izda.: distribución actual; arriba dcha.: distribución potencial actual; abajo izda.: distribución potencial futura escenario A2, modelo HadCM3, año 2080; abajo dcha.: distribución potencial futura escenario B2, modelo HadCM3, año 2080.

Respecto al clima futuro, la AEMET proporcionó proyecciones para 1 830 estaciones termométricas y 5 063 pluviométricas partir de las cuales se construyeron mapas equivalentes a los de clima reciente para las siguientes combinaciones de escenarios, modelos y periodos futuros: escenarios A2 y B2, modelos CGCM2 y ECHAM4 y periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

La Tabla 9 muestra las superficies previstas para los

taxones seleccionados y cada combinación de escenarios, modelos y periodos.

La totalidad de resultados puede encontrarse (A.M Felicísimo, Cuartero, Muñoz, Mateo, Villalba, & Mateos, 2011). En este trabajo se ha realizado una amplia variedad de análisis complementarios, entre los cuales destaca la elaboración de un índice de vulnerabilidad por taxón y la estimación y cartografía de la riqueza específica actual y futura. Como

Código	Especie	Superficie actual (km ²)		
		real	potencial	%
abi_alb	Abies alba	568	7072	8.0
bet_cel	Betula celtiberica	3811	54060	7.0
cha_hum	Chamaerops humilis	2989	26226	11.4
fag_syl	Fagus sylvatica	8667	51958	16.7
pin_hal	Pinus halepensis	19585	70330	27.8
pin_nig	Pinus nigra	12841	51075	25.1
pin_pin	Pinus pinaster	12390	141437	8.8
pin_syl	Pinus sylvestris	12804	67295	19.0
que_coc	Quercus coccifera	21816	127218	17.1
que_fag	Quercus faginea	25095	161304	15.6
que_ile	Quercus ilex	4257	19250	22.1
que_pet	Quercus petraea	2157	82808	2.6
que_pyr	Quercus pyrenaica	22487	112614	20.0
que_rob	Quercus robur	9377	49110	19.1
que_rot	Quercus rotundifolia	96579	196585	49.1
que_sub	Quercus suber	13559	86569	15.7

Tabla 8. Selección de especies arbóreas modelizadas para España peninsular. Superficie real, superficie potencial actual (km²) y porcentaje de la superficie real respecto de la potencial

síntesis, las proyecciones prevén que la vegetación deberá adaptarse en un futuro próximo a condiciones más cálidas, sobre todo en el Suroccidente, y, en algunas zonas, más secas (zona atlántica especialmente). Con estas previsiones, una cuarta parte de las especies forestales muestran vulnerabilidades muy altas o críticas, con reducción drástica de sus superficies actuales en un futuro a medio plazo (mediados de siglo). Se plantea la absoluta necesidad de una planificación adecuada, efectiva y decidida para hacer frente a estos posibles efectos. Las Figura 6 y Figura 7 muestran el caso del rebollo (*Quercus pirenaica*) según el modelo CGCM2 y escenarios A2 y B2.

6.5. México

México tiene una superficie de 1972550 km² y un relieve irregular por la presencia, de NO a SE de la cordillera Sierra Madre, cuya mayor elevación son los 5 610 m del volcán Orizaba.

El estudio se ha realizado sobre cuatro formaciones forestales definidas por el mapa de usos del suelo y vegetación de CONABIO (1999), que son las siguientes:

- Bosque de encino: son bosques de diverso tipo con dominancia del género *Quercus* que, según la sistemática

actual, puede agrupar más de 150 especies. De estas, más de la mitad son árboles dominantes o codominantes de bosques.

- Bosques de *Pinus*: bosques con dominancia del género *Pinus*, del cual se han descrito 35 especies en México.
- Bosque de coníferas diferentes de *Pinus*: mayoritariamente *Abies* y en menor medida *Pseudotsuga* y *Picea*.
- Bosque mesófilo de montaña: son bosques multiespecíficos, propios de climas húmedos de altura (más húmedos que los típicos de los bosques de *Quercus* y de *Pinus*), más cálidos que los propios del bosque de *Abies* pero más frescos que los que caracterizan los bosques tropicales. Como especies características destacan *Liquidambar styraciflua*, *Chaetoptelea mexicana*, *Matudaea trinervia*, etc.

La Tabla 10 muestra las formaciones y su área de distribución actual, tanto real como potencial.

Los datos climatológicos empleados en el proyecto se han obtenido de WorldClim. Los datos futuros corresponden a proyecciones realizadas según el modelo de circulación global HadCM3 para los escenarios A2 y B2 y dos horizontes temporales: 2050 y 2080. México ha sido un caso en el que las 36 variables básicas (precipitación, temperatura media

		Superficie potencial futura y % de la actual							
		CGCM2				ECHAM4			
Código	Escenario	A2	%	B2	%	A2	%		%
abi_alb	2050	1482	21.0	2136	30.2	322	4.6	79	1.1
	2080	193	2.7	242	3.4	35	0.5	0	0.0
bet_cel	2050	33000	61.0	40390	74.7	3812	7.1	25140	46.5
	2080	9250	17.1	40480	74.9	5040	9.3	12470	23.1
cha_hum	2050	23006	87.7	38231	145.8	679	2.6	1549	5.9
	2080	3385	12.9	11500	43.8	20	0.1	15	0.1
fag_syl	2050	6910	13.3	16060	30.9	4980	9.6	2430	4.7
	2080	1290	2.5	10875	20.9	730	1.4	73	0.1
pin_hal	2050	70841	100.7	94551	134.4	881	1.3	271	0.4
	2080	19938	28.3	84735	120.5	587	0.8	20	0.0
pin_nig	2050	56940	111.5	73203	143.3	3576	7.0	2430	4.8
	2080	26328	51.5	51776	101.4	1375	2.7	73	0.1
pin_pin	2050	79539	56.2	150850	106.7	12153	8.6	19472	13.8
	2080	36418	25.7	106890	75.6	7069	5.0	3459	2.4
pin_syl	2050	16454	24.5	20536	30.5	8779	13.0	8578	12.7
	2080	4682	7.0	26609	39.5	4250	6.3	6406	9.5
que_coc	2050	100198	78.8	128949	101.4	81451	64.0	60221	47.3
	2080	31371	24.7	113686	89.4	13953	11.0	63773	50.1
que_fag	2050	130953	81.2	127492	79.0	36030	22.3	43429	26.9
	2080	90383	56.0	117665	72.9	8999	5.6	18585	11.5
que_ile	2050	9598	49.9	10841	56.3	2	0.0	25	0.1
	2080	5207	27.0	9844	51.1	0	0.0	73	0.4
que_pet	2050	17589	21.2	35344	42.7	10363	12.5	9411	11.4
	2080	5726	6.9	25169	30.4	1759	2.1	6196	7.5
que_pyr	2050	71584	63.6	88804	78.9	33543	29.8	40893	36.3
	2080	39416	35.0	73153	65.0	18082	16.1	19343	17.2
que_rob	2050	37463	76.3	58816	119.8	13624	27.7	36342	74.0
	2080	16961	34.5	39871	81.2	12465	25.4	23959	48.8
que_rot	2050	310557	158.0	171006	87.0	53773	27.4	109711	55.8
	2080	275452	140.1	159191	81.0	26286	13.4	106539	54.2
que_sub	2050	40608	46.9	44220	51.1	6407	7.4	15150	17.5
	2080	46112	53.3	53453	61.7	2168	2.5	17633	20.4

Tabla 9. Área potencial futura para especies arbóreas en España según las diferentes combinaciones de modelo (CGCM2, ECHAM4), escenario (A2, B2) y horizonte (2050, 2080); porcentajes respecto al área potencial actual

de las máximas y temperatura media de las mínimas a nivel mensual) se han reducido mediante análisis de componentes principales a 5 componentes no correlacionados. Los porcentajes de varianza explicada por cada uno de ellos son los siguientes: CP1: 54.5%; CP2: 23.5; CP3: 10.4; CP4: 3.5, CP5: 2.9. En total representan un 94.8 de la varianza total de las variables originales.

La totalidad de resultados se puede consultar en (A.M Felicísimo, et al., 2011). Por ejemplo, la distribución actual de

los bosques de Quercus se extiende por amplias zonas de México y el modelo de idoneidad actual señala una distribución potencial en prácticamente la totalidad de la superficie salvo en algunos enclaves costeros del Este y Oeste. Los modelos futuros ponen de manifiesto una tendencia a la disminución del área potencial de manera regular en todo el territorio aunque en cualquier caso, estas áreas son superiores a las reales en la actualidad. Según estas proyecciones, hacia 2080 las masas del sur de California desaparecerían prácticamente en

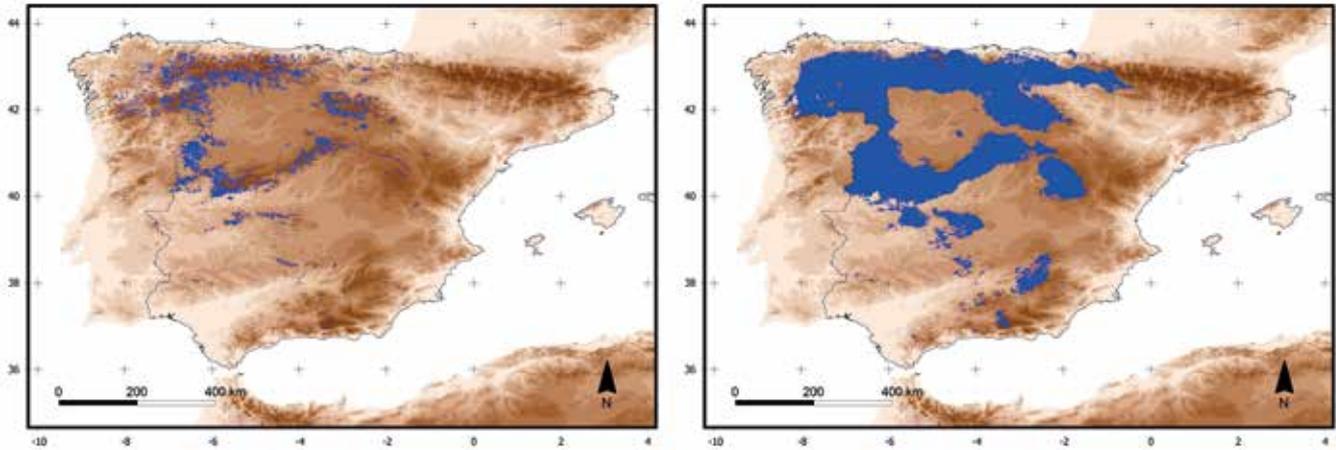


Figura 6. *Quercus pirenaica* en España. Izquierda: distribución actual; derecha: distribución potencial actual

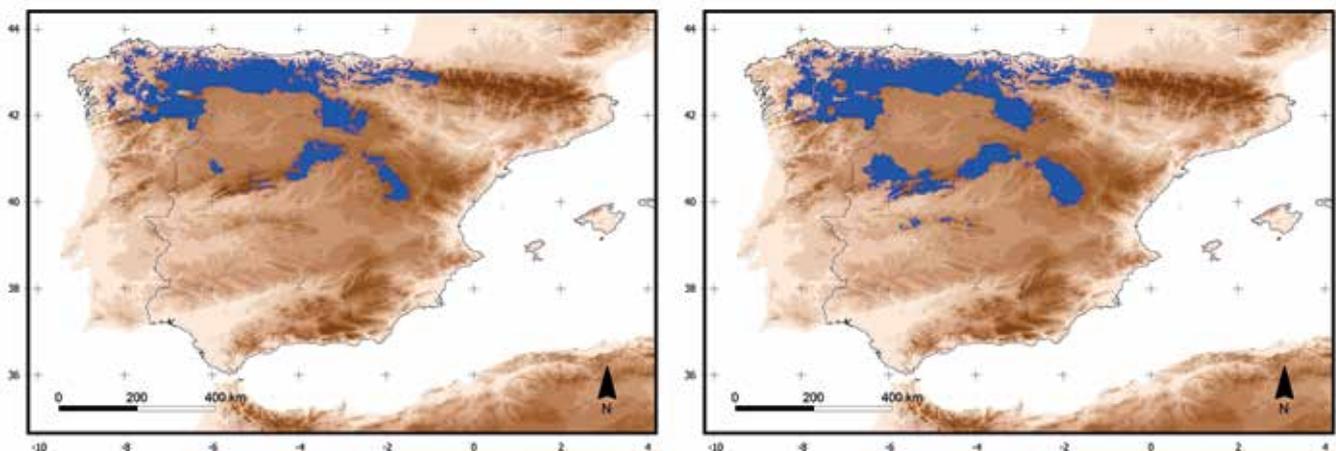


Figura 7. *Quercus pirenaica* en España. Izquierda: distribución potencial futura para el escenario A2, modelo CGCM2, periodo 4012-2070; derecha: id. para el escenario B2

su totalidad. La Tabla 11 muestra las superficies previstas para estas formaciones para los escenarios A2 y B2 y el horizonte temporal de 2050.

Finalmente, el área de distribución de los bosques mesófilos de montaña se encuentra preferentemente en enclaves de la mitad meridional de la Sierra Madre Oriental y casi simétricamente pero con mayor grado de fragmentación en la Sierra Madre Occidental. Las proyecciones al futuro señalan un cambio de escenario donde se reduce la superficie potencial y esta se desplaza hacia el Norte en ambos sistemas montañosos.

7. DISCUSIÓN

Un cambio rápido en las condiciones climáticas es siempre un factor negativo para las especies por la previsible dificultad para adaptarse o para dispersarse, colonizando zonas más adecuadas. Los resultados de este proyecto, realizado en cinco países, señalan que casi todos los bosques estudiados tendrán problemas importantes en un futuro próximo debido a la pérdida de idoneidad climática en el área actual de distribución y al cambio geográfico de las áreas potencialmente adecuadas en el futuro. De producirse estos cambios,

Código	Formación	Superficie actual (km ²)		
		real	potencial	%
1	Bosque de encino	192930	817200	23.6
2	Bosque de coníferas (no Pinus)	5960	363630	1.6
3	Bosque de Pinus	198530	494280	40.2
4	Bosque mesófilo de montaña	22260	168466	13.2

Tabla 10. Selección de formaciones arbóreas modelizadas en México. Superficie real, potencial actual (km²) y porcentaje de la superficie real respecto de la potencial

Código	Formación	Sup. potencial futura y % de la actual			
		A2	%	B2	%
1	Bosque de encino	506130	61.9	542450	66.4
2	Bosque de coníferas (no Pinus)	163790	45.0	206520	56.8
3	Bosque de Pinus	269140	54.5	296780	60.0
4	Bosque mesófilo de montaña	94650	56.2	93510	55.5

Tabla 11. Área potencial futura para las formaciones en México para el modelo HadCM3, escenarios A2 y B2 y horizonte 2050; porcentajes respecto al área potencial actual

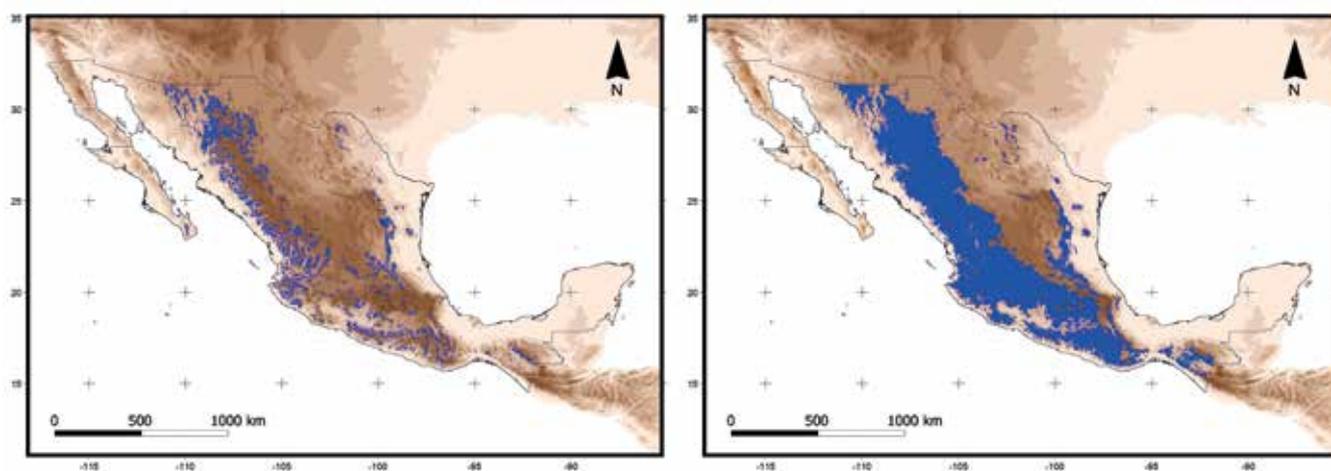


Figura 8. Bosques de *Quercus sp.* (encino) en México. Izquierda: distribución actual; derecha: distribución potencial actual

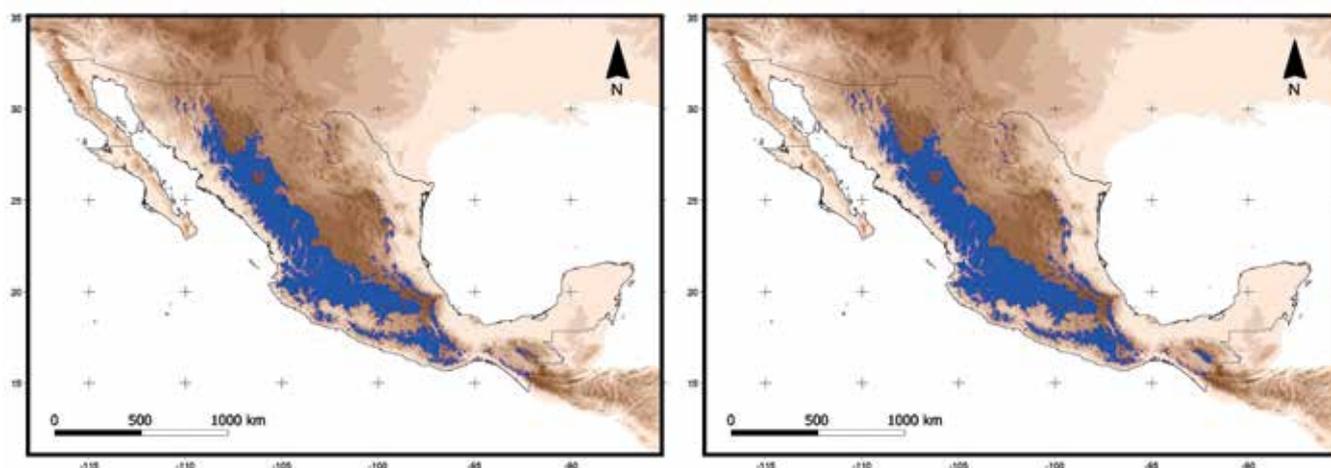


Figura 9. Bosques de *Quercus sp.* (encino) en México; izquierda: distribución potencial año modelo escenario A2, año 2050; derecha: id. para el escenario B2

la pérdida de biodiversidad prevista es muy significativa (Arribas et al., 2012).

La interpretación de estos resultados no debe hacerse, sin embargo, sin tener en cuenta las limitaciones de los datos y de los métodos que han permitido llegar a ellos. Por ejemplo, las proyecciones al futuro, no solo del cambio climático sino de sus efectos sobre la vegetación, están afectadas por un alto grado de incertidumbre. Los modelos y escenarios

climáticos disponibles son abundantes y la variabilidad es amplia (Rogelj, Meinshausen, & Knutti, 2012) por lo que podrían haberse elegido otras opciones en cuando a escenarios y modelos. Aun así, los resultados obtenidos en todos los países son coherentes y se reflejan, dentro de su variabilidad y diferentes enfoques, en una reducción general de las áreas idóneas y en una «migración» de éstas hacia zonas frecuentemente poco solapadas con las de distribución actual.

Respecto a la interpretación de los modelos, ya se ha comentado que Maxent proporciona información sobre la importancia de las variables que han intervenido. Es importante hacer énfasis en que con independencias de los métodos usados, los modelos no son causales, es decir, no demuestran que la variables de mayor importancia sean causa directa de la distribución sino solamente que estas variables son descriptoras útiles o ajustadas de dicha distribución. Es posible (incluso probable) que algunas de estas variables actúen en la realidad como factores limitantes pero esa interpretación no puede probarse solamente con el modelo predictivo.

Finalmente, es importante también reconocer que este tipo de modelos es una enorme simplificación del sistema real (Jiménez-Valverde, Lobo, & Hortal, 2008). En un sentido estricto, el modelo señala solamente qué zonas del territorio son similares climáticamente a las ocupadas por el taxón analizado, obviando muchos otros factores, especialmente los biológicos (Araújo & Luoto, 2007; Pearson & Dawson, 2003).

A pesar de estos problemas, estos modelos son herramientas prospectivas poderosas que integran gran cantidad de datos estableciendo relaciones objetivas entre especies y clima. Aunque se debe ser crítico y consciente de sus incertidumbres, los MDP se están usando ampliamente y sus resultados son útiles como indicadores de riesgo futuro y para establecer prioridades mediante los índices de vulnerabilidad. No existen actualmente métodos alternativos con mayores garantías de fiabilidad por lo que sus resultados deben usarse de orientación tanto a los especialistas en flora y vegetación como a los responsables del diseño de políticas de adaptación al cambio climático.

La Red FORCLIM finalizó su periodo de actividad de cuatro años con la publicación de los resultados de su actividad que en este trabajo hemos presentado parcialmente para dar una idea del contenido general. Se ha diseñado un flujo de trabajo idóneo para este tipo de estudios y este flujo se ha difundido por parte de los equipos integrantes de la Red y en las publicaciones. Entendemos que las mayores dificultades para realizar estos estudios no radican ya en la metodología ni en las herramientas sino en la dificultad para acceder a información básica de buena calidad. Los mapas de vegetación no están siempre accesibles y las gestiones para conseguirlos pueden ser complejas. Por otra parte, no ha sido posible obtener datos climáticos elaborados por las agencias estatales salvo en el caso español. Aunque Worldclim es una base de datos ampliamente utilizada, la información de las agencias estatales probablemente sería más completa y actualizada por lo que su uso supondría una mejora sustancial de los modelos obtenidos. Es necesario insistir en la importancia de que la

información ambiental esté disponible públicamente para facilitar que los grupos de investigación puedan usarla y obtener resultados de la mayor calidad posible.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por CYTED, Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el Desarrollo. Participaron en el proyecto original, además de los autores de este artículo, Cristina Salvatierra (Argentina), Zulma Villegas y Marisol Toledo (Bolivia), Elena Posada y Héctor Mauricio Sánchez (Colombia), Christian A. Martínez y Gioconda Amarilis Remache (Ecuador), Beatriz Felipe y Javier Sánchez (España) y Jorge Lira y Norma Dávila (México).

REFERENCIAS

- Araújo, M. B., & Luoto, M. (2007). The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 743-753.
- Arribas, P., Abellán, P., Velasco, J., Bilton, D. T., Lobo, J. M., Millán, A., & Sánchez-Fernández, D. (2012). La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas*, 21(3), 79-84. doi: 10.7818/ECOS2012.000
- Baquero, F., Sierra, R., Ordóñez, L., Tipán, M., Espinosa, L., Rivera, M. B., & Soria, P. (2004). La Vegetación de los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los mapas de vegetación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras. Quito, Ecuador.
- Breiman, L., Friedman, F., Olshen, R., & Stone, C. (1984). *Classification and Regression Trees*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Cabrera, A., & Willink, A. (1980). *Biogeografía de América Latina* (Vol. Monografía 13). Washington: Organización de Estados Americanos.
- CONABIO (Cartographer). (1999). Mapa de uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO.
- Dimitri, M. J. (1972). *La región de los Bosques Andino Patagónicos*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Felicísimo, A. M., Francés, E., Fernández, J. M., González-Díez, A., & Varas, J. (2002). Modeling the potential distribution of forests with a GIS. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 68(5), 455-461.
- Felicísimo, A. M., Mateo, R. G., Muñoz, J., Felipe, B., Sánchez, J., Salvatierra, H. C., & Herrera, M. M. (2011). FORCLIM, Bosques y cambio global. 1. Modelos de distribución de especies - Fundamentos de las IDE - Argentina. Madrid:

- Bubok Publishing.
- Felicísimo, A. M., Cuartero, A., Muñoz, J., Mateo, R. G., Villalba, C., & Mateos, E. (2011). FORCLIM, Bosques y cambio global. 3. España - México. Madrid: Bubok Publishing.
- Felicísimo, A. M., Ramírez, M., Posada, E., Fonseca, F., Berenguer, F., Martínez, C., & Remache, G. (2011). FORCLIM, Bosques y cambio global. 2. Colombia - Ecuador. Madrid: Bubok Publishing.
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate adaptive regression splines. *Annals of Statistics*, 19, 1-141.
- Guisan, A., Theurillat, J. P., & Kienast, F. (1998). Predicting the potential distribution of plant species in an alpine environment. *Journal of Vegetation Science*, 9, 65-74.
- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 147-186.
- Hernández-Camacho, J., & Sánchez-Páez, H. (1992). Biomas terrestres de Colombia. In G. Halffter (Ed.), *La diversidad biológica iberoamericana I* (pp. 153-173). México: CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276
- IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, Sinchi, I., & IIAP. (2007). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (pp. 276 + 237 mapas). Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi.
- Jiménez-Valverde, A., Lobo, J. M., & Hortal, J. (2008). Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modelling. *Diversity and Distributions*, 14, 885-890.
- Manel, S., Dias, J. M., Buckton, S. T., & Ormerod, S. J. (1999). Alternative methods for predicting species distribution: an illustration with Himalayan river birds. *Journal of Applied Ecology*, 36, 734-747.
- Mateo, R. G. (2008). Modelos predictivos de riqueza de diversidad vegetal en Ecuador. Comparación de los métodos más frecuentemente utilizados en modelización ecológica. (Ph. D.), Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Mateo, R. G., Felicísimo, A. M., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84, 217-240. doi: 10.4067/S0716-078X2011000200008
- Máximo Bibiloni, H., Menéndez, J. L., La Rocca, S. M., Juárez, M. E., & Fabricant, J. (2002). *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos*. Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Desarrollo Social.
- Muñoz, J., & Felicísimo, A. M. (2004). A comparison between some statistical methods commonly used in predictive modeling. *Journal of Vegetation Science*, 15, 285-292.
- Navarro, G., & Ferreira, W. (Cartographer). (2007). *Mapa de Vegetación de Bolivia*, Escala 1:250.000.
- Ordóñez, C., Taboada, J., Bastante, F., Matias, J. M., & Felicísimo, A. M. (2005). Learning machines applied to potential forest distribution. *Environmental Management*, 35(1), 109-120.
- Pearson, R. G., & Dawson, J. W. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12, 361-371.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. P. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3/4), 231-259.
- Rogelj, J., Meinshausen, M., & Knutti, R. (2012). Global warming under old and new scenarios using IPCC climate sensitivity range estimates. *Nature Climate Change*, 2, 248-253. doi: 10.1038/nclimate1385
- 10.1038/NCLIMATE1385
- Ruiz de la Torre, J. (1990). *Memoria General del Mapa Forestal de España 1:200.000* (M. d. A. ICONA, Pesca y Alimentación Ed.). Madrid: Banco de Datos de la Naturaleza.
- Stockwell, D., & Peters, D. (1999). The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*, 13, 143-158.

Sobre los autores

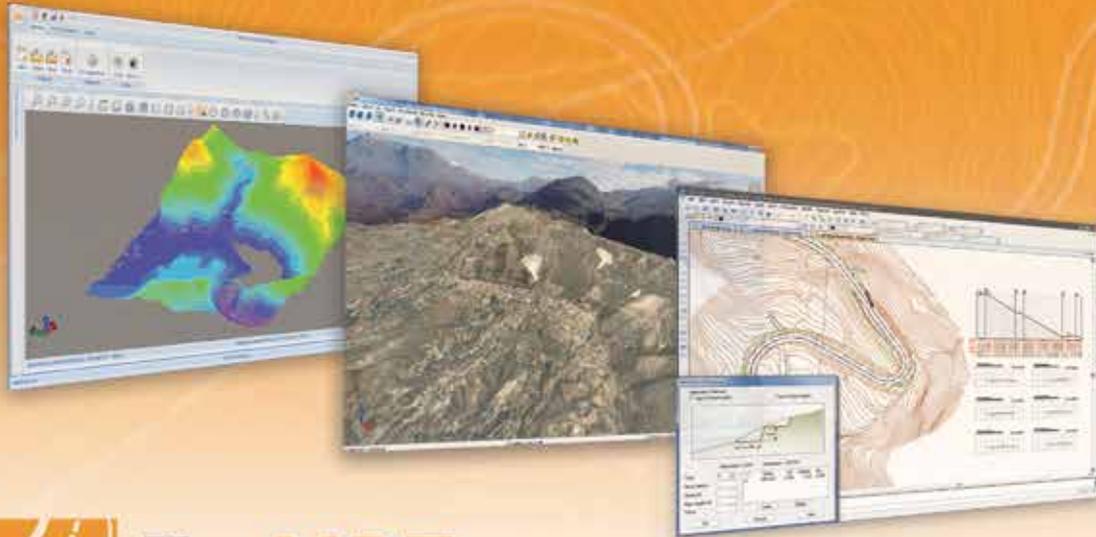
Ángel M. Felicísimo Pérez

Doctor en Biología por la Universidad de Oviedo. Profesor Titular de Universidad del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Extremadura. Perfil en <https://unex.academia.edu/AngelMFelicisimo>

Aurora Cuartero Sáez

Doctora Ingeniera en Geodesia y Cartografía por la Universidad de Jaén. Profesora Contratada Doctora del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Extremadura. Perfil en <https://unex.academia.edu/AuroraCuartero>

Solución completa para todo tipo de proyectos de Topografía e Ingeniería Civil en entorno CAD. MDT es una aplicación modular, potente y de fácil manejo que se adapta a todos los usuarios.



TcpMDT
Modelo Digital del Terreno



TcpTUNNEL

Replanteo y toma de datos de túnel

TcpTunnelCAD, aplicación en entorno CAD para procesar los datos tomados por estaciones totales equipadas con TcpTunnel u otras soluciones.

TcpTunnel, toma de datos de túneles con estaciones totales motorizadas y convencionales.

DEMto3D, la nueva herramienta que une SIG e impresión 3D

DEMto3D, the new tool that joins GIS and 3D printing

Francisco Javier Venceslá Simón¹, Francisco Javier Ariza-López², Manuel Antonio Ureña Cámara²

REVISTA **MAPPING**
Vol. 24, 170, 24-28
marzo-abril 2015
ISSN: 1131-9100

Resumen

Presentamos la herramienta DEMto3D que permite la impresión en tres dimensiones de modelos de elevaciones del terreno. Esta herramienta es una extensión de Kosmo, un software SIG de carácter libre. DEMto3D es la primera herramienta que extiende de manera directa e integrada las capacidades de un SIG a la impresión 3D. DEMto3D se conforma como un gestor de impresión que está especialmente diseñado para gestionar modelos de elevaciones del terreno (dimensiones, escala, exageración, inversión, etc.), creando un fichero STL para su impresión por tecnologías 3D.

Abstract

We present DEMto3D, a tool to print three-dimensional digital elevation models (DEM). This tool is an extension of Kosmo, a GIS open source software. DEMto3D is the first tool that extends and integrates GIS capabilities to 3D printing. DEMto3D is designed as a print manager that is specially designed to manage digital elevation models (dimensions, scale, exaggeration, reversing, etc.), creating an STL file for 3D printing technologies.

Palabras clave: impresión 3D, SIG, DEMto3D, Kosmo.

Keywords: 3D printing, GIS, DEMto3D, Kosmo.

¹ Desarrollador de DEMto3D
demto3d@gmail.com

² Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidad de Jaén

Recepción 04/11/2014
Aprobación 21/01/2015

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente en cartografía, los datos geoespaciales han sido representados en un formato bidimensional, en muchos casos tratando la tercera dimensión espacial como un atributo más y representándola con diferentes técnicas, como son las curvas de nivel, entre otras. La única manera de representar el relieve en su esencia, es decir, un valor cuantitativo de altitud, es mediante una representación tridimensional pura tratándolo al mismo nivel que las coordenadas planimétricas. Siguiendo esta consideración, la representación tomaría forma de modelo tridimensional donde se dejaría a un lado la tradicional representación sobre el plano.

Normalmente los SIG adoptan esa visión tradicional donde los datos geoespaciales suelen tener un tratamiento bidimensional organizados en capas, donde la única salida física que permiten es la impresión de cartografía plana mediante un gestor de impresión que interactúa con los drivers de cada uno de los sistemas físicos de impresión (impresoras) instalados. DEMto3D es un gestor de impresión que genera ficheros de salida en un formato estándar que permite realizar impresiones en 3D, obteniendo modelos de gran atractivo visual y permitiendo una interpretación directa e intuitiva del relieve. La aplicación DEMto3D (Venceslá Simón, 2014) se ha desarrollado de manera pionera para Kosmo (SAIG, 2014), pero su filosofía es adecuada para cualquier otro SIG.

Aprovechando el empuje y democratización que han experimentado los sistemas de impresión 3D aditivos debido a la aparición de sistemas libres de bajo coste, se presenta el escenario perfecto para desarrollar el potencial de aplicación de esta tecnología en el campo de la geomática.

2. TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN 3D POR DEPOSICIÓN FUNDIDA

Dentro de las tecnologías de impresión 3D por adicción, el modelado por deposición fundida es el que más se está extendiendo, en su mayoría apoyado por proyectos DIY (Do It Yourself). Como ejemplo el proyecto RepRap (RepRap, 2014), que ha desarrollado varias impresoras 3D bajo código abierto gratuito, siguiendo la idea de máquina auto-replicante, es decir, la propia impresora es capaz de imprimir partes de sí misma.

El proceso de modelado por deposición fundida (Fused Deposition Modelling, FDM) (Martín, 2012) o también conocido por los miembros de la comunidad

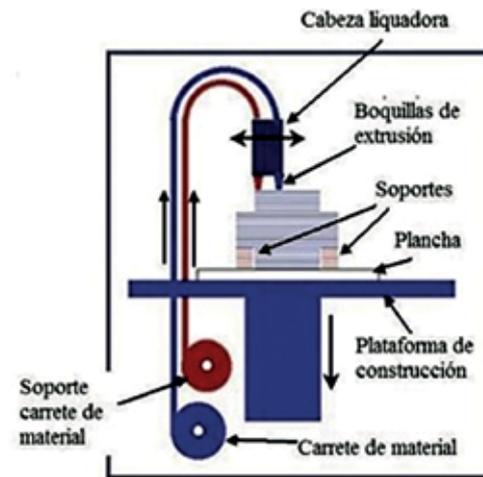


Figura 1. Esquema de máquina FDM

RepRap como Fabricación con Filamento Fundido (fused filament fabrication, FFF), implica calentar un filamento de polímero termoplástico y extrusionarlo siguiendo la forma de las secciones de un modelo para formar la pieza capa a capa. Para lograr esto se dispone de una boquilla de extrusión que se encuentra por encima de la temperatura de fusión del filamento y que puede desplazarse en tres ejes controlada electrónicamente por servomotores, como se muestra en la Figura 1. A medida que la boquilla se desplaza, acorde a la geometría de la pieza descrita en un fichero GCode (estándar utilizado en el ámbito del control numérico para comandar los desplazamientos automatizados de las máquinas, desarrollado por el instituto norteamericano NIST (National Institute of Standards and Technology)), se deposita una fina hebra de plástico extruido para formar cada capa. El plástico se endurece inmediatamente después de salir expulsado de la boquilla y se adhiere a la capa inferior.

El proceso general para la impresión de un modelo 3D es el siguiente:

1. Exportar la geometría del modelo a un fichero en formato .STL (STereoLithography o Standard Tessellation Language, es un estándar de la industria de impresión, desarrollado por la empresa 3D System). La geometría descrita en un archivo STL es una representación basada en una malla de triángulos que se aproxima a la superficie de las entidades sólidas formadas por el objeto que describe.
2. Generar rutas de movimiento y comandos de extrusión en formato GCode por medio de un programa de laminado.
3. Comunicar las instrucciones GCode a la impresora 3D.
4. Establecer el comportamiento de la impresora frente al GCode configurando el firmware para el controlador.

3. FLUJO DE TRABAJO DE DEMTO3D

El primer paso consiste en la construcción de un modelo tridimensional basado en una malla de triángulos a partir del MDE que se encuentra cargado en el SIG. Este proceso depende de ciertos parámetros que deben fijarse, entre ellos la región del MDE de interés a imprimir, el espaciado de la malla para la creación de la geometría STL, la cota que se tomará como base de la impresión o la posibilidad de realizar una inversión del relieve.

Posteriormente, una vez definido el modelo a partir de los parámetros anteriores, se podrá exportar directamente su geometría a un archivo STL, o generar el archivo GCode que finalmente se enviará al dispositivo de impresión 3D.

Para generar las instrucciones GCode, DEMto3D hace uso del software de laminado Slic3r. Slic3r es un software que se incluye con los paquetes más importantes de impresión 3D como Pronterface, Repetier-Host, ReplicatorG, que ha sido desarrollado por Alessandro Ranellucci y financiado por las principales firmas de impresión 3D (Slic3r, 2014). En Slic3r se definen el tipo de dispositivo utilizado (dimensiones del área de impresión, número de extrusores, etc.), el tipo de filamento (diámetro del filamento, temperatura de extrusión, etc.) y las propiedades de impresión (grosor de capa, relleno, velocidad de impresión, etc.).

Finalmente es DEMto3D quien establece una comunicación con el dispositivo físico de impresión y envía las

instrucciones GCode que son interpretadas por el firmware de la impresora 3D, resultando la impresión 3D del MDE original. Dicho flujo de trabajo queda esquematizado en el Figura 2.

4. SISTEMA DE CONVERSIÓN DE DATOS SIG A FORMATO STL

DEMto3D tiene como objetivo convertir un MDE en forma de matriz regular (malla), a un modelo tridimensional. Dicho proceso se resume en 3 pasos:

- El primer paso es la creación de una malla de puntos tridimensional a partir de los datos SIG. Para ello, a partir del MDE original, se creará una malla de puntos regular cubriendo la región de interés, a la cual, mediante un proceso de generalización estructural, se le asignará su posición altimétrica a cada nuevo punto utilizando el algoritmo del vecino más próximo. Este tipo de generalización también conocido como aliado de celdas, consiste en tomar una celda cada cierto número, dependiendo de la escala definida. Adicionalmente a la malla que describe la superficie del terreno, DEMto3D creará otra malla, situada justo debajo que actuará de base del modelo a imprimir.
- El segundo paso es la triangulación del volumen que se va a imprimir. Para ello se dispone de la superficie del terreno en forma de malla y de la superficie base,

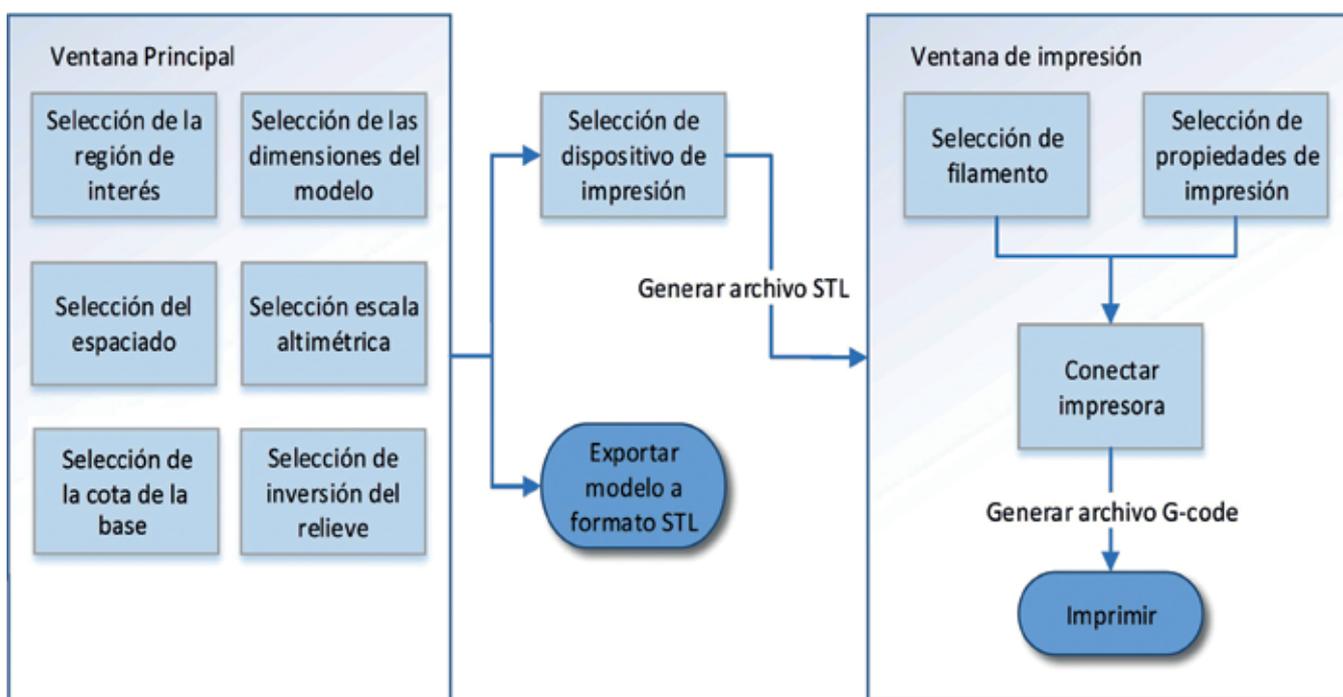


Figura 2. Flujo de trabajo de DEMto3D

por lo que, para cerrar el volumen a imprimir se necesitan también cerrar los laterales. La triangulación se realizará en tres fases, primero se triangulará la malla superior que describe el terreno, tras ello la base y por último las cuatro paredes que encierran el modelo.

- Finalmente el tercer paso es la creación del fichero STL. Básicamente se trata de una lectura de la triangulación anterior y su escritura siguiendo la estructura de un archivo STL en formato ASCII.

5. CAPACIDADES DE IMPRESIÓN DE DEMTO3D

En cuanto a las opciones de impresión que están implantadas en DEMto3D, se ha intentado que recojan una amplia gama de posibilidades en relación a la salida física de MDE.

- Selección de la zona. La selección de la región de interés se realiza a partir de las coordenadas del rectángulo envolvente que encierra dicha zona en el plano

de la proyección utilizada. Dicha área se define por las coordenadas de la esquina superior izquierda y esquina inferior derecha del rectángulo que limita la zona. Dicha extensión se puede definir: manualmente, utilizando la extensión total de la capa a imprimir o utilizando la extensión de otra capa, siempre que esté contenida en la capa a imprimir.

- Dimensiones del modelo. Este parámetro se refiere a las dimensiones de la pieza una vez impresa, es decir, a su escala. Para definir el tamaño se introducirán las dimensiones, alto y ancho de la base, que queremos que ocupe el modelo impreso o directamente se introducirá la escala a la que queremos que se imprima. En cuanto al espaciado, se trata del paso de malla que recubre la región de interés. Una vez obtenida la escala, se muestra un mensaje indicando el espaciado mínimo recomendado. A partir de ese valor mínimo de espaciado la resolución del modelo original no puede aumentar produciéndose un sobremuestreo.

- Suavizado / exagerado. Mediante este parámetro podrá modificarse la escala altimétrica, con la intención de resaltar la orografía del terreno, o todo lo contrario, suavizarla. Esta opción acepta valores entre 0, donde el terreno se convertiría en un plano, hasta 3. El factor seleccionado multiplicará la escala planimétrica del modelo, obteniendo la altimétrica.

- Cota de la base del modelo. Esta opción nos permite seleccionar la cota a partir de la cual se imprime el modelo. Es útil en modelos donde queremos eliminar una porción de terreno por debajo de esa cota base. Adicionalmente por defecto todos los modelos

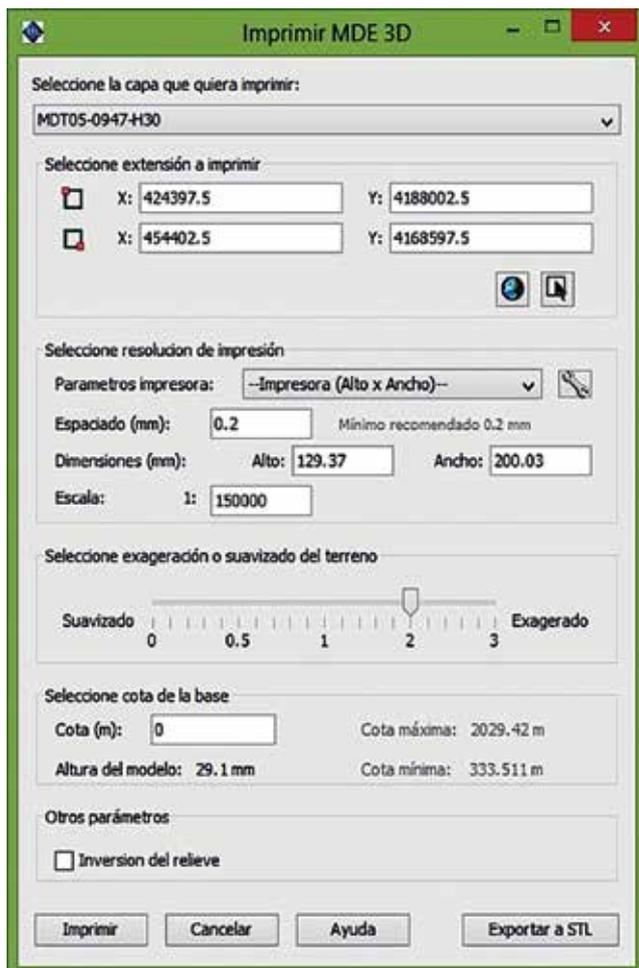


Figura 3. a) Interface de selección de capacidades de impresión, b) Interface de gestión de impresión



Figura 4. Modelo realizado e impreso en 3D del monte Cervino mediante DEMto3D

tienen una base de 2 mm sobre la cual se apoyará el modelo para representar datos de cota 0 y datos nulos del MDE. Acompañando a esta opción, la interfaz nos informa de la cota máxima y mínima de la región de interés seleccionada, y la altura que tendrá el modelo impreso.

- Inversión del modelo. Por último está implementada la opción de invertir el relieve, donde los puntos de menor cota se convertirán en los más altos, imprimiéndose en las capas superiores, y los de mayor cota se imprimirán en las capas inferiores.

La Figura 3a presenta una captura de pantalla de la aplicación DEMto3D que muestra todas las opciones anteriores implementadas.

6. CONCLUSIONES

La impresión 3D de MDE es de gran utilidad en diversos campos. En la producción en serie de cartografía tridimensional, las tecnologías de impresión de bajo coste son ideales para la fabricación de moldes originales para su posterior replicado por otras técnicas (p.e. termoformado). En defensa y planeamiento permiten una visión rápida del área representada sin necesidad de la interpretación de un mapa o el uso de técnicas de visión tridimensional como los anáglifos, que pueden inducir a error al interpretarlos por personas no habituadas al lenguaje gráfico y cartográfico. Otra área de gran aplicación es la producción de cartografía táctil. Sobre la superficie que describe el terreno pueden diseñarse distintos símbolos en relieve para su interpretación por personas invidentes.

DEMto3D puede considerarse la base para continuar con una serie de mejoras aumentando su potencialidad.

Entre estas futuras mejoras cabría destacar la incorporación de color y textura a los modelos, dando mucho más realismo superponiendo los tonos de una ortofotografía, o los colores de un mapa temático, sobre el modelo. La potencialidad de esta herramienta es enorme debido a las múltiples mejoras que pueden realizarse y la extensión de la tecnología de impresión 3D. Otra línea de trabajo es aplicar el conjunto de paquetes SIG que puedan trabajar con DEMto3D.

Con DEMto3D se ha conseguido de forma pionera la unión de impresión 3D y SIG a un nivel accesible a un gran número de usuarios con un flujo de trabajo intuitivo y eficaz. La aplicación puede descargarse gratuitamente de la dirección web www.demto3d.com, donde se puede encontrar más información sobre su instalación y funcionamiento.

REFERENCIAS

- Martín, R. I. (2012). Procesos de conformado de materiales poliméricos por prototipado rápido. Obtenido de Trabajo fin de máster de Ciencia y Tecnología de polímeros, UNED: <http://tfmrimuned.wordpress.com/>
- RepRap. (2014). RepRap - community project. Obtenido de <http://reprap.org/>
- SAIG. (2014). Kosmo: La Plataforma SIG Libre Corporativa. Obtenido de <http://www.opensig.es/>
- Slic3r. (2014). Slic3r - G-code generator for 3D printers. Obtenido de <http://slic3r.org/>
- Venceslá Simón, F. J. (2014). DEMto3D. Obtenido de <http://demto3d.com/>

Sobre los autores

Francisco Javier Venceslá Simón

Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad de Jaén donde además es Premio Extraordinario de Grado al mejor expediente. Ha desarrollado sus últimos trabajos en el campo de la impresión 3D y su aplicación a la impresión de datos geoespaciales.

Manuel Antonio Ureña Cámara

Dr. Ing. Agrónomo por la Universidad de Córdoba, Catedrático del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén. Desarrolla su investigación en el campo de la producción cartográfica y en el de los Sistemas de Información Geográfica.



campus virtual

eGeoMapping
pone a su disposición
una **plataforma de formación**
donde encontrarás las últimas
novedades en cursos
relacionados con
las **Ciencias de la Tierra**

Cursos

- Ingeniería Geomática
- Ingeniería Civil
- Ordenación del Territorio
- Catastro y Propiedad
- Geoinformación
- Innovación social
- Biblioteconomía

Gracias a la formación e-learning se eliminan las barreras espacio-temporales de su aprendizaje
ESTUDIE DONDE Y CUANDO QUIERA
El equipo docente de eGeoMapping le espera

Integración de las coberturas SIOSE en el sistema productivo del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000

REVISTA **MAPPING**
Vol. 24, 170, 30-42
marzo-abril 2015
ISSN: 1131-9100

SIOSE coverage integration into the productive system of National Topographic Map at scale 1: 25.000

Eduardo Núñez Maderal, Julián Delgado Hernández, Nuria Valcárcel Sanz , Xalo Fernández Villarino y Alfonso Boluda Sánchez

Resumen

El Instituto Geográfico Nacional de España (IGN-E), en el ejercicio de sus competencias , evalúa y reorienta de modo continuo sus procesos productivos para proporcionar datos y servicios geoespaciales de referencia válidos para múltiples aplicaciones y procesos de toma de decisión, orientados a satisfacer las necesidades de los usuarios en cada momento. Esto implica un cambio de modelo productivo: de una producción topográfica de información se pasa a una producción especializada de información geoespacial organizada conforme a las distintas áreas temáticas recogidas en la Ley sobre Infraestructuras y Servicios de Información Geográfica en España (LISIGE), ley que transpuso al ordenamiento jurídico español la Directiva 2007/2/CE (Inspire). En este sentido, se ha decidido mejorar e innovar el proceso productivo del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 (MTN25), incorporando los datos procedentes del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE) en sustitución de los Usos del Suelo vinculados a la formación topográfica del MTN25. Esta nueva línea de producción que ya está operativa es el resultado de un trabajo de integración geométrica y semántica para obtener una vista topográfica de SIOSE para el MTN25.

Abstract

National Mapping Agency of Spain (IGN-E), within the exercise of its powers, evaluates and continuously refocuses its processes to provide geospatial data and reference services valid for multiple applications and decision-making processes, designed to meet the user's needs at each moment. This implies a change in the production model: production of topographic information going through a specialized production of geospatial information organized under different thematic areas set out in the Law on Infrastructure and Geographic Information Services in Spain (LISIGE) law which transposed into Spanish law Directive 2007/2/EC (INSPIRE). In this regard, it has been decided to improve and innovate the production process of the National Topographic Map 1:25,000 (MTN25), incorporating data from the Spanish Land Cover / Land Use Information System (SIOSE) replacing the Land Use linked to the formation of topographic MTN25. This new production line and operational is the result of a geometric and semantic integration to obtain a topographical view of SIOSE for MTN25.

Palabras clave: BTN, cubierta del suelo, IGN España, mapa topográfico, MTN, producción cartográfica, SIOSE, uso del suelo.

Keywords: *BTN, IGN Spain, land cover, land use, MTN, cartographic production, SIOSE, topographic map.*

Instituto Geográfico Nacional (IGN), España
enmaderal@fomento.es
jdhernandez@fomento.es
nvalcarcel@fomento.es
xfernandez@fomento.es
absanchez@fomento.es

Recepción 01/04/2015
Aprobación 22/04/2015

1. INTRODUCCIÓN

El Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 (MTN25) es la cartografía básica del Estado y contiene una representación detallada y precisa de todo el territorio nacional, constituyendo una base vectorial homogénea y continua.

La metodología para la producción del MTN25 incluía los contenidos de divisiones administrativas, relieve (curvas de nivel y puntos acotados), hidrografía, usos del suelo, geografía humana con núcleos de población y construcciones, recursos naturales e industria, vías de comunicación, redes de transporte de energía y comunicaciones, apoyos geodésicos, toponimia y rotulación.

Para organizar esta información contenida en la cartografía básica, en 1997 se introduce la Base Cartográfica Nacional 1:25.000 (BCN25) para su uso en sistemas de información geográficos. Posteriormente, se reorganiza el proceso productivo, y se desarrolla una Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 (BTN25), desde donde se actualiza la información que después forma parte del contenido del MTN25.

La información relativa a cubiertas y usos del suelo junto con la localización topográfica de la distribución territorial de vegetación y cultivos, ha sido recogida por el IGN desde 1875, dentro del Mapa Topográfico Nacional (a escala 1:50.000), y desde 1975 en el MTN25, en su tema Usos del Suelo, con una perspectiva generalista y siempre teniendo en cuenta la necesidad de representación cartográfica de dicha realidad. Por tanto, se utilizaba una clasificación simplificada, que ha quedado obsoleta desde las necesidades actuales de información en estas materias.

Paralelamente, el Instituto Geográfico Nacional (en su papel de Centro Nacional de Referencia en Ocupación de suelo) comienza a finales de los años 80 la producción especializada de coberturas y usos del suelo, acorde a necesidades europeas y nacionales, produciendo los inventarios europeos Corine Land Cover [CLC90] (1990, 2000 y 2006) para la Agencia Europea de Medio Ambiente. Esta línea de producción, dadas las crecientes demandas de información en esta materia, se amplía en 2004 con el proyecto SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España) [SIO05], para satisfacer los requerimientos autonómicos, nacionales y europeos a la escala básica de referencia 1:25.000 del estado español. La información que incorpora SIOSE, proporciona una descripción detallada de las distintas coberturas que cubren nuestro suelo, en función de sus propiedades biofísicas observadas.

SIOSE, adelantando la aplicación de los principios de la Directiva Inspire aprobada en 2007 (transpuesta en 2010) que inspiraron el vigente Sistema Cartográfico Nacional (SCN), está siendo un éxito de colaboración interadministrativa entre Administración General del Estado y Comunidades Autónomas, puesto que ha sido producido por acuerdos administrativos, técnicos y financieros entre estas AAPP, además de estar

siendo tomado como un referente y modelo a seguir en la producción descentralizada y eficiente de geo-información medioambiental en Europa.

Esta nueva información a incorporar en los mapas topográficos nacionales está en condición de sustituir los contenidos de información tradicionalmente denominados "usos del suelo" cuya calidad en contenidos y frecuencia de actualización era inferior al resto de información contenida en las series cartográficas. SIOSE tiene un ciclo de actualización de 2-3 años, siempre en coordinación con el inventario Corine Land Cover, por lo que garantiza información fiable según esta frecuencia. En concreto, SIOSE 2005, 2009, 2012. Y gracias a la naturaleza continua de SIOSE, los procesos a realizar sobre los datos son automáticos, rápidos y uniformes.

Este artículo muestra la metodología que se ha diseñado para la integración de la información de SIOSE en el MTN25 fruto de una larga serie de ensayos con diferentes configuraciones territoriales, describiendo por un lado las técnicas de integración semántica con la extracción de datos SIOSE para obtener un conjunto de clases adecuado para su representación en el MTN25 y por otro lado los procesos de adaptación de las geometrías para alcanzar un aspecto cartográfico adecuado. Por último, se muestra el nuevo proceso de producción del MTN25 con información de SIOSE que ya está en marcha desde Junio de 2012.

2. SIOSE, UTILIZACIÓN Y APLICABILIDAD EN MAPAS TOPOGRÁFICOS

La Ocupación del Suelo lo integran los conceptos de Cobertura y Uso del Suelo:

- Cobertura del suelo (Land Cover, LC): categorización de la superficie terrestre en distintas unidades según sus propiedades biofísicas, como por ejemplo, superficie urbana, cultivos, arbolado forestal, etc.
- Uso del suelo (Land Use, LU): caracterización del territorio de acuerdo con su dimensión funcional o su dedicación socioeconómica actual, como por ejemplo, uso industrial, comercial, recreativo, etc.

Tradicionalmente, la mayoría de los sistemas de información de Ocupación del Suelo que se han manejado en el análisis territorial se basan en clasificaciones, es decir, asignación a cada polígono de una sola clase, correspondiendo normalmente con aquella que ocupa la superficie mayoritaria en el polígono clasificado. Otras clases con menor representación en el polígono, que debido a la escala y unidad mínima de representación no son recogidas, por lo tanto ven obviadas sus presencias en el sistema de información.

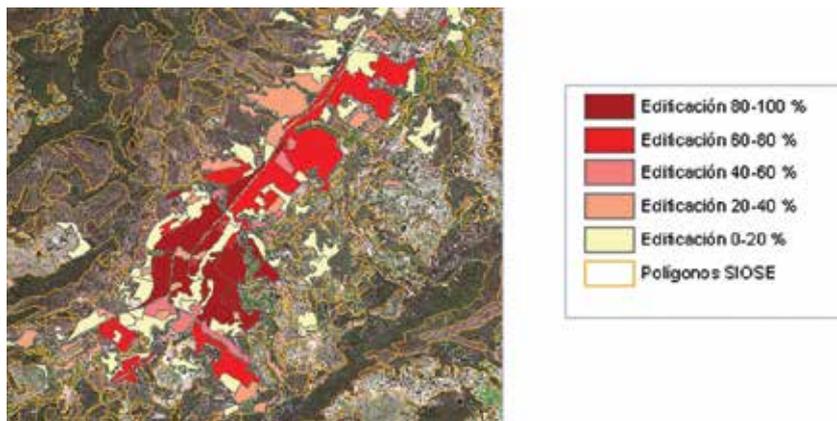


Figura 1. Ejemplo de estudio sobre las coberturas SIOSE. Análisis numérico en función de los porcentajes de edificación

El proyecto SIOSE posee un modelo de datos orientado a objetos que le permite describir los entornos por presencia de clases o parámetros, y no por clasificación. Esto significa que, además de mejorar susceptiblemente la descripción del territorio representado, éste puede ser analizado desde diferentes puntos de vista en función de las necesidades de cada uno de los usuarios. SIOSE ofrece respuestas multipropósito a analistas territoriales medioambientales, agrónomos, forestales, urbanistas, demógrafos, industriales, o cualquier otro técnico cuyo ámbito de acción sea territorial, como por ejemplo a cartógrafos.

Una misma geometría puede tener enlazado un conjunto de parámetros forestales, urbanísticos o agrarios, pudiendo convivir éstos sin conflicto ni inconsistencia de la información. La manera de manejar y explotar SIOSE es mediante un lenguaje de consulta a los parámetros. Existirán salidas gráficas o estadísticas, individualizadas por parámetro o por conjunto de ellos, pero de entre todas las posibles existe una clase concreta y muy demandada desde los usuarios de bases de datos orientadas a objetos, la extracción de nomenclaturas. Esta técnica novedosa consiste en la transformación de los porcentajes SIOSE en valores de etiqueta únicos por polígono adaptándose de esta forma a las necesidades particulares de los usuarios.

La técnica de extracción de nomenclaturas (Delgado, 2012) se realiza a partir de un conjunto de procesos a realizar sobre los datos con el propósito de traducir la información que fue recopilada según el modelo orientado a objetos a un formato clásico de nomenclaturas. Las principales fases de esta metodología son:

- Identificación y definición de objetos utilizados en el sistema de origen
- Identificación y definición de las clases utilizadas en el sistema de destino
- Mapeo o emparejamiento de la transformación: buscar la relación entre los objetos origen y clases destino, estableciendo las reglas de traducción y construcción de la

nomenclatura.

- Aplicación de las reglas de emparejamiento a los conjunto de datos.

Para la extracción de las nomenclaturas en este caso, se evalúan los requerimientos de las clases de ocupación del suelo topográficas en función de las necesidades de BTN25, MTN y los Mapas Topográficos del Ejército y de esta manera se identifican y extraen un conjunto de clases y atributos que definiremos como vista «SIOSE topográfico» que garantice la trazabilidad a través de estos productos y sus escalas derivadas.

3. INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE SIOSE EN EL MTN25

Existen dos niveles de integración de la información de SIOSE y el MTN25, uno semántico de enlace de clases de ocupación del suelo y otro geométrico de corrección para alcanzar un aspecto cartográfico adecuado.

MTN25 y SIOSE utilizan el mismo sistema de referencia y de representación y, se producen a la misma escala de referencia (ETRS89; Proyección UTM en los husos 28, 29, 30, 31; escala cartográfica 1:25.000).

Las principales características técnicas de SIOSE son las siguientes:

- Unidad Espacial: El polígono (GM_Surface). Cada polígono contiene en su interior una ocupación del suelo o una combinación de éstas, que pueda ser considerada como homogénea, haciendo al polígono claramente distinguible de las unidades que lo rodean. La superficie mínima

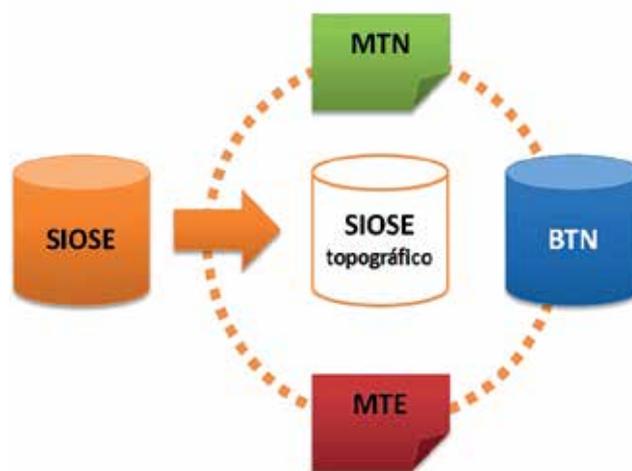


Figura 2. Aplicabilidad de SIOSE a los mapas topográficos

a representar depende del tipo de clase, yendo desde 0,5 ha a 2 ha.

- Ciclo de actualización: 2-3 años
- La fotointerpretación de los polígonos se realiza ceñida a la información básica de referencia: Imágenes del satélite SPOT5 (10m, 2.5m), Ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), Base de Datos de Líneas Límites entre CCAA del Registro Central de Cartografía del IGN, Bases de Datos de Ocupación del Suelo de mayor escala aportadas por las CCAA (integración multiescala).

En el caso del MTN25:

- Cartografía básica del estado que se genera con la información contenida en BTN25 (se produce de forma armonizada con las bases topográficas de las CCAA):
- la captura de datos espaciales en BTN25 se realiza por fotointerpretación y se emplean fuentes oficiales de referencia para la formación de todo el contenido temático considerado.
- Se actualiza/produce por hojas: 4123 hojas para todo el territorio Nacional
- Ciclo previsto de actualización: 5 años

Es importante mencionar las diferentes configuraciones territoriales que han sido seleccionadas para el diseño de las metodologías desarrolladas. Se eligieron a priori diferentes hojas del MTN25 intentando recoger una muestra representativa con el objetivo de conseguir una metodología común para todo el territorio nacional. Se utilizaron entre otras, hojas con una configuración tierra-mar con playas como la de Santander (0035-I), la de Matalascañas (1033-I), la de Foz (0009-IV), o zonas de alta montaña con mucho relieve y también vegetación tipo bosque como la hoja de Espot (0181-IV), hojas con diferentes tipos de cultivos y de vegetación como Cazalla de la Sierra (0920-I), Santa Fe (1009-III) o Ruimar (0523-III, Delta del Ebro).

3.1 Integración semántica

SIOSE posee un conjunto de 85 clases y 23 atributos (Anexo I, (Delgado, 2012)) formando una cobertura continua y homogénea en ocupación del suelo para todo el territorio nacional.

El MTN25 por su parte, incluía la información de usos del suelo contando con 34 tipos de clases y sus simbologías asociadas. La Figura 3 incluye un sub-conjunto de 20 tipologías de la leyenda de Usos del Suelo ya que así estaba diseñada para la publicación. En este caso por ejemplo, se dejaron en reserva los siguientes tipos que completan la lista: Invernaderos, Arrozales, Marismas, Almendros, Caña de Azúcar, Dunas, Lavas, Olivar y terreno claro, Platanar, Roquedo, Salinas, Viña y Claro, Campo de Golf y Suelo desnudo.

Aplicando la metodología de extracción de nomenclaturas (Delgado, 2012), obtenemos durante el proceso de



Figura 3. Anterior leyenda de Usos del Suelo del MTN25

identificación de clases a incluir en la vista topográfica los siguientes resultados: 77 clases SIOSE, 36 clases MTN25 y 25 clases MTN50 (Anexo I). En este proceso de identificación salieron clases nuevas para el MTN, como por ejemplo la Dehesa, siendo éste un ejemplo del conocimiento que aporta la especialización temática para mejorar la interpretación cartográfica del territorio.

El siguiente paso para la integración semántica fue establecer las reglas de transformación y construcción de la nomenclatura en donde se realizaron varias operaciones; el objetivo era buscar unos parámetros de transformación semántica de SIOSE para obtener SIOSE topográfico. La metodología de transformación aplicada se desarrolló en las siguientes fases: primero se estableció la relación de pertenencia entre los objetos de SIOSE y las clases MTN25 determinando aquellos objetos que componen cada clase (ej. un bosque tendrá arbolado). En segundo lugar se valoró dicha relación de pertenencia mediante rangos de valores de porcentaje (ej. para los cascos de población se consideran superficies con más de un 22.5% de ocupación del suelo de edificación). A continuación se establecieron parámetros para determinar las combinaciones de las superficies de los objetos, de manera que cada polígono SIOSE lleve asociada una clase de pertenencia. Entre estos parámetros tenemos el porcentaje de superficie mínimo, para asignar una combinación a una clase determinada (ej. polígono con 5ha de arbolado conífero y 1ha de suelo desnudo debe asignarse a conífera no a suelo desnudo), la exclusividad, establecer preferencias de unas coberturas sobre otras sin atender al criterio de mayor cantidad de cobertura (ej. polígonos con más de un 30% de arbolado serán siempre bosque) o la pre-

ferencia, para realizar la asignación en casos de igualdad de criterios.

La aplicación de esta metodología llevó a obtener la asignación semántica más probable para las clases topográficas definidas partiendo de la información de SIOSE (Anexo III, (Delgado, 2012)).

3.2 Leyenda de coberturas y usos del suelo

Como resultado de los procesos de integración semántica se obtiene una nueva definición de leyenda de Coberturas y Usos del Suelo, en sustitución a la anterior de Usos del Suelo. Además se realiza una revisión de la simbología, ampliando y mejorando la gama de colores y tramas para una mejor diferenciación visual en el mapa de las categorías representadas; ej. Distinción entre vegetación arbórea Coníferas/Frondosas.

Para el estudio y elección final de la nueva gama de colores se tuvo en cuenta la introducción del sombreado por efecto del relieve en la actual línea de producción del MTN25.

A continuación se muestra la nueva leyenda incluida en el MTN25 de Coberturas y Usos del Suelo:

En el anexo II se incluye la tabla de Clases SIOSE-MTN que contiene la relación directa entre las clases, incluyendo el código de clase SIOSE (ID_COMBI) que garantiza la trazabilidad de los objetos, su descripción literal, el código de clase MTN, el código MTN para asociar el estilo para la representación cartográfica (código DGN: nivel, peso, color, estilo), la simbología para esa clase y por último el grupo de pertenencia de cada una de las clases para organizar la leyenda de una manera más comprensible para el usuario.



Figura 4. Coberturas y Usos del suelo para el MTN25

3.3 Adaptación de geometrías para la representación cartográfica

Es necesario un proceso de adaptación o corrección de algunas geometrías entre SIOSE y MTN25 debido a que ambos productos contienen información de un mismo fenómeno y han sido producidas de manera independiente (ej. diferentes fechas de captura o diferentes especificaciones de cada producto). Además, el MTN25 es un producto cartográfico donde cada elemento de la leyenda se pinta con su simbología correspondiente y en ocasiones algunas geometrías pueden haber sufrido desplazamientos para conseguir claridad en la interpretación del mapa.

A continuación se muestran un par de ejemplos de estas discrepancias en las geometrías de fenómenos compartidos:

En la primera imagen de la Figura 5 observamos las discrepancias en la línea de costa, en ambos casos esta línea se captura en un momento determinado de tiempo y depende de la marea que un operador digitalice la línea en un sitio u otro. En el caso de la hidrografía superficial (segunda imagen de la Figura 5), un mismo fenómeno se recoge de diferentes maneras según las especificaciones de cada producto y por lo tanto surgen también falta de coincidencias. A continuación se muestran los mismos ejemplos tras haber pasado los procesos automáticos de adaptación de las geometrías:

De esta forma, el primer paso para la integración geométrica es la identificación de aquellos fenómenos compartidos, para evaluar qué geometrías han de permanecer fijas y cuáles han de ser corregidas. Para ello se analizaron de manera completa las tipologías de fenómenos presentes en ambas fuentes, MTN25 y SIOSE, de las cuales se tomaron como candidatos ciertos elementos que posteriormente fueron comparados por superposición de geometrías, tratando de detectar cuáles de ellos provocarían una discrepancia mayor en caso de no ser corregidos.

Mayoritariamente, los elementos determinados como clave para la corrección están en relación con la hidrografía, ya que ésta es una componente vertebradora del territorio



Figura 5. Discrepancias entre SIOSE y MTN25 (las líneas azules son geometrías del MTN25)



Figura 6. Resultado de la adaptación de geometrías de SIOSE para el MTN25

sin mucha variabilidad en el tiempo a escalas medias. Si bien el proceso usa como elementos clave de corrección los que a continuación se enumeran, está abierto de forma versátil para en un futuro poder contener otros nuevos tipos.

- Hidrografía: Ríos, lagos, lagunas, agua costera y ramblas.
- Humedales: Marismas y zonas encharcables.
- Vertederos y escombreras.

Una vez conocidos los elementos sobre los que se trabaja, es el momento de determinar la diferencia entre sus polígonos. De esta forma se obtienen superficies en el espacio de trabajo donde los polígonos de estos elementos coinciden y otras donde no lo hacen, que serán de por sí las discrepancias a corregir.

Para corregir estas diferencias se aplicó una técnica analítica de evaluación de entornos del espacio entre dos bases geográficas poligonales comparadas, donde el solape o separación entre polígonos guía a la asignación de valores de clase a las diferencias. La adopción de valor de clase puede ser de diferentes tipos:

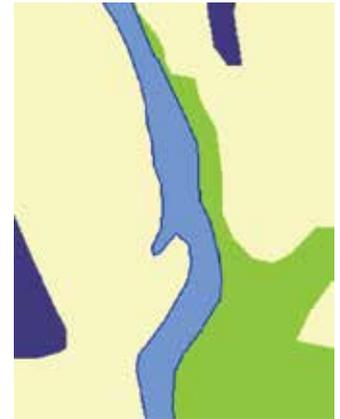
- Invariante: no cambia su valor ya que tiene valor igual en ambas bases, o sólo tiene valor de una de ellas.
- Comparado: donde su valor es impuesto tras la comparación de una base con la otra, y obtiene el valor de aquella que sea la referencia, en este caso el MTN al ser el objetivo de la comparación.
- Corregido: cuando el polígono debe cambiar su valor



Figura 7. Posibles diferencias entre polígonos de dos fuentes

ya que es inadecuado para el resultado final.

- Esta filosofía de asignación es variable en función de la tipología de elementos, o lo que es lo mismo, las diferencias encontradas en hidrografía, humedales o escombreras no son tratadas de igual manera, sino que dependen de que sean hidrografía, humedales o escombreras.
- Hidrografía salvo ramblas. Prevalece el agua del MTN, toda agua proveniente del SIOSE es corregida.
- Humedales y ramblas. Prevalecen los humedales y ramblas del MTN, pero los polígonos provenientes del SIOSE también se aceptan.
- Vertederos y escombreras. Prevalecen los vertederos y escombreras del MTN, los polígonos provenientes del SIOSE se mantienen en el caso de que no sean limítrofes con polígonos del MTN. Lo limítrofes se corrigen.



Para aquellas diferencias que deban ser corregidas, la asignación de valores a un polígono en función de sus vecinos implica un estudio topológico. En este estudio se determinan todos los vecinos, y entre ellos, el que comparte mayor contorno con el polígono a corregir, del cual se obtendrá el valor de clase. En aquellas ocasiones en que la suma de los contornos de varios vecinos con igual valor de clase, supere el mayor contorno vecino, el polígono ha de ser corregido con el valor de clase de los primeros y no del segundo. (ej. Como se muestra en las siguientes figuras, el polígono a corregir no se clasifica con la Clase V con la que comparte mayor contorno sino con la Clase R ya que la suma de contornos es mayor. El tramo t4 es mayor que cualquier otro tramo limítrofe, pero es inferior a la longitud de la suma de t1+t3).

4. PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA DEL MTN25 CON SIOSE

Durante el desarrollo del trabajo de integración se fueron configurando los flujos para la sistematización del proceso de producción. La premisa desde el principio fue diseñar una metodología con la mayor automatización posible, teniendo en cuenta que además estábamos integrando dos entornos productivos con tecnologías diferentes; el MTN25 con ficheros y herramientas CAD de Microstation y SIOSE, basado en

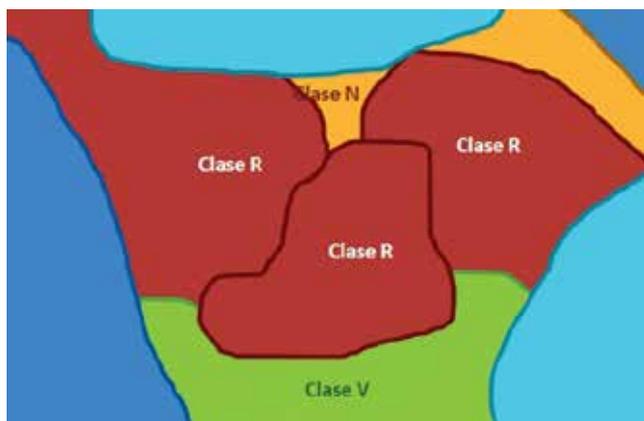
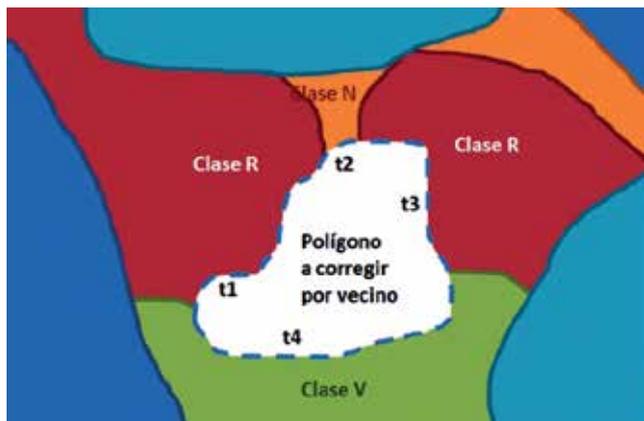


Figura 8. Superior: polígono a corregir. Inferior: polígono clasificado en función de la presencia predominante de los vecinos

tecnologías SIG almacenando su información en base de datos. En la siguiente Figura 9 se muestra el flujo de trabajo diseñado para la incorporación de la información de SIOSE al MTN25:

Contamos ya con la vista «SIOSE topográfico», con información continua para toda España y de la información del MTN25 cargada desde BTN25 por hojas; el primer proceso consiste en generar para cada hoja del MTN25 un fichero de máscaras donde irá incluido el marco de hoja y las geometrías superficiales compartidas entre ambos productos que hemos considerado como fijas del MTN25. Este primer proceso exige un trabajo manual para la generación de dichas superficies debido a cómo se organiza la información de origen en BTN25. Este fichero sirve de entrada a un proceso único, automatizado con la herramienta FME Desktop 2011, dentro del cual se realizan las siguientes operaciones: conecta con la vista «SIOSE topográfico», extrae la información para el entorno de la hoja y realiza el proceso de adaptación de las geometrías en base a los elementos considerados en la máscara del MTN25. De este proceso automático se obtienen dos ficheros codificados en formato DGN para el MTN25, por un lado el fichero de coberturas y usos del suelo y por otro, un fichero de avisos donde se incluye una cola de edición de ayuda al revisor que está realizando la edición



Figura 9. Producción del MTN25 con SIOSE

cartográfica.

Este fichero de avisos es en realidad un fichero de detección de posibles inconsistencias provenientes de las distintas formas de contemplar el territorio de BTN25/MTN25 y SIOSE. En él se enumeran un conjunto mínimo de polígonos a revisar manualmente que atienden a tamaño mínimo de 0.1ha y una tipología que se describe a continuación:

- omisión-comisión (error por solape): detectar elementos que faltan en SIOSE o sobran en MTN25 (ej. aviso sobre áreas clasificadas como edificadas desde SIOSE pero no presentan edificaciones en MTN).
- exceso en la simbología lineal (error por corte): avisa que polígonos resultado exceden de la simbología MTN25 (ej. avisa qué porción del polígonos de carretera proveniente del SIOSE sobrepasa la anchura marcada en MTN25)

Por último comentar que el trabajo se planificó en tres fases: desarrollo, producción y mantenimiento. La primera fase se dedicó principalmente al desarrollo de la metodología y pruebas sobre un conjunto amplio de configuraciones territoriales. La fase de producción, en la que se encuentra actualmente, comenzó con una prueba piloto sobre 4 hojas seleccionadas culminando con la publicación de la hoja MTN25 0057-II Cabezón de la Sal (Figura 10). Por último, la fase de mantenimiento se ha incluido con el objetivo de que el equipo interdepartamental de personas asignadas dentro del IGN realice un seguimiento constante en el tiempo de las necesidades para solucionar incidencias, realizar modificaciones para mejorar los procesos y seguir trabajando en la incorporación de procesos similares a otras escalas.

5. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado una nueva metodología para la generación de las coberturas y usos del suelo para el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 con la incorporación de la información que proporciona SIOSE. Este contenido permite ahora ofrecer la información geoespacial de coberturas y

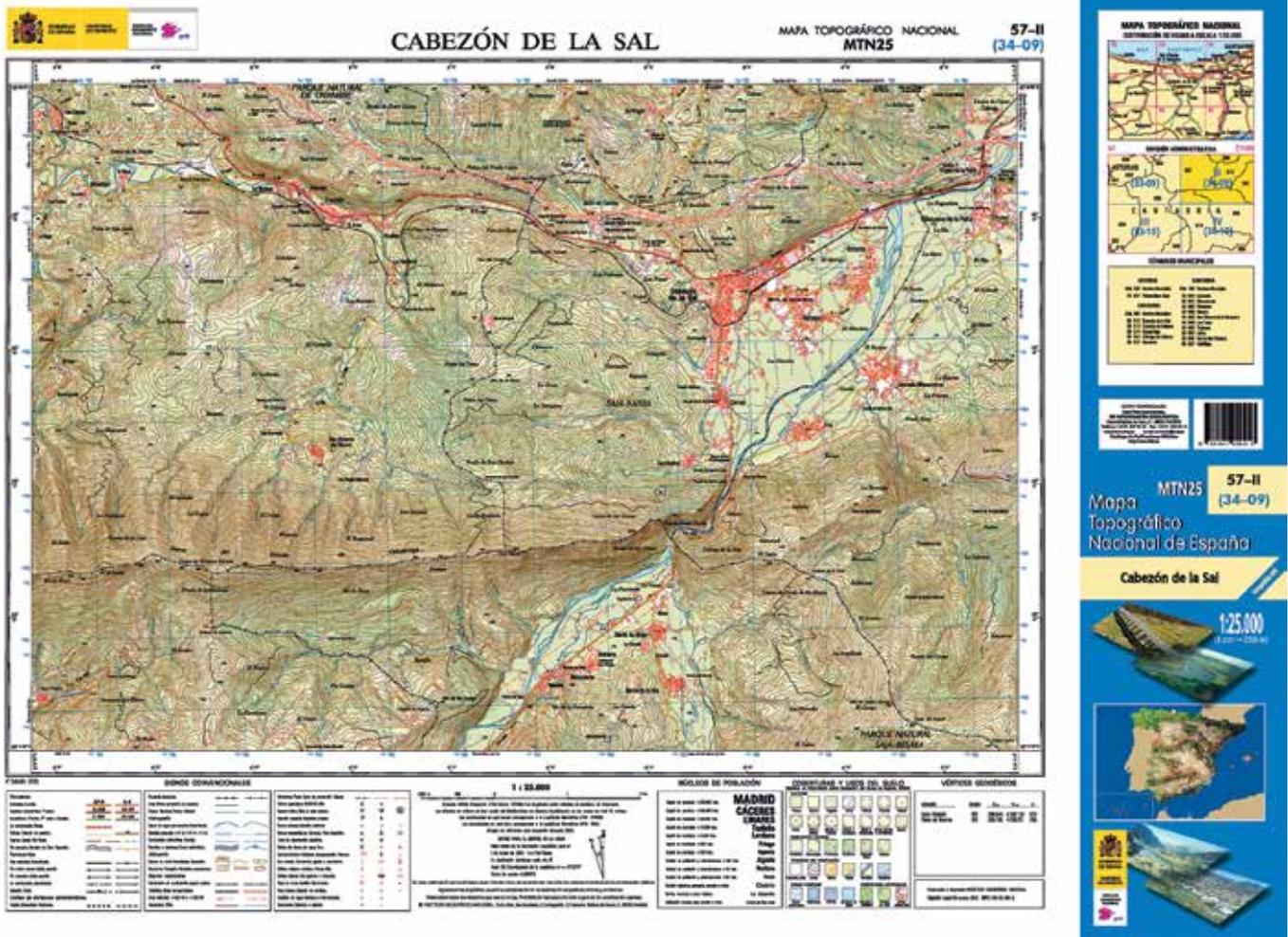


Figura 10. Primera hoja publicada del MTN25 con información SIOSE (hoja 0057-II Cabezón de la Sal)

usos del suelo organizada de acuerdo a las necesidades actuales y conforme a la normativa vigente en materia de información geográfica que rige en nuestro país (Inspire/LISIGE).

Los principales trabajos suponen:

- Nueva definición mejorada de la leyenda de Coberturas y Usos de Suelo, incorporando nuevas categorías para mejorar la interpretación cartográfica de nuestro paisaje (ej. Dehesa) y desechando otras (ej. Monte bajo).
- Revisión de la simbología, ampliando y mejorando la gama de colores y tramas para una mejor diferenciación visual en el mapa de las categorías representadas; ej. Distinción entre vegetación arbórea Coníferas/Frondosas.
- Adaptación automática de geometrías MTN25 y SIOSE para una salida cartográfica común.

Esta metodología aplica una técnica novedosa de extracción de nomenclaturas como resultado de trabajar con una información que está orientada a las necesidades del usuario como es el modelo de datos SIOSE. Integrando de forma conjunta las necesidades para MTN25, MTN50 y MTE (CEGET) se ha obtenido la vista «SIOSE topográfico».

Esta clasificación garantiza la trazabilidad de sus clases para los diferentes productos y para diferentes escalas y, además, es homogénea para todo el territorio nacional. Este trabajo, por lo tanto, supone para SIOSE la consolidación de la utilización de sus datos para una temática tan determinante como la topográfica.

La línea de producción MTN25 con SIOSE ya está en estado operativo. Las siguientes fases, siguiendo la experiencia de este trabajo, contemplan la integración de SIOSE en otras bases de datos y series cartográficas del Instituto mediante procesos de generalización semántica y geométrica para garantizar la coherencia en las distintas escalas de aplicación. En concreto, ya se está trabajando con las escalas 1:50.000 y 1:100.000.

Para el Instituto Geográfico Nacional, este trabajo supone un primer e importante hito en la nueva orientación de la producción eficiente de información geográfica y cartográfica, basada en la integración de bases de datos temáticas que por su producción especializada están mucho más adaptadas a las necesidades reales de los usuarios.

ANEXO I

Tabla de identificación de clases origen y destino

Clases SIOSEtopografico y BTN		77	
Clases MTN25		36	
Clases MTN50		25	
ID_SIOSE	DESCRIPCION_SIOSE	DESCRIPCION_MTN25	DESCRIPCION_MTN50
290	14 Prados	Prados y vegetación de ribera	Prados y vegetación de ribera
29032	15 Prados en regadío	Prados y vegetación de ribera	Prados y vegetación de ribera
29035	16 Prados abancalados	Prados y vegetación de ribera	Prados y vegetación de ribera
31041	05 Vegetación de ribera	Prados y vegetación de ribera	Prados y vegetación de ribera
3104041	06 Vegetación de ribera en plantación	Prados y vegetación de ribera	Prados y vegetación de ribera
102860	77 Zona verde artificial	Zona verde artificial	Zona verde artificial
859	76 Campo de golf	Zona verde artificial	Zona verde artificial
21031	21 Herbáceos en seco	Secano	Secano
2103135	22 Herbáceos en seco abancalados	Secano	Secano
2103136	23 Herbáceos en seco forzados/bajo plástico	Secano	Secano
21032	17 Herbáceos en regadío	Regadío	Regadío y huertas
2103235	18 Herbáceos en regadío abancalados	Regadío	Regadío y huertas
2103236	19 Herbáceos en regadío forzados/bajo plástico	Regadío	Regadío y huertas
704220	54 Huerta	Huerta	Regadío y huertas
211	35 Arroz	Arroz	Arroz
21135	36 Arroz abancalado	Arroz	Arroz
222	25 Frutales cítricos	Cítricos	Frutales
22235	26 Frutales cítricos abancalados	Cítricos	Frutales
22236	27 Frutales cítricos forzados/bajo plástico	Cítricos	Frutales
223	29 Frutales no cítricos	Frutales	Frutales
22335	30 Frutales no cítricos abancalados	Frutales	Frutales
22336	31 Frutales no cítricos forzados/bajo plástico	Frutales	Frutales
2233536	32 Frutales no cítricos abancalados y forzados/bajo plástico	Frutales	Frutales
241	33 Otros cultivos	Frutales	Frutales
24135	34 Otros cultivos abancalados	Frutales	Frutales
231	39 Viñedo	Viñedo	<i>Viñedo y viñedo con frutales o herbáceos</i>
23135	40 Viñedo abancalado	Viñedo	<i>Viñedo y viñedo con frutales o herbáceos</i>
23136	41 Viñedo forzados/bajo plástico	Viñedo	<i>Viñedo y viñedo con frutales o herbáceos</i>
221231	44 Viñedo y frutal	Viñedo y frutales	<i>Viñedo y viñedo con frutales o herbáceos</i>
22123135	45 Viñedo y frutal abancalado	Viñedo y frutales	<i>Viñedo y viñedo con frutales o herbáceos</i>
210231	47 Viñedo y herbáceos	Viñedo y herbáceos	<i>Viñedo y viñedo con frutales o herbáceos</i>
21023135	48 Viñedo y herbáceos abancalados	Viñedo y herbáceos	<i>Viñedo y viñedo con frutales o herbáceos</i>
232	37 Olivar	Olivar	<i>Olivar y olivar con viñedo o herbáceos</i>
23235	38 Olivar abancalado	Olivar	<i>Olivar y olivar con viñedo o herbáceos</i>
231232	42 Viñedo y olivar	Olivar y viñedo	<i>Olivar y olivar con viñedo o herbáceos</i>
23123235	43 Viñedo y olivar abancalado	Olivar y viñedo	<i>Olivar y olivar con viñedo o herbáceos</i>
210232	49 Olivar y herbáceos	Olivar y herbáceos	<i>Olivar y olivar con viñedo o herbáceos</i>
21023235	50 Olivar y herbáceos abancalados	Olivar y herbáceos	<i>Olivar y olivar con viñedo o herbáceos</i>
210230	51 Viñedo, Olivar y herbáceos	Olivar, viñedo y herbáceos	<i>Olivar y olivar con viñedo o herbáceos</i>
21023035	52 Viñedo, Olivar y herbáceos abancalados	Olivar, viñedo y herbáceos	<i>Olivar y olivar con viñedo o herbáceos</i>
300	13 Pastizales	Pastizales	Pastizales
320	12 Matorrales	Matorrales	Matorrales
313	01 Arbolado frondoso perennifolio	Frondosas	Frondosas
31340	02 Arbolado frondoso perennifolio de plantación	Frondosas	Frondosas
312	03 Arbolado frondoso caducifolio	Frondosas	Frondosas
31240	04 Arbolado frondoso caducifolio de plantación	Frondosas	Frondosas
316	07 Arbolado conífero	Coníferas	Coníferas
31640	08 Arbolado conífero de plantación	Coníferas	Coníferas
310	09 Arbolado mixto	Arbolado mixto	Arbolado mixto

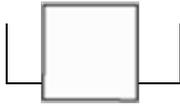
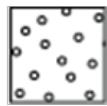
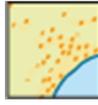
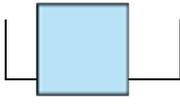
31040	10 Arbolado mixto de plantación	Arbolado mixto	Arbolado mixto
701	11 Dehesa	Dehesa	Dehesa
30044	63 Cortafuegos	Cortafuegos	Cortafuegos
352353	56 Afloramientos rocosos o canchales	Suelo desnudo	Suelo desnudo
351	57 Acantilados marinos	Suelo desnudo	Suelo desnudo
333	58 Suelo desnudo	Suelo desnudo	Suelo desnudo
334	59 Zonas Quemadas	Suelo desnudo	Suelo desnudo
100	Tierra genérica MTN sobre agua	Tierra genérica	Tierra genérica
101	Tierra genérica MTN sobre marisma	Tierra genérica	Tierra genérica
0	No clasificado	No clasificado	No clasificado
354	60 Coladas lávicas	Lavas	Lavas
331	55 Playas, dunas y arenales	Playas y dunas	Playas y dunas
336	61 Ramblas	Ramblas	Ramblas
411	67 Zonas pantanosas	Zonas pantanosas	Zona encharcable
412	66 Turberas	Zonas pantanosas	Zona encharcable
421	64 Marismas	Marismas	Zona encharcable
413422	65 Salinas marinas o continentales	Salinas	Salinas
510	69 Aguas continentales	Agua	Agua
520	70 Aguas transicionales	Agua	Agua
523	71 Agua marina	Agua	Agua
103	68 Lámina de agua artificial	Agua	Agua
500	Agua genérica MTN	Agua	Agua
131833	78 Zonas de extracción o vertido	Zona de extracción o vertido	Zona artificial
104884	73 Superficies artificiales y viales	Infraestructuras	Zona artificial
882	74 Zona de ferrocarril	Infraestructuras	Zona artificial
883	75 Zona de puerto	Infraestructuras	Zona artificial
810850	72 Zonas edificadas o construidas	Zonas edificadas	Zona artificial
335	62 Glaciares y nieves perpetuas	Glaciares	Zona artificial

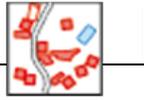
ANEXO II

Tabla de listado de clases topográficas SIOSE-MTN25

ID COMBI	DESCRIPCIÓN COMBI	CLASE MTN	COD_MTN		
290	Prados	Prados	55002000		Cultivos
29032	Prados en regadío				
29035	Prados abancalados				
21031	Herbáceos en seco	Secano	29002000		
2103135	Herbáceos en seco abancalados				
2103136	Herbáceos en seco en invernadero				
21032	Herbáceos en regadío	Regadío	17002000		
2103235	Herbáceos en regadío abancalados				
2103236	Herbáceos en regadío en invernadero				
211	Arroz	Arroz	11002000		
21135	Arroz abancalado				
222	Frutales cítricos	Cítricos	35002000		
22235	Frutales cítricos abancalados				
22236	Frutales cítricos en invernadero				

223	Frutales no cítricos	Frutales	37002000		Cultivos
22335	Frutales no cítricos abancalados				
22336	Frutales no cítricos en invernadero				
2233536	Frutales no cítricos abancalados y en invernadero				
241	Otros cultivos leñosos				
24135	Otros cultivos leñosos abancalados	Viñedo	41002000		
231	Viñedo				
23135	Viñedo abancalado				
23136	Viñedo en invernadero	Olivar	33002000		
232	Olivar				
23235	Olivar abancalado	Olivar y viñedo	43002000		
231232	Viñedo y olivar				
23123235	Viñedo y olivar abancalado	Viñedo y frutales	45002000		
221231	Viñedo y frutal				
22123135	Viñedo y frutal abancalado	Viñedo y herbáceos	47002000		
210231	Viñedo y herbáceos				
21023135	Viñedo y herbáceos abancalados				
210232	Olivar y herbáceos	Olivar y herbáceos	49002000		
21023235	Olivar y herbáceos abancalados				
210230	Olivar, viñedo y herbáceos	Olivar, viñedo y herbáceos	51002000		
21023035	Olivar, viñedo y herbáceos abancalados				
704220	Huerta	Huerta	19002000		
300	Pastizales	Pastizales			Vegetación natural
320	Matorrales	Matorrales	9002000		
31041	Vegetación de ribera	Frondosas	55002000		
3104041	Vegetación de ribera de plantación				
313	Arbolado frondoso perennifolio				
31340	Arbolado frondoso perennifolio de plantación				
312	Arbolado frondoso caducifolio				
31240	Arbolado frondoso caducifolio de plantación	Coníferas	3002000		
316	Arbolado conífero				
31640	Arbolado conífero de plantación				

310	Arbolado mixto	Arbolado mixto	7002000		Vegetación natural	
31040	Arbolado mixto de plantación					
701	Dehesa	Dehesa	31002000			
30044	Cortafuegos	Cortafuegos	1062020			
352353	Afloramientos rocosos o canchales	Roquedos, eriales	25002000		Terrenos sin vegetación	
351	Acantilados marinos					
333	Suelo desnudo					
334	Zonas Quemadas					
354	Coladas lávicas	Lavas	27002000			
331	Playas, dunas y arenales	Playas y dunas	58002000			
335	Glaciares y nieves perpetuas	Glaciares	2002000			
336	Ramblas	Ramblas	60002000			
411	Zonas pantanosas	Zonas pantanosas	59002000			Zonas húmedas
412	Turberas					
421	Marismas	Marismas	21021000			
413422	Salinas marinas o continentales	Salinas	46091010			
510	Aguas continentales	Láminas de agua	46001000		Agua	
520	Aguas transicionales (estuarios, lagunas costeras)					
523	Agua marina					
103	Lámina de agua artificial					

102860	Zona verde artificial	Parques y jardines	2030020		Coberturas artificiales
859	Campo de golf	Campo de golf	2030020		
131833	Zonas de extracción o vertido	Otras coberturas	2030000		
104884	Viales y otras superficies artificiales		2030000		
882	Zona de ferrocarril				
883	Zona de puerto				
810850	Zonas edificadas				

REFERENCIAS

BTN25 Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000. «Bases de datos geográficas del Ministerio de Fomento». http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/CARTOGRAFIA/BBDD/BTN25/
 CLC90 CORINE Land Cover. Agencia Europea de Medio Ambiente (European Environmental Agency). "CORINE Land Cover Nomenclature". www.eea.europa.eu
 Delgado Hernández, Julián (2012). Extracción de no-

menclaturas de ocupación del suelo desde SIOSE. Aplicación en el Mapa Topográfico Nacional 1:25.000. X Congreso TOPCART 2012, Madrid.
 MTN25 Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000. «Series cartográficas del Ministerio de Fomento». http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/CARTOGRAFIA/SERIES_CARTOGRAFICAS/MTN25.htm
 SIO05 Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España, 2005. Instituto Geográfico Nacional. «Documento Técnico». www.siose.es

Sobre los autores

Eduardo Núñez Maderal

Ingeniero Geógrafo del Instituto Geográfico Nacional, desde 2006. Jefe de Servicio de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía trabajando en proyectos de producción de información geográfica y cartografía básica. De 2001 a 2005, Ingeniero Técnico en Topografía del IGN en el Servicio de Gravimetría Absoluta. Ingeniero en Geodesia y Cartografía (Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén, 2000). Ingeniero Técnico en Topografía (Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Salamanca, 1996).

Julian Delgado Hernández

Ingeniero Geógrafo del Instituto Geográfico Nacional desde 2008. Ingeniero Técnico en Topografía (Universidad Politécnica de Madrid) 2004. Ingeniero en Geodesia y Cartografía (Universidad Politécnica de Madrid) 2006.

Nuria Valcárcel Sanz

Ingeniero Geógrafo del Instituto Geográfico Nacional. Desde 2013, Jefe de Área en la Unidad de Observación del

Territorio del Instituto Geográfico Nacional, responsable de los proyectos SIOSE y Corine Land Cover, dentro del marco del Plan Nacional de Observación del Territorio. Licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid (1997).

Xalo Fernández Villarino

Ingeniero Técnico en Topografía del Instituto Geográfico Nacional desde 2009. Ingeniero en Geodesia y Cartografía en la Sección de Cartografía y SIG del Gobierno de la Rioja (2005 – 2008). Ingeniero Técnico en Topografía (2001) e Ingeniero en Geodesia y Cartografía (2003) por la Universidad Politécnica de Madrid.

Alfonso Boluda Sánchez

Ingeniero Técnico en Topografía del Instituto Geográfico Nacional desde 2006, realizando labores de control de producción del MTN25 en el Servicio de Cartografía Básica del Instituto Geográfico Nacional. Ingeniero Técnico en Topografía (1993) por la Universidad Politécnica de Madrid.

VISITA NUESTRO NUEVO PORTAL



www.obrasurbanas.es

SUSCRIBETE a nuestro Newsletter mensual

**Toda la información actualizada en el portal
más completo del sector**

Guía para la redacción de referencias bibliográficas de documentación cartográfica

Guide to writing bibliographic references of cartographic documentation

José Rueda Murria y Ana Santamaría Gutiérrez

REVISTA **MAPPING**
Vol. 24, 170, 44-56
marzo-abril 2015
ISSN: 1131-9100

Resumen

El presente trabajo es una guía práctica para componer las citas bibliográficas de documentos cartográficos en los trabajos académicos y de investigación, elaborada siguiendo las directrices de la norma ISO 690:2013.

Consta de una primera parte donde se dan las indicaciones para redactar cada uno de los distintos elementos de la cita y una segunda donde se aportan los modelos de trece tipos distintos de cartografía, tanto analógicos como digitales, con sus correspondientes ejemplos. El objetivo del documento es cubrir la carencia observada en el ámbito académico español y portugués consistente en que en las guías y tutoriales que las distintas universidades han elaborado para enseñar a redactar referencias bibliográficas, la cartografía no es contemplada o lo es de una manera totalmente insuficiente, ya que no refleja la gran variedad de tipologías existentes dentro de la documentación cartográfica.

Abstract

This work is a practical guide for compiling bibliographical references of cartographic documents in academic and research works, following the guidelines of standard ISO 690:2013.

It consists of a first part about how to write each of the different elements of the citation and a second where the models of thirteen different types of cartographic documents are showed, both analogical and digital, with examples.

The aim of the guide is to cover a short coming observed in the Spanish and Portuguese academical ambit, where the guides and tutorials that different universities have made to teach writing bibliographical references, cartographic materials are not covered or they are included in a totally insufficient way, because they do not reflect the wide variety of existing cartographic documents.

Palabras claves: *Competencias informacionales, referencias bibliográficas, norma ISO 690:2013, documentos cartográficos, universidades, cartotecas.*

Keyword: *Information skills, bibliographical references, standard ISO 690:2013, cartographic documents, universities, map libraries.*

Cartoteca de la Universitat de València

jrueda@uv.es

Cartoteca del Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio de la Universidad de Cantabria

ana.santamaria@unican.es

Recepción 16/02/2015

Aprobación 23/04/2015

1. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DEL TRABAJO

En los últimos años, la cartografía ha diversificado enormemente su variedad tipológica: a los documentos en papel, como mapas individuales, hojas de series cartográficas, facsímiles de mapas antiguos o fotogramas de vuelos, se han ido sumando documentos digitalizados integrados en repositorios institucionales, cartografía digital en línea, imágenes de satélite, visores cartográficos, etc. Además, la presencia de la cartografía se ha generalizado entre numerosas y muy variadas disciplinas científicas, que han ido integrándola, por un lado como fuente de información y por otro como herramienta para presentar los resultados de sus investigaciones.

Desde nuestro puesto de responsables de cartotecas universitarias, los autores de este trabajo hemos podido constatar estas tendencias; cotidianamente atendemos a miembros de distintos colectivos (docentes, investigadores, alumnos de grado y postgrado o personas ajenas a la universidad que consultan los fondos de nuestros centros), lo que supone una atalaya privilegiada para observar las necesidades de nuestros usuarios. En la mayoría de los casos éstos suelen estar muy formados en los aspectos técnicos de la cartografía pero en mucha menor medida en los aspectos documentales de la misma: a menudo se presta poca atención a la autoría, no se distinguen los datos relativos a la fecha de levantamiento y de la publicación, no se incluyen muchos de los datos técnicos, etc.; en definitiva, no se da suficiente importancia a su dimensión documental. Y sin embargo, los mapas son documentos que deben ser reseñados y citados para preservar su integridad y reconocer su autoría de forma ética, como sucede con el resto de las obras que se utilizan para realizar un trabajo académico o de investigación: libros, actas de congresos, artículos de revistas, informes técnicos, etc.

En definitiva, observamos una doble carencia que intentar suplir: por un lado, concienciar de la necesidad de citar el material cartográfico junto a las demás tipologías documentales empleadas durante la realización de una investigación o un trabajo académico y por otro facilitar una herramienta práctica que sirviera como apoyo para elaborar las referencias bibliográficas de los distintos materiales cartográficos. Este era, evidentemente, un trabajo bibliotecario que enlazaba además con nuestra anterior línea de trabajo, centrada en el desarrollo de las competencias informacionales en las cartotecas universitarias y cuyas propuestas presentamos en el V Encuentro de IBERCARTO, Grupo de Trabajo de Cartotecas Públicas Hispano-Lusas (Rueda y Santamaría, 2012).

Actualmente las bibliotecas, sobre todo las univer-

sitarias, han tomado un papel activo en los procesos de enseñanza/aprendizaje, participando en la formación de los alumnos y de los investigadores en las tareas propiamente documentales, es decir, buscar, encontrar y utilizar correctamente información de calidad. Para ello, imparten cursos, elaboran tutoriales y realizan una serie de actividades para conseguir que los alumnos de los distintos grados puedan ser autosuficientes en la localización y tratamiento de la información y para que sepan organizar correctamente los trabajos de investigación. Dentro de las mismas, la formación sobre cómo redactar referencias bibliográficas ha adquirido un lugar relevante, por lo que gran número de universidades han elaborado tutoriales al efecto, accesibles a través de sus páginas web.

Al analizar estos tutoriales, pudimos comprobar que, al menos en los ámbitos universitarios español y portugués, o no se contemplaba la cita de material cartográfico o solamente se consignaban uno o dos ejemplos de mapas en papel; este panorama contrastaba con el existente en Estados Unidos y Canadá, cuyas bibliotecas y cartotecas universitarias incluían en sus tutoriales amplias secciones o incluso guías completas especializadas en material cartográfico.

Finalmente, los resultados de todo este estudio preliminar nos llevaron a las cartotecas de las universidades de Cantabria y Valencia a emprender la tarea de elaborar una guía para la redacción de referencias bibliográficas de documentación cartográfica, siguiendo la ISO 690:2013, una de las normas de citas internacionales más difundidas y que además trata con más profundidad la documentación cartográfica.

La guía recoge trece tipos distintos de cartografía tanto analógica como digital, desde mapas individuales a hojas de series cartográficas, facsímiles de cartografía antigua, mapas en CD, mapas en línea y mapas extraídos de visores cartográficos; también cartografía que forma parte de una obra más general. Se ha pretendido, en definitiva, que la representación fuera lo más amplia posible para que el usuario disponga de ejemplos de tipologías cartográficas diferentes que pueda consultar a la hora de incorporar este tipo de obras en la bibliografía de sus investigaciones.

De cada uno de estos tipos se ha elaborado un esquema que sirve como modelo de cita seguido de uno o varios ejemplos de obras reales para poder ver su aplicación práctica; asimismo, se han elaborado unos esquemas generales para mapas analógicos y para mapas digitales. La intención, en todo momento, ha sido hacer una obra de consulta eminentemente práctica.

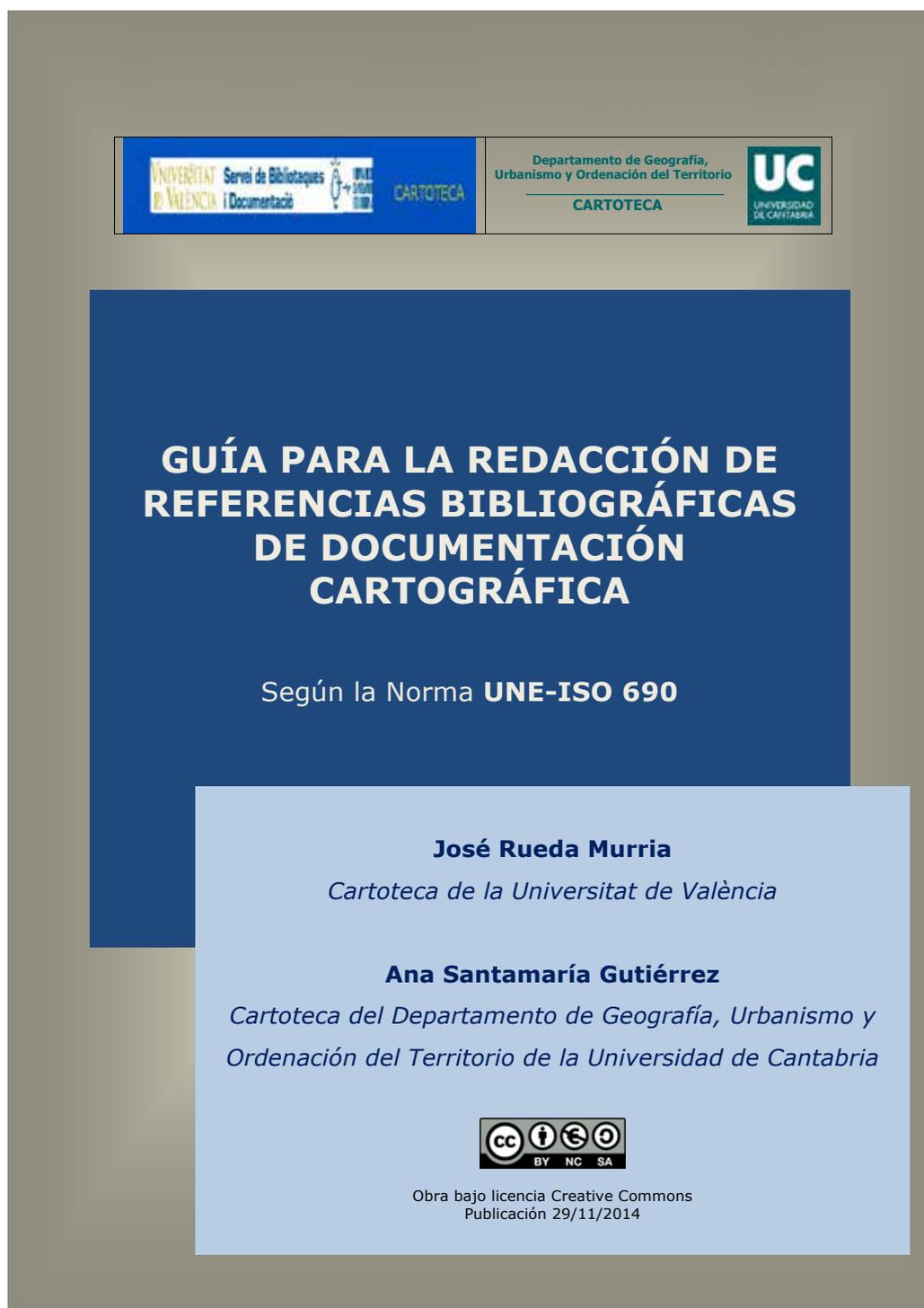
Además, para garantizar la correcta redacción de cada una de las partes de la cita (autoría, título, escala, dimensiones, accesibilidad, etc.), al principio del trabajo

se han comentado algunos de los campos más relevantes, remitiendo siempre a los artículos correspondientes de la norma.

Por último y siguiendo también las indicaciones de la norma, en la redacción de los ejemplos se ha procurado distinguir entre aquellos elementos de la cita que son obligatorios y los que son optativos. De esta manera cada autor puede elegir el grado de detalle que requieren sus citas, de acuerdo con los objetivos y el nivel académico de

su investigación.

La génesis, objetivos y metodología de este trabajo se presentaron formando parte de una comunicación en el VI Encuentro de IBERCARTO (Rueda y Santamaría, 2014). Ahora, con la presentación del texto completo de la guía esperamos poder contribuir tanto a la visibilidad de los materiales cartográficos en el ámbito universitario como a la normalización de la redacción de sus citas bibliográficas.



GUÍA PARA LA REDACCIÓN DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE DOCUMENTACIÓN CARTOGRÁFICA

INTRODUCCIÓN

Documento redactado siguiendo la norma **UNE-ISO 690** *Información y Documentación: directrices para la redacción de referencias bibliográficas y de citas de recursos de información* (2013).

Los paréntesis en la redacción hacen referencia al punto concreto de la norma que se está citando.

INDICACIONES PARA REDACTAR LOS CAMPOS DE LA CITA

Creador

Es el responsable del contenido del mapa y suele indicarse mediante términos tales como “por”, “cartografiado”, “cartografía”, “compilado por”... (15.5.2)

Puede ser una persona o una institución; en el segundo caso, a menudo es difícil determinar si es creadora o sólo editora del documento. Como norma general, se considerarán creadoras a las instituciones cuyos fines sean la elaboración de materiales cartográficos, como los institutos geográficos oficiales, y como editoras a las demás.

En el caso de los atlas, a menos que tengan un autor personal o director señalado claramente en la fuente principal de información, el título encabezará la cita. (5.4.3)

Si el nombre de una institución puede dar lugar a confusiones, se añade entre paréntesis el nombre del país en la lengua de la bibliografía. (5.3.2)

GARCÍA, Juan
INSTITUTO DE ESTADÍSTICA Y CARTOGRAFÍA DE ANDALUCÍA
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (España)

Si la institución creadora es subordinada de otra, se escribe la principal con mayúsculas y la subordinada con minúsculas. (5.3.3)

INSTITUTO GEOGRÁFICO PORTUGUÉS. Cartoteca

Si la institución pertenece a la administración pública, la antecede el país de que se trate, en la lengua de la bibliografía. (5.3.3)

ESPAÑA. Ministerio de Fomento

Si no se puede identificar el autor, la cita se encabezará por el título.

Año

La norma ISO admite dos posiciones para este dato: en los datos de publicación (junto al lugar y el nombre del editor) o, la más habitual, después del creador y antes del título (sistema autor-año), bien después de coma o bien, entre paréntesis.

Si el mismo creador tiene más de un documento publicado el mismo año, se añade una letra al año por orden alfabético. (A.2.)

1984b

Título

El título es obligatorio, por lo que si el documento carece de él, se debe crear un título descriptivo entre corchetes,

que, en el caso de los mapas, debe expresar al menos, el área geográfica representada y, si es posible, el tipo de mapa (6.1.6. y 6.1.7.).

[Plano callejero de Toledo]

[Mapa topográfico del término municipal de Gijón]

Si se está citando una serie cartográfica completa que carezca de título, también se debería citar la escala y la designación de la serie, si son necesarias para distinguirlas de otras series cartográficas de la misma zona geográfica (6.1.7.)

[Serie topográfica de la provincia de Valencia 1:10.000]

Si en el documento existen distintas variantes del título, se debe elegir teniendo en cuenta este orden (6.1.2.):

- Título sobrepreso al mapa (fuera de la huella del mapa)
- Título obtenido de la cubierta, si existe
- Título dentro de la cuadrícula o huella del mapa
- Título situado en cualquier otra parte

Títulos de hojas de series cartográficas

En las citas de hojas de series cartográficas o en las citas de fotografías aéreas que forman parte de un vuelo más grande, el título es el de la serie cartográfica o el del vuelo completo, seguido de coma y el título de la hoja de la serie o de la fotografía aérea. El modelo es C.15.2, ejemplo 4:

WAR OFFICE [UK]. *USSR in Asia Maritime Provinces, sheet VI-8, Vladivostock*. GSGS 4219

Donde “USSR in Asia Maritime Provinces” es el nombre de la serie, “sheet VI-8 Vladivostock” el de la hoja, y “GSGS 4219” es la designación de la serie cartográfica. Este punto de vista es compatible con la filosofía de la norma, por ejemplo en la cita de capítulos pertenecientes a una serie televisiva (15.6.4).

Así pues, el nombre de la serie cartográfica cuando se cite una hoja perteneciente a ella no será considerado como colección, y por lo tanto no podrá aparecer en ese lugar de la cita.

Títulos en páginas de IDE (Infraestructuras de Datos Espaciales), visores cartográficos (Google Maps, etc.) o bases de datos cartográficas

En el caso de estos recursos en Internet, el investigador elige libremente según sus necesidades el área de trabajo, las capas de información visualizadas, la escala y otras especificaciones técnicas. Se trata de documentación cartográfica elaborada “a medida”, por lo que son las características específicas seleccionadas en cada caso, las que hay que incorporar a la correspondiente cita bibliográfica.

La norma ISO no contempla un modelo para este tipo de documentos, por lo que las normas a aplicar podrían ser las mismas que en el caso de hojas de series cartográficas (C.15.2, ejemplo 4, 10.2 y 15.6.4).

El nombre de la parte seleccionada va entre corchetes:

CONSEJO SUPERIOR GEOGRÁFICO (España). *Infraestructura de datos espaciales de España* [en línea], [puerto de Santander]

Contenido y medio

Hace referencia al tipo de documento y/o al material que lo contiene (7):

[mapa]

[atlas]

[fotografía aérea]

[ortofotografía]

[croquis]

[imagen de satélite]...

En algunas guías se recomienda la adopción de denominaciones genéricas, como [documento cartográfico] o [material cartográfico]. La norma ISO se limita a poner algunos ejemplos de documentos concretos: mapa, globo,

mapa mural.

Designación de la serie cartográfica

Este campo hace referencia a los códigos alfanuméricos o numéricos que en el ámbito anglosajón identifican e individualizan a las series cartográficas, no al nombre de las mismas (2.12). Esta información es la que debe aparecer en este lugar de la cita (15.5.4)

GSGS 4219

Escala

Se ha de escribir como relación numérica, calculándola si es necesario, en cuyo caso, irá entre corchetes. No es necesario poner la palabra "escala" (15.5.5)

[1:50.000]

Si el documento carece de escala, se pueden emplear las expresiones:

Escala sin determinar

Sin escala

Escalas diversas

Si la escala está expresada en el documento de manera gráfica en forma de barra, se debe calcular y expresar como una relación numérica, poniéndola entre corchetes:

[ca. 1:16.530]

O bien transcribiendo la expresión que figure en el mapa y la extensión de la barra:

Escala de 400 brazas = [82 mm]

Edición

Se escribe tal como aparece en el documento. En documentos electrónicos se suele usar la expresión "versión" (8.1, 15.2.4)

2ª ed.

Versión 7.2.

Lugar de publicación y editorial

Se transcribe el lugar de publicación tal y como aparece en el documento, seguido de dos puntos y el nombre de la editorial. Si coincide con el del creador, (un instituto geográfico, por ejemplo), se pueden poner las siglas.

Si no aparece algún elemento, se sustituye por [s.l.] (*sine loco*, sin lugar) y [s.n.] (*sine nomine*, sin nombre) (9.1, 9.2)

London: [s.n.]

València: Universitat de València

[s.l.]: IGN

Fecha de publicación

Cuando solamente aparezca el año, se escribe detrás del editor, separado por una coma (siempre que no se haya optado por el sistema de cita autor-año).

Santander: Universidad de Cantabria, 2013

En el caso de algunos materiales, como la fotografía aérea o las imágenes de satélite, es útil incorporar una fecha más concreta. También puede abreviarse el mes (9.3)

Madrid: CECAF, Febrero 1977

1 Mar. 2010

Dimensiones

Este campo se anota especificando altura por anchura de la hoja extendida, medida entre los bordes del mapa y,

en su caso, también la extensión de la hoja. Ha de expresarse en milímetros (15.5.6)

600 mm x 800 mm

123 mm x 200 mm, hoja 200 mm x 300 mm

Para algunos tipos de material cartográfico debe expresarse de otra manera:

- Mapa en relieve (altura, anchura, profundidad): 600 mm x 800 mm x 25 mm

- Mapa circular (diámetro): 600 mm de diámetro, hoja 800 mm x 800 mm

- Globo terráqueo (diámetro): 600 mm de diámetro

Colección

Es un campo no obligatorio, sólo necesario si el documento puede ser identificado por el nombre de la serie o colección (11, Tabla B.1). NO debe confundirse con el nombre de una serie cartográfica, que va en el campo de título.

[Mapas temáticos provinciales Santillana](#)

Identificador normalizado

Muchos documentos, tanto en papel como electrónicos llevan números normalizados que sirven para identificar inequívocamente ese documento. Son el ISBN, NIPO, DOI, etc.

Se han de transcribir tal y como aparecen en el documento (12)

[ISBN 84-7290-339-7](#)

Localización

Para documentos no publicados, raros o difíciles de localizar, como mapas manuscritos, se debe indicar el lugar (biblioteca, archivo...) donde están y su signatura, precedidos del término "En:" (13)

[En: Archivo General de Simancas MPD, 25, 110](#)

Fecha de actualización o revisión

En mapas electrónicos, si aparece, se debe poner la fecha de la última modificación y/o revisión del documento, que puede ser distinta de la fecha en que se elaboró. Se transcribe tal como figure en el documento (15.2.4)

[Última actualización Dic. 2005](#)

Fecha de la cita

En documentos electrónicos es obligatorio anotar la fecha en la que se consultó. Hay que escribir la palabra "consulta" entre corchetes y la fecha (15.2.5)

[\[consulta: 10 junio 2006\]](#)

Disponibilidad y acceso

En los documentos consultados en Internet es obligatorio poner la dirección en que se pueden consultar. La norma dice que es mejor poner enlaces a URL permanentes, que suelen cambiar menos. Es usual que estas aparezcan en los catálogos de bibliotecas o bases de datos. Se pone precedido de las palabras: "Disponible en:" (15.2.6)

[Disponible en: http://www.ign.es/ane/ane1986-2008/](#)

Si la URL es muy larga, se puede poner la ruta de acceso:

[Disponible en: http://terrasit.gva.es/es/ver. Ruta de acceso: \[página de Inicio\]\(#\); \[ver 2D\]\(#\); \[Caja de búsqueda\]\(#\): \[Rojales\]\(#\)](#)

Notas

Sirven para incorporar información que se considera importante y que no se ha incluido en otros campos de la cita, aunque debe usarse con prudencia: hay que buscar el equilibrio entre la cantidad de información necesaria y el excesivo alargamiento de las descripciones.

La norma permite aquellos **datos técnicos** necesarios para identificar el documento, como proyección, meridiano,

orientación, sistema de referencia, etc. (14)

[Proyección UTM](#)

[Meridiano de Madrid](#)

En el caso de las imágenes de satélite se recomienda incluir los datos de las características espectrales del sensor, detalles del sistema por satélite o el porcentaje de nubosidad (15.5.7)

[RBV. Landsat 3; 40% de nubosidad](#)

En el caso de cartografía digital, se pueden incluir en las notas aspectos tales como el formato de archivo (shp, asc, rst, tif, etc.), el modelo de representación (ráster, vector, o imagen, ya sea escaneada y/o georreferenciada, etc.) o los geoprocursos a los que han sido sometidos (corrección, filtrado, recorte, etc.). Pero como se ha dicho, se debe reseñar solamente aquella información que sea absolutamente necesaria.

[Recorte de Corine Land Cover: nuevo SHP de polígonos con coberturas CLC](#)

MODELO DE CITA DE MATERIAL CARTOGRÁFICO: MAPAS ANALÓGICOS

Información obligatoria / **Elementos opcionales**

Esquema

CREADOR, Año. *Título del documento en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo en cursiva si es necesario*. Designación de la serie cartográfica. Escala. Edición. Lugar de publicación: editor, fecha (si se saben más datos que el año, como mes y día). **Extensión del documento y medidas**. **Colección**. Número normalizado (ISBN, DOI, etc.). Localización (para documentos únicos o raros). **Notas (proyección u otros datos que se crean necesarios)**.

MODELO DE CITA DE MATERIAL CARTOGRÁFICO: MAPAS DIGITALES

Información obligatoria / **Elementos opcionales**

Esquema

CREADOR, Año. *Título del documento en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo en cursiva si es necesario*. Escala. Edición. Lugar de publicación: editor, Fecha (si se saben más datos que el año, como mes y día). Fecha de actualización/revisión [Fecha de consulta]. Número normalizado (DOI, ISBN, etc.). Localización (para documentos únicos o raros). Disponibilidad y acceso. **Notas (formato de archivo, modelo de representación u otros datos que se crean necesarios)**.

NOTA: En las citas se ha optado por la versión "autor-año", siguiendo literalmente la norma ISO, que en el anexo A.2.2 prevé que se haga poniendo el creador, coma y el año. Sin embargo, es bastante usual también que se use el sistema de poner el creador y el año entre paréntesis y sin coma. En todo caso, el sistema que se use debe ser coherente con el resto de las referencias bibliográficas.

EJEMPLOS DE CITAS DE LAS PRINCIPALES TIPOLOGÍAS DE DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS

MAPAS ANALÓGICOS

Información obligatoria / Elementos opcionales

MAPAS

Esquema

CREADOR, Año. *Título del documento en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo en cursiva si es necesario*. Escala. Edición. Lugar de publicación: editorial. **Extensión del documento y medidas**. Colección. Número normalizado (ISBN, etc.). Localización (para documentos únicos o raros). **Notas (proyección u otras notas que se crean necesarias)**.

Ejemplos

INSTITUT CARTOGRÀFIC VALENCIÀ, 2005. *Mapa topogràfic de la Comunitat Valenciana* [mapa]. 1:300.000. València: ICV. **1.100 mm x 660 mm. Cartografia Temàtica CV300**. ISBN 84-482-4109-6.

INSTITUTO GEOGRÁFICO PORTUGUÊS, 2005. *Carta de Portugal continental* [mapa]. 1:500.000. Lisboa: Instituto Geográfico Português. **1.220 mm x 720 mm**. ISBN 972-8867-13-1. **Proyección de Gauss**.

WYLD, James, 1857. *Wyld's new plan of London* [mapa]. Scale of one mille [=93 mm]. London: James Wyld. **550 mm x 950 mm**.

ATLAS

Esquema

CREADOR, Año. *Título del atlas en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo en cursiva si es necesario*. Escala. Edición. Lugar de publicación: editorial. **Colección**. Número normalizado (ISBN, etc.). **Notas**.

Ejemplos

El gran libro del mundo, 1997 [atlas]. Escalas diversas. Barcelona: Plaza & Janés. ISBN 84-01-61880-0.

BARTHOLOMEW, John, 1950. *The advanced atlas of modern geography* [atlas]. Escalas diversas. New series, 2nd. ed. London: Meiklejohn and Son.

MEER LECHA-MARZO, Ángela de, 1989. *Atlas comercial de Santander* [atlas]: (1930-1987). Escalas diversas. Santander: Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Santander. ISBN 84-87211-02-X.

MAPA DENTRO DE OTRA OBRA

Esquema

CREADOR de la parte. Título del mapa, Año. **Información adicional (escala, medidas, etc.)**. En: CREADOR DE LA OBRA PRINCIPAL. *Título de la obra principal en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo de la obra principal en cursiva si es necesario*. Escala. Edición. Lugar de publicación: editorial, páginas inicial y final de la parte. **Colección**. Número normalizado (ISBN, etc.). **Notas**.

Ejemplos

PEÑARROCHA FERRER, D, 1994. Distribució espacial de la precipitació mitjana anual en l/m2. 1:1.000.000. En: PÉREZ CUEVA, A.J., coord. *Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana* [atlas]: (1961-1990). Escalas diverses. València: Generalitat Valenciana, Direcció General d'Urbanisme i Ordenació del Territori, p.87. ISBN 84-482-0309-7.

URTEAGA, Luis, 2006. Planos de poblaciones y de lugares levantados por la Comisión de Marruecos: (1882-1908). En: URTEAGA, Luis. *Vigilia colonial: cartógrafos militares españoles en Marruecos (1882-1912)*. Barcelona: Bellaterra, p.109. ISBN 84-7290-339-7.

MAPAS FACSIMILES O REPRODUCCIONES

Esquema

CREADOR, Año (del original). *Título del documento original en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo en cursiva si es necesario*. Escala. Edición. Lugar de publicación: editorial (del original). *Extensión del documento y medidas*. Reproducción: lugar de publicación: editorial, año (de la reproducción). *Colección*. Número normalizado (ISBN, etc.). *Notas*.

Ejemplos

BALCK, George, 1813. *Cidade do Porto* [mapa]. Escala de 400 braças [=82 mm]. [S.l.]: [s.n.]. *Mapa circular: 250 mm de diámetro, hoja 270 mm x 290 mm*. Reproducción: Porto: Câmara Municipal, 1982.

COELLO, Francisco, 1868. *Cádiz* [mapa]. 1:200.000. Madrid: [s.n.]. *740 mm x 1.000 mm*. Reproducción: Almendralejo: Biblioteca Santa Ana, 1991. ISBN 84-7930-016-7. *Incluye planos de Cádiz, Jerez de la Frontera, Sanlúcar de Barrameda y contornos de Cádiz*.

SERIES CARTOGRÁFICAS

Esquema

CREADOR, Año. *Título de la serie en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo en cursiva si es necesario*. Designación de la serie cartográfica. Escala. Lugar de publicación: editorial. *Extensión del documento y medidas*. Número normalizado de la serie (ISBN, etc.). *Notas*.

Ejemplos

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (España), 1875-. *Mapa Topográfico Nacional de España 1:50.000* [mapa]. MTN50. 1:50.000 Madrid: Instituto Geográfico Nacional. *1 mapa en 1.130 hojas*.

SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL, 1952-. *Carta geológica de Portugal na escala de 1/50 000* [mapa]. 1:50.000. Lisboa: SGP. *1 mapa en 175 hojas; con memorias adjuntas; base geográfica: Carta Corográfica de Portugal na escala 1:50.000*.

RUIZ DE LA TORRE, J. dir, et al., 1990-. *Mapa forestal de España* [mapa]. 1:200.000. [Madrid]: Ministerio de Medio Ambiente. *1 mapa en 92 hojas; con memorias adjuntas; base geográfica: Mapa Militar de España 1:200.000*.

MAPAS DE SERIES CARTOGRÁFICAS (HOJAS)

Esquema

CREADOR, Año. *Nombre de la serie cartográfica en cursiva* [Designación del tipo de material], Número de la hoja, Título de la hoja. Designación de la serie cartográfica. Escala. Edición. Lugar de publicación: editorial. *Extensión del documento y medidas*. Número normalizado (ISBN, etc.). *Notas*.

Ejemplos

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (España), 2004. *Mapa Topográfico Nacional de España 1:50.000* [mapa], Serie digital, Hoja 520 (30-20), Peñarroya de Tastavins. MTN50. 1:50.000. 1ª ed. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica. **520 mm x 760 mm**. ISBN 978-84-9810-058-7. **Proyección UTM; equidistancia de las curvas de nivel 20 m**.

SERVIÇOS GEOLÓGICOS DE PORTUGAL, 1980. *Carta Geológica de Portugal na escala de 1:50.000* [mapa], Folha 34-C, Cascais. 1:50.000. Lisboa: SGP. **416 mm x 655 mm**. **Equidistancia de las curvas de nivel 25 m; con memoria adjunta**.

RUIZ DE LA TORRE, J. dir., 1998. *Mapa forestal de España* [mapa], hoja 5-1, Santander. 1:200.000. [Madrid]: Ministerio de Medio Ambiente. **400 mm x 562 mm**. ISBN 84-8014-263-4. **Incluye diagramas bioclimáticos, mapa geológico y mapa edafológico; con memoria adjunta**.

FOTOGRAFÍAS AÉREAS (VUELO COMPLETO)

Esquema

CREADOR, Año del vuelo [NO la fecha de la reproducción]. *Título del vuelo en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo en cursiva si es necesario*. Designación de la serie cartográfica. Escala. Lugar de publicación: editorial. **Extensión del documento y medidas. Notas (color o blanco y negro, distancia focal. Otras notas que se crean necesarias)**.

Ejemplos

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (España), 1985. *Vuelo nacional* [fotografías aéreas]. 1:30.000. Madrid: IGN, 1985. **Bl. y n.**

ESTADOS UNIDOS. Army Map Service, 1956-1957. [*Vuelo americano Serie B*] [fotografías aéreas]. 1:33.000. Madrid: Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire. **Bl. y n. Altura 5.500 m**.

AZIMUT, 1993-1994. *Alicante sur* [fotografías aéreas]. 1:25.000. Valencia: Generalitat Valenciana. **Bl. y n.**

FOTOGRAFÍAS AÉREAS (FOTOGRAMAS O INTERVALOS DE FOTOGRAMAS)

Esquema

CREADOR, Año. *Título del vuelo en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo en cursiva si es necesario*, numeración del/los fotogramas [**área geográfica opcional**]. Designación de la serie cartográfica. Escala. Lugar de publicación: editorial, fecha del/los fotograma/s (si se tienen más datos que el año). [NO la fecha de la reproducción]. **Extensión del documento y medidas. Notas (color o blanco y negro, distancia focal. Otras notas que se crean necesarias)**.

Ejemplos

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (España), 1985. *Vuelo nacional* [fotografía aérea], H.M.N. 667, [fotograma] J-10. 1:30.000. Madrid: IGN, Jun. 1985. **250 mm x 250 mm**. **Bl. y n.**

ESTADOS UNIDOS. Army Map Service, 1957. [*Vuelo americano Serie B*] [fotografías aéreas], Roll 482, [fotogramas] 49086-49090 [**Denia**]. 1:33.000. Madrid: Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire, 28 Jun. 1957. **250 mm x 250 mm**. **Bl. y n.**

AZIMUT, 1993. *Alicante sur* [fotografías aéreas], H. 893-894, P-A, [fotogramas] nº 5330-5332. 1:25.000. Valencia: Generalitat Valenciana, Oct. 1993. **250 mm x 250 mm**. **Bl. y n.**

MAPAS DIGITALES

Información obligatoria / Elementos opcionales

MAPA EN CD

Esquema

CREADOR, Año. *Título en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo en cursiva si es necesario*. Escala. Edición. Lugar de publicación: editorial. **Extensión del documento**. **Colección**. Número normalizado (ISBN, etc.). **Notas** (Requerimientos del sistema...).

Ejemplos

CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (España), 2000. *Mapa interactivo de España* [CD]. Escala sin determinar. Madrid: CNIG. ISBN 84-95172-12-7. **Requerimientos del sistema**: Pentium 200 MMX o superior; 64 Mb de memoria RAM; Lector CD-ROM 4x; Tarjeta gráfica de 2 Mb con resolución gráfica de 800 x 600 SVGA; Windows 95, 98, NT (Service Pack 5 o superior).

INSTITUTO DE CARTOGRAFÍA DE ANDALUCÍA, 1999. *Mapa digital de Andalucía* [CD]. 1:100.000. [Sevilla]: ICA. 2 cd-rom. ISBN 84-8095-173-7. **Requerimientos del sistema**: ficheros de datos de los programas AutoCad, MicroStation, CorelDraw, MicroStation MGE, Geomedia, SmallWorld, ArcInfo, ArcView.

España y Portugal, 1997 [CD]: *territorio, ciudades e itinerarios*. Escalas diversas. Barcelona: Planeta. 2 cd-rom. ISBN 84-08-42256-3. **Requisitos del sistema**: Windows 95.

MAPA EN LÍNEA

Esquema

CREADOR, Año. *Título del mapa en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo en cursiva si es necesario*. Escala. Edición. Lugar de publicación: editorial. Fecha de actualización/revisión [consulta: fecha]. Número normalizado (DOI, ISBN, etc.). Disponibilidad y acceso. **Notas**.

Ejemplos

VALDÉS MUÑOZ, M. Ángeles, 2011. *Mapa de universidades españolas* [en línea]. Escala sin determinar. Alacant: Universitat d'Alacant. Última actualización 14-jun.- 2011 [consulta: 25 noviembre 2013]. Disponible en:
<http://www.ua.es/es/internet/unimapa.htm>

TENERIFE. Cabildo. Servicio Técnico de Sistemas de Información Geográfica, 2013. *Desigualdad de ingresos en los distintos países europeos* [en línea]: (2006-2011). Escala sin determinar. Tenerife: Cabildo de Tenerife. Actualizado: 14 octubre 2013 [consulta: 28 noviembre 2013]. Disponible en:
http://atlastenerife.es/portalweb/index.php?option=com_content&view=article&id=167%3Amapa-del-mes-de-octubre-2013&catid=22%3Amapas-ano-2013&Itemid=89&lang=es

MAPA DIGITALIZADO EN LÍNEA

Esquema

CREADOR, Año. *Título del mapa en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo en cursiva si es necesario*. Escala. Edición. Lugar de publicación: editorial. **Extensión del documento y medidas**. Localización (para documentos únicos o raros). [consulta: fecha]. Número normalizado (DOI, ISBN, etc.). Disponibilidad y acceso. **Notas**.

Ejemplos

Mapa del Arzobispado de Valencia..., 1761 [en línea]. [ca. 1:308.214]. Valencia: [s.n.]. 235 mm. x 600 mm. [consulta: 1 diciembre 2013]. Disponible en:

<http://bivaldi.gva.es/va/consulta/registro.cmd?id=4649>

DESNAUX, Carlos, 1747. *Porción del Plano de la Plaza de Peñíscola con el Proyecto de un Almacen a prueba de bomba...* [en línea]. [ca. 1:480]. Valencia, 14 Sept. 1747. **1 mapa manuscrito; 380 mm x 680 mm**. En: Archivo General de Simancas MPD, 18, 259. [consulta: 30 marzo 2011]. Disponible en: http://www.mcu.es/ccbae/es/consulta/resultados_búsqueda.cmd?tipo_búsqueda=mapas_planos_dibujos&posicion=6&forma=ficha&id=40049

MAPA DIGITALIZADO EN LÍNEA DENTRO DE OTRA OBRA

Esquema

CREADOR de la parte, Año. Título del mapa. **Información adicional (escala, medidas, etc.)**. En: CREADOR DE LA OBRA PRINCIPAL. *Título de la obra principal en cursiva* [Designación del tipo de material]: *subtítulo de la obra principal en cursiva si es necesario*. Escala. Edición. Lugar de publicación: editorial. Fecha de actualización/revisión. [consulta: fecha]. Número normalizado (DOI, ISBN, etc.). Disponibilidad y acceso. **Notas**.

Ejemplo

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (España), 1995. Camino de Santiago. **1:1.000.000**. En: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (España). *Atlas Nacional de España* [en línea]: 1986-2008, *Grupos temáticos*. Ed. Facsímil digital. Escalas diversas. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica, Sección VII, Transportes y comunicación, Grupo 22, Historia de los caminos, p. 22.2-3. [consulta: 28 noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.ign.es/ane/ane1986-2008/>

IMÁGENES DE SATÉLITE O PÁGINAS DE IDES EN LÍNEA

Esquema

CREADOR, Año de la imagen. *Título del recurso* [Designación del tipo de material]: *subtítulo del recurso en cursiva si es necesario*, [Título del área representada]. Escala. Lugar de la entidad editora: entidad editora, fecha completa de la imagen si se sabe. [consulta: fecha]. Disponibilidad y acceso. **Notas: Espectro de la imagen o el satélite; Ruta de acceso (si es necesaria); tipo de mapa: ortofotografía, mapa de sombras, 2D, 3D; capas visualizadas: toponimia, etc.**

Ejemplos

TERRASERVER, 2010. *Terraserver* [imagen de satélite en línea]: *satellite and aerial imagery*, [Puerto de Trípoli]. Escala sin determinar. Raleigh (North Carolina): Terraserver, 19 Mar. 2010. [consulta: 30 marzo 2011]. Disponible en: <http://www.terraserver.com/view.asp?cx=331207&cy=3641676&proj=32633&mpp=10&pic=img&prov=dg49&stac=7386&ovrl=1&drwl=1> **Imágenes DigitalGlobe**.

INSTITUT CARTOGRÀFIC VALENCIÀ, 2012. *Terrasit* [ortofotografía en línea]: *IDE de la Comunidad Valenciana*, [Rojales]. 1:7.500. Valencia, Generalitat Valenciana. [consulta: 30 noviembre 2013]. Disponible en: <http://terrasit.gva.es/es/ver>. **Ruta de acceso: página de inicio; ver 2D; caja de búsqueda: Rojales; capas: toponimia.**

Sobre los autores

José Rueda Murria.

Licenciado en Geografía e Historia por la Universidad de Valencia y Postgrado en Ciencias de la Documentación: Sistemas de Documentación y Archivo en la Empresa y Administraciones Públicas por la Universidad de Valencia. Actualmente es responsable de la Cartoteca de la Universidad de Valencia y Secretario de IBERCARTO (Grupo de Trabajo de Cartotecas Públicas Hispano-Lusas).

Ana Santamaría Gutiérrez.

Licenciada en Biblioteconomía y Archivística por la Universidad de Santiago de Compostela y Postgrado en Biblioteconomía y Documentación por el CEU San Pablo de Madrid. Actualmente es responsable de la Cartoteca del Departamento de Geografía de la Universidad de Cantabria y Coordinadora de la Sección de Cartotecas Universitarias de IBERCARTO (Grupo de Trabajo de Cartotecas Públicas Hispano-Lusas).

7^{as}
Jornadas de
Latinoamérica
y Caribe de gvSIG

Desarrollo en Software *libre* como motor de cambio



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

- ◀ FACULTAD DE GEOGRAFÍA, UAEM
- ▶ 26 – 28 AGOSTO 2015
- ◀ TOLUCA, MÉXICO

<http://www.gvsig.com/lac>





* Centro Nacional de
Información Geográfica &
Universidad de Granada

Metrología Hispánica en la obra de J.B. d'Anville

*Spanish metrology in the work of
J.B. d'Anville*

MARIO RUIZ MORALES*

RESUMEN

En este artículo se analiza y expone la metrología hispánica de la obra de D'Anville, ya que dicho geógrafo, además de cartógrafo fue un excelente metrólogo, sólo basta consultar su obra *Traite des Mesures Itineraries anciennnes et modernes* de 1769.

D'Anville realiza la comparación entre mapas dibujados usando escalas con unidades diferentes, y su objetivo final es conocer la relación exacta entre ellas. Para ello se basa y rebate a autores como Juan Ginés de Sepúlveda, Juan de Mariana, Andreas Resendius, etc y estudia diferentes medidas como el cordel de la corte, la legua, la milla, el paso, el pie castellano, y la vara por ejemplo.

Otra de las cuestiones que abordó D'Anville fue el análisis de la milla empleada en las calzadas romanas de España, centrándose en la que pasaba por Emerita Augusta, y la distancia entre esta y Salamanca, comprobando que algunas veces hay correspondencia y otras discordancia entre las medidas.

Palabras clave: legua, milla, paso, pie, vara, metrología, d'Anville.

ABSTRACT

*In this article is analyzed and exposes the Hispanic metrology of D'Anville's work, since this geographer, besides cartographer was an excellent metrologist, just is enough to consult his work *Traite des Restrain Itineraries anciennnes et modernes* of 1769.*

D'Anville carries out the comparison between maps drawn using scales with different units, and his final aim is to know the exact relationship between them. To this effect, it relies and refutes authors such as Juan Ginés de Sepúlveda, Juan de Mariana, Andreas Resendius, etc. and studies different measures as the cord of the court, the league, the mile, the step, the Castilian foot, and the rod for example.

Another question that D'Anville tackled was the analysis of the mile used in the Roman causeways of Spain, focusing on the one that cross for Emeritus August, and the distance between this one and Salamanca, verifying that often there is correspondence and others discordance between the measurements.

Keywords: league, mile, step, foot, rod, metrology, d'Anville.

El hombre es la medida de todas las cosas (Platón. Teeteto(1))

Jean Baptiste Bourguignon de Anville (1697-1782) fue además de un geógrafo eminente, y cartógrafo prolífico, un consumado metrólogo(2), como evidencia su obra titulada *Traité des Mesures Itinéraires anciennes et modernes* (París. 1769). El autor reflejó en la introducción de la misma la interdependencia entre la metrología y las otras ciencias, haciendo ver que la comparación entre mapas dibujados usando escalas con unidades diferentes sería inviable sin conocer la exacta relación entre ellas. Su preocupación se ponía de manifiesto cuando en un mismo mapa usaba escalas gráficas con distintas unidades, permitiendo así que el lector pudiese determinar por sí solo la relación que las ligaba. Sirva de ejemplo su mapa de Méjico y de Nueva España (1779), en el que dibujó cuatro escalas usando las unidades siguientes: Millas de Italia de sesenta en el grado, Leguas comunes de Francia de veinticinco en el grado, Leguas marinas francesas e inglesas de 2850 toesas y Leguas españolas de aproximadamente diecinueve en el grado o de 3000 toesas.

El índice de la obra aparece estructurado en quince secciones o capítulos, correspondiendo el número XI a la legua de España. A ella no le asignaba d'Anville un valor intrínseco definido, al pensar que se trataba realmente de una medida que era la media de su homóloga holandesa, de quince en el grado, y de otra usada tanto por franceses como por ingleses, comprendida veinte veces en el grado. Sin embargo si resaltó su importancia cuando la comparó con la milla, indicando que tenía cuatro,

(1) El Teeteto es uno de los diálogos de Platón, relativo a la naturaleza de los conocimientos. Su nombre se debe a uno de los protagonistas, el matemático Teeteto (417-369 a.C.). Su contribución principal se centró en los números irracionales, demostrando la existencia de los poliedros sólidos y convexos. Platón supuso que Teeteto era el interlocutor de Sócrates.

(2) D'Anville manifestaba que la metrología era el objeto principal de sus estudios.

aceptando así la tesis defendida por Juan Ginés de Sepúlveda(3) (1490-1573) en una carta que escribió a su discípulo, el príncipe Felipe. El texto extraído de dicha carta(4) y reproducido por D'Anville es el siguiente:...

quod spatium a nostris leucam appellatum passuum(5) non tribus, ut vulgo docti etiam homines opinantur, sed quatuor millibus constare... El geógrafo señalaba además que el holandés Jan Gruter (1560-1627) también compartía la opinión al respecto de Sepúlveda.

Acto seguido trajo a colación algunas de las aportaciones metroológicas de Juan de Mariana (1536-1624) y del portugués Andreas Resendus(6) (1498-1573); publicadas cada una de ellas en sus países respectivos. En la del primero(7) se mencionaba a un autor español que igualaba las 60 millas con 15 leguas. En cuanto al segundo, defendía que las 53 leguas, que separaban Mérida de Lisboa,

(3) Sepúlveda era cronista de Carlos V y preceptor de su hijo, el futuro rey Felipe II.

(4) La carta, epístola VI al príncipe Felipe, tenía el argumento siguiente: Philippo Hispaniarum Principi, quid, dum Episcopum Cartbaginienstem in interiorem Lusitaniam ad Mariam Joannis Portugalliae Regis filiam, sponsam ipsius excipiendam sequeretur, in itinere rerum vetustarum et memoria dignarum viderit, transcribit.

(5) D'Anville no incluyó esa palabra.

(6) Lucius Andreas Resendus, también conocido como Andrés Resende, fue un dominico cultivado, que estudió en Lovaina, al que puede considerarse como fundador de la arqueología portuguesa. Su obra más celebrada fue *De Antiquitatibus Lusitaniae*, editada en Évora (1533) su ciudad natal.

(7) Incluida en su obra *De ponderibus et mensuris* (Toledo. 1599), concretamente en su capítulo 21. El texto en cuestión rezaba así: Consentiant tamen auctores quatuor fere Italica millia efficere. ildefonsus de viris illustribus in Asturio, Complutum Toletum distare ait ferme 60. passuum millibus: et sane 15. hodie Leucæ recta numerantur. San Ildefonso, arzobispo de Toledo, aseguraba, en la vida del mártir Asturio, decapitado en Cesarea en el siglo III, que Toledo distaba de Alcalá 60 millas o 60000 pasos.



Figura 1. Retrato de Pedro Rodriguez Campomanes en la Real Academia de la Historia y prototipos de la vara castellana, allí depositados

equivalían a 112 millas romanas. Aunque D'Anville pretendiera ser imparcial en sus apreciaciones, sin contradecir al portugués, manifestaba su intención de probar que carecía de fundamento el pensar que la legua española podía ser igual a tres millas. A ello se dedicaría a continuación.

En primer lugar recordaba que en los tribunales de Castilla se consideraba institucionalizada una especie de legua jurídica, cuyo desarrollo era de 5000 varas o de 3000 pasos; su denominación formal era la de Cordel de la Corte. Se trataba de una medida de carácter histórico y fuertemente arraigada en los estamentos jurídicos, no en vano había sido fijada por una ley del rey Alfonso X el Sabio en el siglo XIII. Sin embargo su valor exacto se prestaba al equívoco, pues no se sabía a ciencia cierta la medida rigurosa del pie de que se componían tanto las varas como los pasos. Efectivamente, d'Anville daba varios ejemplos que resultaban muy esclarecedores. El metrólogo inglés John Greaves (1602-1652) defendía que su relación con el pie inglés era 92/100, mientras que el propio d'Anville creía que la existente con el francés era prácticamente igual a 5/6; concretamente aseguraba que el pie español tenía 10 pulgadas y 4 líneas(8). El matemático francés Johann Caspar Eisenschmidt (1656-1712) pretendió

(8) Recuérdese que el pie constaba de doce pulgadas y que cada una de estas tenía doce líneas.



Figura 2. Prototipo de la «vara de medir» en un pilar de la Plaza Chica de Zafra (Badajoz). La vara era para el padre Mariana la fuente u origen de las demás medidas de España

también arrojar luz sobre el particular, comparando para ello la vara con el antiguo pie romano y concluyendo que la equivalencia anterior no era correcta. Al no evaluar esa vara más que en 3676 partes del pie de París, su tercera parte sería tan solo de 1225 partes, esto es diez pulgadas y dos líneas y media.

Ahora bien, el pie español, según la información proporcionada a Charles

Marie de la Condamine (1701-1774) por Pedro Peralta y Barnuevo (1663-1743), un ingeniero americano⁽⁹⁾, solamente se componía de 122 líneas con 43 centésimas. No obstante ha de añadirse a la equivalencia anterior la evaluación efectuada por Jorge Juan (1713-1773), durante las operaciones geodésicas del virreinato del Perú, según la cual la vara tenía 3710 partes del pie de París. Se deduciría así que el pie de Castilla era igual a 1237 partes del pie francés, menos un tercio del décimo de línea. Un cálculo que debería tenerse muy presente, a juicio de d'Anville, máxime cuando venía a confirmar el que figuraba en el Diccionario

⁽⁹⁾ Peralta era un erudito limeño que colaboró estrechamente con los expedicionarios de la Academia de Ciencias, a la que acabó perteneciendo. Fue rector de la Universidad San Marcos de Lima. Era conocido con el sobrenombre de Doctor Océano, por la inmensidad y profundidad de sus conocimientos en todas las disciplinas propias de su tiempo.



Figura 3. Dos bellas imágenes de leguarios recuperadas en Corrales de Buelna (Cantabria). En el de la izquierda se indica que Santander está a seis leguas y media y en el de la derecha a siete

de Comercio de Petit, bajo el epígrafe de Pie de Toledo, a saber: 10 pulgadas, 3 líneas y 7 décimas de línea. D'Anville comentaba además que no debía sorprender el uso de esa clase de pie en los Países Bajos, dada su antigua condición de «provincias españolas». De hecho, recordaba que en uno de los mapas de la diócesis de Malinas, publicado en 1725, figuraba una escala con una verga de la cuarta parte del pie geométrico, equivalente a 2 pulgadas y 7 líneas⁽¹⁰⁾. Igualmente reseñada fue la circunstancia de que el pie de Estrasburgo era aún más parecido al español, en tanto que su medida era de 10 pulgadas y 3 líneas y media.

Se constata por lo tanto que la vara castellana era de 3710 partes del pie de París y que la legua debía suponerse igual a 5000 varas, equivalentes a 3000 pasos y a 2147 toesas (con indeterminación de algunas líneas). Esa era precisamente la legua de uso legal en España, a la que se le podría llamar legua legal según el geógrafo francés, si bien su medida no coincidía rigurosamente con la que se solía emplear en otros lugares. En la tradición legal española, con origen en

⁽¹⁰⁾ El pie constaba de 10 pulgadas y 4 líneas.

las partidas alfonsinas, se estipulaba que la legua podía dividirse en tres medidas particulares denominadas migeras o migeros; resultando obvio que hacían referencia a los consabidos miliarios⁽¹¹⁾.

Eso explicaba, según D'Anville que hubiese personas instruidas que, como el citado Sepúlveda, creyesen que la legua de España tenía 3 millas, aunque no les resultase del todo comprensible. Suponiendo que la legua fuera de 2147 toesas, la migera o el migero serían una especie de millas con 716 toesas menos 2 pies y el grado constaría aproximadamente de 80. Con tal criterio, 26 leguas y dos tercios coincidirían en la práctica con el desarrollo de un grado.

Otra cuestión especialmente interesante que abordó d'Anville fue el análisis de la milla empleada en las calzadas romanas de España, estudiando si se basaba en el pie típico de Castilla o en el propio pie romano. No obstante se centró exclusivamente en la

⁽¹¹⁾ D'Anville hizo aquí un interesante paréntesis etimológico para subrayar que esa alteración lingüística era en todo análoga a la que dio origen al vocablo Muger a partir del término latino Mulier. Es evidente que la letra l fue obviada en la pronunciación, y que con el tiempo la vocal i acabó siendo sustituida por la j o por la g, ambas guturales «dans la bouche des Espagnols».



Figura 4. Teatro y Circo de Mérida. Según algunos autores el circo se convirtió ocasionalmente en Naumaquia, al inundar su arena

que pasaba por Emerita Augusta, la actual Mérida, cuyas columnas miliarias aún llevaban inscrito el nombre del emperador Adriano(12). Sepúlveda, en la carta ya mencionada, aseguraba que varios de los intervalos entre miliarios que había hecho medir (Horum ego intervallorum sex septemve, comparato ad id certae mensurae filo metienda curavi...) resultaron tener 5000 pies, del llamado colotiano o statiliano. De esa clase de pie poseía Sepúlveda un patrón metálico que él mismo debió haberse traído desde Roma y que, al parecer, entregó al príncipe Felipe. Una cita tan concreta y nada equívoca, se vuelve dudosa a tenor de lo comentado por Ambrosio de Morales (1513-1591) en su celebrada obra Antigüedades de las ciudades de España (tomo IX. Pág. 106), a propósito del hallazgo de Elio Antonio de Nebrija(13) (1441-1522). Según

él, Nebrija comprobó que las medidas de un circo y naumaquia(14) de Mérida, además de las de los intervalos entre los miliarios se correspondían con los valores del pie castellano. Pero es que aparte de las medidas anteriores, añadió las que había efectuado Pedro Esquivel (¿-1570), otro español hábil y exacto según D'Anville, a lo largo de las arcadas de un gran acueducto en las proximidades de Mérida. El resultado de sus mediciones fue que la luz de las mismas era de 50 varas o de 150 pies castellanos. Esquivel hizo lo propio con varios de los intervalos entre columnas miliarias, a lo largo de unas 20 leguas, hallando que se mantenía constantemente la separación de «treinta y tres cordeles y tercia»(15), esto es la cuarta parte de una legua compuesta de 4 millas. D'Anville concluía afirmando que Ambrosio de Morales no dudó en absoluto a la hora de tomar partido por Nebrija y Esquivel, en detrimento de Sepúlveda.

D'Anville continuaba con su análisis, recurriendo ahora a la Geografía, con la intención de aclarar definitivamente las

diferencias observadas. La distancia, en línea recta, entre Mérida y Salamanca, a tenor de lo representado en los mapas, parecía ser de unas 130 millas de 60 en el grado, una cifra demasiado pequeña si se compara con la resultante de sumar las distancias parciales propias de la calzada romana: un total de 180 para todo el itinerario, que era prácticamente recto (rectissima) a juicio de Sepúlveda. Ahora bien, tal espacio es comparable al asociado a 173 millas definidas de acuerdo con el prototipo del pie castellano, un resultado coherente con el acortamiento en la longitud de la milla. El geógrafo francés proseguía afirmando que los cálculos realizados en otras rutas situadas en la misma latitud, proporcionaban asimismo resultados correspondientes. Concretamente, de Olisipo(16) a Cale(17), a través de Santarém y de Coímbra, había 109 millas, sin desviarse significativamente de la línea recta definida por esos lugares. Las latitudes conocidas de Lisboa y Oporto marcaban también la distancia entre ambas, puesto que su diferencia de longitudes no es considerable; se podía colegir por lo tanto, y con aproximación suficiente, que

⁽¹²⁾ En tiempos de este emperador se mejoró sustancialmente las calzadas que unían Mérida con otras ciudades de Hispania, continuando así con la política que había seguido Trajano. D'Anville recoge varias denominaciones para la que partía de Mérida y llegaba hasta Astorga, pasando por Salamanca. Como era de esperar, una de ellas era la de Vía argéntea o Camino de plata. Un nombre que supuso debido a la belleza de su pavimento: «& que la beauté de son pavé a fait appeler Vía argénteá, ou Camino de Plata». Esa denominación aún perdura aunque sea muy poco conocido su verdadero sentido, a pesar de haber aclarado Nebrija que el nombre se debía verdaderamente a la planicie por la que discurría la calzada.

⁽¹³⁾ Nuestro buen Maestro de toda España, según las palabras de Ambrosio de Morales.

⁽¹⁴⁾ Esta palabra hacía referencia tanto al combate naval, propiamente dicho, como al recinto en que este se celebraba.

⁽¹⁵⁾ Aunque D'Anville transcribiera esas palabras, el texto de Ambrosio de Morales fue el que sigue: Quatro millas que hacen una legua, ciento y treinta y tres cordeles, y tercia de cordel, en que habrá quatro mil pasos, seis mil y seiscientos y sesenta varas y dos tercias, y veinte mil pies.

⁽¹⁶⁾ La ciudad romana que se transformaría en Lisboa.

⁽¹⁷⁾ Nombre prerromano de Oporto. Se entiende así que la combinación Porto Cale diera lugar al nombre de Portugal.



Figura 5. La calzada de Astorga a Mérida (Badajoz) y dos de sus miliarios: uno en honor de Adriano y otro de Nerón.

la distancia en cuestión sería de unas 150 millas de 60 en el grado. Un intervalo que ha de considerarse equivalente a 188 millas romanas, a pesar de que el cómputo del itinerario arroja la cifra de 209. Como solo es razonable admitir discrepancias del orden de la décima parte, entre la medida directa y la proporcionada por el itinerario, en función de la dirección de este, todo apunta a que la milla tendría uno menor, conforme a lo que sucedía en la calzada de Mérida a

Salamanca; cuyo verdadero valor aún no había sido determinado fehacientemente mediante observaciones astronómicas.

Se refirió después D'Anville al pie castellano, el cual presentaba la singularidad de no coincidir con el romano, pues constaba de 15 dedos en lugar de 16. Así era fijado en las Siete Partidas⁽¹⁸⁾, donde se decía: ...Et por qué algunos dudarán como se deben medir los pasos para mojonar el cementerio, departiolo Santa Iglesia dseta manera; que en la pasada ha de haber cinco

⁽¹⁸⁾ Realmente es en la partida I. Ley IV. Título XIII (Las sepulturas: De los cementerios, onde tomaron hombre, et quien los debe señalar et de que grandes).

pies de home medurado, et en el pie quince dedos de travieso. Pero considerando que el pie castellano tiene 1237 partes del pie de París, resultaría que su quinceava parte, o el dedo, sería de 82 (despreciando una fracción). Por otra parte, la dieciseisava parte del pie romano es asimismo muy próxima a 82 de esas mismas partes. La conclusión, parece pues obligada, solamente hay una diferencia de un dedo entre ambos tipos de pie, justamente lo que le faltaría al castellano para coincidir con su homólogo romano.

Por lo demás, debe de tenerse en cuenta que lo deducido para un determinado lugar no es extrapolable al resto del territorio. Así se deduce, al menos, de los mapas de España que han sido examinados, manifestaba D'Anville, puesto que hay zonas en las que parece que los itinerarios se ajustan bastante bien a las millas romanas y otras en las que es evidente la discordancia. Sirva de ejemplo lo recogido por Estrabón en su libro III: para él, la distancia entre Cesaraugusta (Zaragoza) y Numancia era de 800 estadios. En cambio, se deducían 95 millas al evaluarla a través del itinerario correspondiente, si bien podrían elevarse a 100 mediante la relación más

rigurosa entre millas y estadios. Sin embargo no debería darse demasiada importancia a tal diferencia, ya que no tendría nada de extraño que Estrabón redondease la cifra más fiable de 760 estadios.

Otra de las medidas concretadas por Estrabón, también citada por D'Anville, es la de la distancia existente entre la ciudad de Cádiz y el templo de Hércules, que suponía igual a 12 millas. Ese valor concuerda, tal como apuntaba el geógrafo romano, con el número de trabajos⁽¹⁹⁾ atribuidos a la divinidad principal del pueblo Tirio⁽²⁰⁾, al que supuestamente se debe la fundación de Cádiz. Dicho templo (el Heraclión gaditano) estuvo situado sobre un montículo, aislado durante las mareas altas, en el que se halla hoy el castillo de Sancti Petri (San Fernando). No obstante, esa distancia, medida desde el centro de la ciudad de Cádiz, es de 21400 varas, según el plano levantado con la mayor exactitud por Renau⁽²¹⁾, ingeniero y matemático brillante según confesaba d'Anville. Resultaban así 55134 pies franceses o 9188 toesas, cuando 12 millas romanas diferían muy poco de las 9072 de la memoria incluida en el volumen XXX de la Academia.

Tras haber concluido que la legua española debía tener tres millas, o migerios, era preciso añadir, según d'Anville, que el uso de esta legua legal parecía limitarse a fijar los límites territoriales en el ejercicio de algunos oficios, o supuestos judiciales, en las ciudades en que se contemplaba su validez. En cambio, para el cómputo de las distancias, debían considerarse, según

⁽¹⁹⁾ Doce fueron los trabajos atribuidos a Hércules, a saber: 1) Matar al león de Nemea y tomar su piel, 2) Matar a la hidra de Lerna, 3) Capturar al jabalí de Erimanto, 4) Capturar a la cierva de Cerinia, 5) Limpiar los establos de Augias en un día, 6) Matar a los pájaros del Estínfalo, 7) Capturar al toro de Creta, 8) Robar las yeguas de Diomedes, 9) Robar el cinturón de Hipólita, 10) Robar el ganado de Gerión, 11) Robar las manzanas del jardín de las Hespérides y 12) Capturar en los infiernos a Cerbero.

⁽²⁰⁾ Gentilicio de Tiro.

⁽²¹⁾ Se estaba refiriendo d'Anville al marino y arquitecto vasco francés Bernard Renau de Elisagaray (1652-1719).

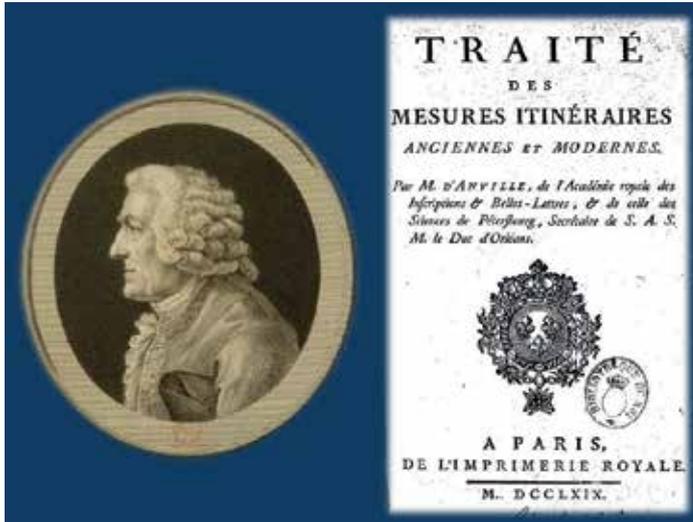


Figura 6. Jean Baptiste Bourguignon d'Anville y la portada de su obra metrológica: *Traité des Mesures Itinéraires anciennes et moderne*

él, las leguas que constaban de cuatro millas. Si tales millas se supusieran de igual valor que los migerios, o de 716 toesas, el de la legua sería entonces de 2864 y el grado contendría 20. Por el contrario, si se hubiera empleado la milla romana de 756 toesas, la legua tendría 3024 toesas y podría ser tomada, aproximadamente, como de las de 19 en el grado. Por otra parte, parece natural atribuir a los árabes(22) la introducción de una legua sensiblemente mayor que la que había sido establecida por un rey de León. La milla árabe, de alrededor de 57 en el grado, era muy apropiada para formar la legua, pues de acuerdo con lo anterior sería de 19 en el grado. D'Anville añadía que a tenor de lo comprobado en los mapas de varias provincias de España, el desarrollo de la legua era tal que el grado tendría entre 18 y 20, resultando así 19 como término medio. De inmediato reprochó al jesuita Giovanni Battista Riccioli (1598-1671) que, en su Geografía reformada(23), indicase que varios autores españoles señalaban que la legua se componía de 4 millas de Italia, suponiéndolas de 60 en el grado, induciendo así al equívoco; finalmente hizo suya esa falsa relación entre la milla y el grado, como

(22) D'Anville incluía el comentario siguiente: ...qui sont appelés Maures dans leur denomination en Espagne...

ocurrió en tantos otros tratados de Geografía.

D'Anville terminaba este capítulo, sobre la metrología hispánica, de forma rotunda; según él, en absoluto había constancia alguna de que se hubiese medido la legua en Portugal y menos de que el gobierno la hiciese oficial. No obstante los marinos evaluaban sus travesías en leguas de 18 en el grado, pues así se facilitaba la determinación de su mitad, tercera o sexta parte; mención aparte le merecía el hecho de que con esa graduación los diez minutos se correspondiesen con las tres leguas. Contrariamente, Andrés García de Céspedes (1560-1611), en su tratado de Hidrografía General(24) (1606), afirmaba que su empleo había sido normal en España. El palmo, también llamado craveiro, estaba contenido 5 veces en la vara portuguesa(25), a diferencia de lo que sucedía con el cavado, el cual constaba solo de 3 y era una medida legal. El cosmógrafo real de Portugal Manuel Pimentel (1650-1719) hizo saber, en su Arte de Navegar(26), que al comparar 40

(23) Geographiae et Hydrographiae reformati libri. Venecia.1661

(24) Se trataba de un complemento a su Regimiento de Navegación, publicado el año anterior.

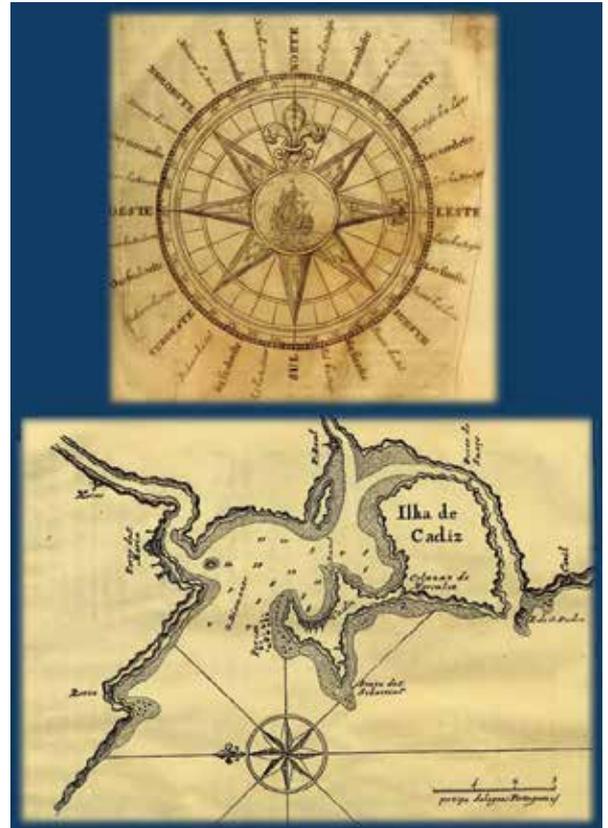


Figura 7. Los vientos y un plano de la Isla de Cádiz en la obra de Pimentel (*El Arte de Navegar*. 1712)

palmas con 27 pies de París se deducía que la palma portuguesa era de 8 pulgadas y una línea, más la quinta parte de esta. No obstante, es subrayable el hecho de que esa medida, equivalente a 972 partes del pie de París dividido en 1440, resulta muy parecida a la palma romana mayor, ya que los tres cuartos de 1306 partes, que se suponía tenía el pie romano, serían igual a 979. D'Anville terminaba esta sección con el siguiente párrafo: C'est ainsi que nous terminerons ce qui doit faire notre objet dans l'occident; & il faut maintenant reprendre la partie orientale du Monde, pour traiter de ce qui concerne l'Inde & la Chine.

(25) D'Anville reproducía lo que recogía Bulteau en su Diccionario Portugués.

(26) Arte de Navegar, em que se ensinam as regras practicas, e o modo de cartear pela Carta plana, & reduzida, o modo de graduar a Balestilha, & muitos problemas uteis a Navegação, & Roteiro das viagens e costas marítimas De Guiné, Angola, Brasil, Indias e ilhas Occidentaes, & Orientaes...Lisboa. 1712

Recursos de Cartografía, Cartotecas y materiales cartográficos en Biblioteconomía y Documentación



Figura 1. Isla de Mallorca, Juan de Aguirre, 17-- . BNE

La aparición de los mapas se produjo antes de la historia, es decir, con anterioridad a la aparición del relato escrito, y se utilizaron para establecer distancias, recorridos, localizaciones... Y así poder desplazarse de unos lugares a otros... Cómo decía Mercator: «Los mapas son los ojos de la historia». Y gracias una vez más a las nuevas tecnologías esos ojos están llenas de miradas.

En este artículo se quiere compartir algunas de las grandes cartotecas y recursos que están a nuestra disposición.



Figura 2. Map of the Province of South Carolina, James Cook, 1773 . Fuente: BNE

- **Cartoteca Histórica Digital de Extremadura.** La Cartoteca Histórica Digital de Extremadura reúne documentos cartográficos históricos en formato digital de diferentes organismos e instituciones en los que se representa una parte o la totalidad del territorio extremeño, para facilitar su consulta a investigadores, docentes y demás ciudadanos interesados en cuestiones cartográficas. Hace falta registrarse para poder consultar las catalogaciones tanto en ISBD, MARC21 y ISO 19115 (la cual tuve el placer de catalogar).

<http://sitex.juntaex.es/SITEX/pages/cartoteca>



Figura 3. Cartoteca Histórica Digital de Extremadura

- Guía de la colección de mapas, vistas de ciudades y obras cartográficas antiguas de la **Biblioteca Complutense** desde la aparición de la imprenta hasta 1800. La Biblioteca Histórica de la Universidad Complutense reúne una destacada colección de atlas flamencos, holandeses, italianos y franceses de los siglos XV al XIX pertenecientes a ediciones de gran lujo con mapas coloreados

y ricas encuadernaciones con decoraciones doradas. Conviven con otros atlas de pequeño formato dedicados al uso escolar y a la divulgación geográfica más elemental.

<http://biblioteca.ucm.es/foa/54601.php>



Figura 4. Biblioteca Histórica de La Universidad Complutense de Madrid

- **Cartoteca del Instituto Geográfico Nacional y la del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña** (con sus colecciones de mapas, sus mapas antiguos georeferenciados y sus catálogos).

<http://www.ign.es/fondoscartograficos/>



Figura 5. Fondos cartográficos del IGN

<http://www.icc.cat/esl/Home-ICC/Fons-historics-Cartoteca>



Figura 6. Colecciones del Instituto Cartográfico de Cataluña

- **Cartoteca Histórica Digital 'online' del IELAT (UAH).** La Cartoteca Histórica Digital 'online' del Instituto de Estudios Latinoamericanos de la Universidad de Alcalá de Henares se inscribe en el marco de las directrices de la Unión Europea sobre Bibliotecas Digitales, con el objetivo de poner a disposición de los usuarios a través de Internet el importantísimo patrimonio cartográfico Español, Europeo y de Latinoamérica. Con esta iniciativa se persigue difundir la información no sólo a los investigadores, sino a amplias capas sociales, para fomentar la cultura y potenciar ulteriores trabajos de investigación. Este gran proyecto lo está dirigiendo Pilar Chias Navarro.

- **Biblioteca Virtual de Defensa.** El Ministerio de Defensa pone a disposición del usuario la colección digital de los magníficos fondos que se custodian en sus archivos, bibliotecas y museos. Esta colección se compone de una variada tipología documental como son códices, impresos, grabados, videograbaciones, fotografías, etc., importantes series documentales y museísticas, de gran antigüedad, belleza e interés temático, cuyo conocimiento es indispensable para la cultura española. Además, esta biblioteca virtual da acceso al repositorio institucional que recoge las publicaciones oficiales y científicas de este ministerio.

Esta herramienta contribuye a la necesaria preservación digital de los fondos y a su difusión dando con ello la mayor visibilidad posible al patrimonio cultural del Ministerio de Defensa y posibilitando el acceso a estudiosos, investigadores y ciudadanos en general.

La Biblioteca Virtual de Defensa se alimenta dinámicamente desde la base de datos bibliográfica, cuya información sobre recursos y objetos cumple con la normativa internacional de descripción y con los estándares de metadatos para la gestión, exportación y recolección de los registros bibliográficos y de los objetos digitales (OAI-PMH).

El programa de gestión bibliotecaria digital incorpora los últimos avances conforme a las pautas establecidas por el W3C Library Linked Data Incubator Group. Además, se ajusta al Europea Data Model para posibilitar su consulta y recolección, a nivel nacional, a través del agregador Hispana y, a nivel internacional, por medio del agregador de la Unión Europea Europeana, OAIster y WorldCat.

<http://bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/i18n/estaticos/contenido.cmd?pagina=estaticos/presentacion>



Figura 7. Biblioteca Virtual de Defensa

- **Departamento de Cartografía y Artes gráficas de la Real Academia de la Historia.** El Departamento de Cartografía y Artes Gráficas conserva un valioso fondo de materiales cartográficos y de Artes Gráficas. El origen de la colección se remonta a los primeros años de la fundación. El primer mapa documentado es el del arzobispado de Granada, legado el 13 de julio de 1739 por el académico don Francisco Fernández Navarrete, médico de cámara de Felipe V. Muchos de los fondos figuran en las primeras actas de la Academia como legados de sus miembros, de sus autores o como compra a particulares o libreros, por su interés histórico, artístico o geográfico. Se vinculan al proyecto acordado en 1738, el llamado Aparato para el Diccionario Histórico-Crítico Universal de España, que abarcaba 13 tratados, entre ellos la Geografía Antigua y Moderna y la Historia Natural, en los que trabajaban los académicos. El fondo se fue incrementando durante el último tercio del siglo XVIII bajo la iniciativa de su director don Pedro Rodríguez de Campomanes, que se ocupó intensamente del nuevo Diccionario Geográfico-Histórico de España, emprendido por la Academia en 1766. Varios académicos se encargaron sucesivamente de custodiar la «colección de mapas y planos», como entonces se llamaba. Al mismo tiempo fueron ingresando fondos de Artes Gráficas (dibujos artísticos, fotografías y estampas), que se guardaban con los mapas. Los de España se adquirían para el trabajo del Diccionario y los de América para el proyecto de la Historia de Indias, que la Academia, como cronista mayor de

Indias, asumió durante un tiempo por encargo real. El ingreso de Tomás López de Vargas y Machuca como académico (1776), y más tarde el de su hijo Juan López, contribuyó al incremento de la colección cartográfica. La mayoría de los mapas de estos geógrafos, que hoy conserva la Academia, fueron regalados por ellos o por algunos académicos. Entre los últimos legados, cabe citar los dos ejemplares manuscritos del mapa topográfico de la provincia de Oviedo de Guillermo Schulz, fechados en 1851 y 1854, que fueron entregados por don Gonzalo Menéndez Pidal. El contenido de la colección cartográfica es muy variado: mapas sueltos, atlas y globos, y data de los siglos XVI al XX. Es de destacar una pareja de globos -celeste (ca. 1621) y terrestre (1682)- de Janssonius Blaeu, otros dos globos terrestres de 1768 y 1883; varias colecciones de mapas y planos manuscritos de América, Portugal y España y una serie de atlas. Los mapas manuscritos de mayor antigüedad son los de las Relaciones Geográficas de Indias, del reinado de Felipe II. Son también importantes las colecciones manuscritas de España, América y Portugal de los siglos XVII y XVIII; y los llamados Atlas de España y de América formados por la Academia en la última década del siglo XVIII. La Biblioteca custodia otro conjunto de mapas y planos manuscritos e impresos en diversas colecciones de América. En 1997, se empezaron a publicar los mejores fondos cartográficos. Al mismo tiempo se procede a su restauración e informatización.

<http://www.rah.es/cartoArtes.htm>



Figura 8. Fondo cartográfico de la Real Academia de la Historia

• **Directorio de Cartotecas y de colecciones cartográficas en instituciones españolas.** PDF de la BNE, recopilado por el Servicio de Cartografía (Carmen Lítter) de Centros con colecciones cartográficas que incluye: Índice de colecciones por Comunidades Autónomas, Índice de colecciones por tipo de Centro y Directorios de archivos, bibliotecas y Centros de documentación. En la BNE también tenemos disponible la Colección de geografía y de mapas.

<http://www.bne.es/es/Colecciones/docs/DirectorioCartotecas.pdf>

DIRECTORIO DE CARTOTECAS Y DE COLECCIONES CARTOGRAFICAS EN INSTITUCIONES ESPAÑOLAS



Figura 9. Directorio de Cartotecas

<http://www.bne.es/es/Colecciones/GeografiaMapas/>



Figura 10. Geografía y mapas de la BNE

• **Fondos digitalizados de la cartoteca Rafael Más de la Universidad Autónoma de Madrid.** La Cartoteca Rafael Mas es una biblioteca especializada en todo tipo de materiales cartográficos: mapas (topográficos, geológicos, cultivos y aprovechamientos, históricos, etc), cartas náuticas, fotografías aéreas, imágenes de satélites, cartografía digital, etc.

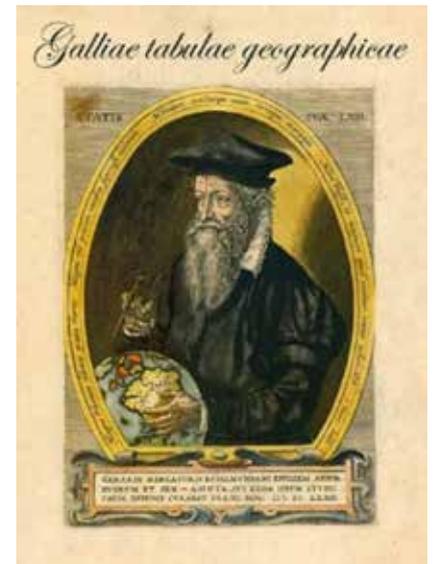


Figura 11. Atlas de Mercator: Galliae tabulae geographicae

• **Exposición virtual. Cartografía histórica Giennense.** El Instituto de Estudios Giennenses cuenta entre sus fondos con más de 1250 registros cartográficos desde el siglo XVI hasta la actualidad. Puedes descubrir a través de esta exposición el devenir histórico de la

geografía de la provincia. En esta línea se ha publicado el Catálogo Cartográfico de la Biblioteca del Instituto de Estudios Giennenses. Sobre el mismo se realizó una cuidada selección que en una edición artística recoge la carpeta Cartografía Histórica Giennense entre los siglos XVII y XX. En esta ocasión, y sirviéndonos de las oportunidades que nos ofrecen las nuevas tecnologías, se realiza un recorrido sobre un mayor número de mapas, al tiempo que se presenta como valor añadido, una sala virtual dedicada de forma íntegra a Francisco Coello de Portugal y Quesada, jiennense que ocupa un lugar propio en la ciencia cartográfica.

Estas representaciones del territorio jiennense suponen una visión panorámica de la evolución de los límites provinciales desde el siglo XVII hasta principios del XX, en las que se pueden observar la transformación de la primitiva estructura territorial de reinos en la vigente limitación espacial del territorio actual de la provincia de Jaén.

<http://www.dipujaen.es/exposiciones-virtuales/cartografiaHistorica/index.html>



Figura 12. Exposición virtual de la Cartografía Giennense

• **Índice de cartotecas de la Sociedad Geográfica Española.** Es un listado de Cartotecas digitales

españolas que incluye algunas de las citadas anteriormente en este artículo, pero se ha querido seleccionar el recurso porque incluye otras fuentes de información.

<http://www.sge.org/cartografia-ibercarto/enlaces/cartotecas-digitales-espanolas.html>



Figura 13. Índice de cartotecas de la Sociedad Geográfica Española

• **Cartotecas Internacionales recopiladas por la Universidad de Alicante.** Un documento muy importante que podemos consultar desde esta web es el tutorial de Fondo cartográfico de la UA.

<http://biblioteca.ua.es/es/cartoteca/cartoteca2013/cartotecas-internacionales.html>

<http://goo.gl/FrjXgB>



Figura 14. Tutorial del fondo cartográfico de la UA

• Catálogo Colectivo de las Colecciones de Mapas, Planos y Dibujos de los **Archivos Estatales del**

Archivo General de Simancas.

Es una gran cartoteca, en ella podemos encontrar 5271 documentos cartográficos, catalogados y digitalizados.



Figura 15. Colección del Archivo General de Simancas

• **Fundación Casa Medina Sidonia.** Planos de obras públicas digitalizados por la Junta de Andalucía. Debido a la gran cantidad, variedad y riqueza documental sobre los estados y señoríos jurisdiccionales de las diferentes casas nobiliarias que formaron los actuales fondos que posee el Archivo General de la Fundación Casa Medina Sidonia en Andalucía, la Fundación en colaboración con la Junta de Andalucía a través de la Consejería de Obras Públicas y Transportes, en mayo del 2006, acordaron desarrollar un proyecto de digitalización de la documentación que sobre obras públicas y transporte pudiera guardarse en el archivo de la fundación, a través del programa de investigación y difusión del Patrimonio de obras públicas de Andalucía.



Figura 16. Planos de la Fundación Casa Medina Sidonia

Publicado por Marta García en el Blog de DocuManía 2.0

La FUNDACIÓN CIM-UPC acerca el mundo de la fabricación personal a la sociedad con BCN3D Technologies

La nueva sección de la Fundación CIM presentará 3 nuevas tecnologías y su programa formativo 3D Training, el 14 de mayo en el DHUB de Barcelona y el 3D Printshow de Londres

La iniciativa RepRapBCN, nacida en la Fundació CIM de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) hace cuatro años, se reinventa y renace con más fuerza, nuevos objetivos y más productos que ofrecer bajo el amparo de una nueva denominación: BCN3D Technologies, creada para fomentar la participación activa del usuario en el proceso de fabricación personal.

Ya no es suficiente con dotar a la sociedad de impresoras 3D; en el ámbito de la innovación tecnológica, BCN3D Technologies pretende transformar la sociedad del consumo en la que vivimos desde principios del siglo XX en una sociedad productora de sus propias ideas, involucrándonos a todos en el desarrollo de unas tecnologías participativas donde las personas fabrican sus herramientas y proyectos reales, y fusionando diferentes tecnologías de fabricación digital para obtener productos que de otra manera no se hubieran podido materializar.

Para conseguirlo, la nueva sección de la Fundació CIM plantea dos vertientes de acción: nuevos productos

que acerquen a los usuarios no solo la impresión 3D, sino también a las posibilidades de fabricación digital actuales y un programa formativo que ayude al usuario a diseñar y fabricar con esas técnicas.

En cuanto a los nuevos productos, BCN3D Technologies está trabajando actualmente en 3 nuevas tecnologías que se presentarán el próximo día 14 de mayo en el DHUB de Barcelona y, también, en el 3D Printshow de Londres, uno de los acontecimientos más importantes del Sector de la Impresión 3D y la Fabricación Digital.

Ese mismo día, se presentará también el programa formativo 3D Training, que cubre los diferentes estadios de la concepción y realización de un objeto o producto. Es decir, el diseño, la fabricación y la puesta en funcionamiento de aquello fabricado.

Design for Digital Manufacturing. Actualmente, las impresoras 3D están cada vez más extendidas, pero su uso está muchas veces limitado a la materialización de piezas ya existentes. Existe una necesidad clara de acercar el mundo del diseño asistido por ordenador de una manera entendedora al gran público, de manera que aquel que tenga una impresora 3D pueda no sólo fabricar las piezas diseñadas por otro, sino diseñar desde cero un elemento que luego pueda imprimir o fabricar.

Digital Manufacturing Technology. El sector de la fabricación digital y, en concreto, las impreso-

ras 3D están avanzando a una velocidad difícilmente asumible para un público no profesional, o plenamente dedicado a ese sector. Las técnicas existentes cada vez son más numerosas, y aportan mayor capacidad de fabricar, gracias a los nuevos materiales, que permiten realizar piezas de características casi infinitas.

Este potencial es transmitido a través de cursos de funcionamiento de máquinas y tecnologías que permiten al usuario entender, ya no sólo la máquina, sino conocer la tecnología que hace posible la materialización de un objeto.

Digital Project Development. Finalmente, la impresión 3D reduce en gran medida el tiempo necesario para la realización de diseños complejos que integran diferentes partes. Es por eso que es necesario conocer las técnicas empleadas para la concepción de productos complejos, como por ejemplo un drone, y capacitar al usuario final para poder iterar su diseño, modificarlo y mejorarlo.

La intención de BCN3D Technologies con este programa formativo es democratizar el uso de la fabricación digital y las impresoras 3D de manera real, capacitando a usuarios no profesionales para el correcto uso de las herramientas existentes, y obteniendo resultados reales y de nivel profesional.

Siguiendo con esta idea, los productos diseñados por BCN3D Technologies se enmarcan en el Open Hardware, filosofía abierta de fabricación, que permite a todo aquel que lo desee conocer exactamente el funcionamiento de su máquina, ya que toda la información





de diseño se publica bajo patente libre y, por tanto, queda expuesta al público. Esta filosofía convierte a los productos en ejemplo de fabricación y confiere transparencia a la hora de comprender cómo funcionan las tecnologías actuales, superando el convencionalismo de las patentes industriales, que desvirtúan el valor y el precio real de los productos de consumo.

Sobre la Fundació CIM

La Fundació CIM es una entidad adscrita a la Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech (UPC) que tiene como misión institucional transferir conocimientos de ingeniería y gestión de la tecnología, y facilitar herramientas a las empresas y a los profesionales para que puedan crear y mejorar sus productos y procesos de fabricación, acercando la realidad empresarial a la universidad, para facilitar que el tejido industrial de su entorno pueda conseguir la máxima competitividad tecnológica.

La Fundació CIM consigue su misión generando tecnología de producto y proceso mediante la realización de proyectos de I+D+i, utilizando recursos materiales de prototipaje y fabricación de última generación. La Fundació CIM también colabora con otros centros universitarios de investigación, a través de la XaRTAP y el CIT y, con empresas de diversos sectores, desarrolla propuestas tecnológicas innovadoras y potencian-do infraestructuras de investigación aplicada para realizar proyectos en diversos ámbitos tecnológicos.

Más información en: <http://www.fundaciocim.org>

Topcon anuncia el nuevo sistema Mobile Mapping en 3D IP-S3

Montado en vehículo, que es más pequeño, más ligero y más fácil de manejar. El nuevo IP-S3 se monta y desmonta fácilmente en cualquier automóvil, camión o SUV y el sensor pesa sólo 18 kg.

El sistema de posicionamiento del IP-S3 es una integración de una Unidad de Medida Inercial (IMU), un receptor GNSS (GPS y GLONASS) y un odómetro del vehículo. Proporciona un posicionamiento preciso y actitud en un entorno dinámico. El sensor LiDAR rotatorio, captura el entorno con una tasa de 700.000 pulsos por segundo. Durante cada rotación, los 32 láseres internos cubren completamente los 360 grados alrededor del sistema, cada uno desde un ángulo de visión ligeramente diferente. Esto reduce al mínimo las lagunas en la nube de puntos que se deben a obstáculos o ángulos muertos y elimina la necesidad de instalar varios escáneres.

El sistema de cámara digital de seis lentes del IP-S3 proporciona imágenes esféricas en alta resolución de 360 grados que permiten un fácil reconocimiento de operaciones.

Los flujos de trabajo de mapeo móvil se mejoran con la suite de software Mobile Master Field y Office. Las técnicas de precisión y la funcionalidad de control de tierra ayudan a optimizar la precisión y exactitud absoluta. Mobile Master Office se ocupa de todas las trayectorias de post procesamiento georeferenciación de escaneos e imágenes.

Características principales IP-S3:

- Solución llave en mano integrada
- Diseño ultra-compacto
- láseres múltiples que minimizan

- las sombras de escaneo
- Facilidad de uso incomparable
- Calibrado de fábrica
- Plena integración de nube e imágenes

Características clave de software de Office Mobile Master:

- Software de procesamiento todo-en-uno
- Funcionalidad de precisión avanzada y control de tierra
- Informes con todas las funciones de precisión
- Proyecciones extensas y exportaciones geoide
- Punto de nube en segmento para facilitar la importación en las aplicaciones de terceros

Fuente: Noticias TOPCON





3D-ARCH 2015

Durante los días 25, 26 y 27 de febrero tuvo lugar en la Escuela Politécnica Superior de Ávila de la Universidad de Salamanca, el 6th International Workshop «3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures». Se dieron cita en este evento expertos, profesionales y casas comerciales de todo el mundo para mostrar los trabajos y avances que se han producido en este sector.

Durante el desarrollo de las jornadas tuvieron lugar las siguientes sesiones técnicas:

1. 3D modeling of complex objects and scenarios
2. Investigating 3D reconstruction sensors and methods
3. New algorithms and methods in 3D modeling
4. Texturing and visualization
5. Multi-sensor 3D modeling of complex scenarios
6. Advances in image processing
7. 3D photogrammetric analyses
8. Building Information Modeling (BIM)



Acciona Agua implementa en Burgos una red de agua inteligente

- La tecnología utilizada facilitará la detección y reparación de averías
- También mejorará el control de la calidad del agua y la lectura a distancia

Acciona Agua ha llegado a un acuerdo con Aguas de Burgos, empresa concesionaria del servicio de abastecimiento de agua de esta ciudad, para implantar un sistema de gestión de la red de suministro de agua potable que permitirá controlar de manera instantánea y remota la calidad del agua, el consumo de los

contadores y el estado de la red. De esta forma, la ciudad de Burgos será pionera en incorporar el concepto de «smart city» al suministro de agua.

Para ello se integrarán, en una misma plataforma de software, las lecturas diarias de forma remota de los contadores de los usuarios, el Sistema de Información Geográfica (SIG), la información del telecontrol, algoritmos para la predicción de la demanda, un gran número de sensores para monitorizar la calidad del agua y el modelo matemático para predecir el comportamiento del sistema de abastecimiento, entre otras tecnologías; éstas permitirán desarrollar estrategias avanzadas de gestión del negocio.

El sistema de gestión estará gobernado por una plataforma de «Business Intelligence» que permitirá detectar en tiempo real cualquier avería, atasco o fuga y conocer el punto en que se produce, lo que reducirá el tiempo necesario hasta su localización y reparación.

Otra de las novedades que aporta el proyecto es la «lectura a distancia de los contadores» y la detección de consumos anómalos, lo que alertará de inmediato a los consumidores en caso de sospechar que existe una fuga de agua en sus domicilios. Los consumidores no domésticos



se beneficiarán también del nuevo sistema, ya que podrán consultar de manera instantánea su consumo acumulado a través de una página web.

Estas innovaciones van a redundar también en beneficios medioambientales ya que la detección temprana de fugas reducirá la cantidad de agua potable no utilizada para consumo final.

El proyecto incorporará además como novedad la monitorización de la red en tiempo real, que permitirá conocer en cada momento la composición del agua, extremándose así la garantía de calidad.

Además, la compañía mejorará sus modelos de gestión del servicio y optimizará los planes de inversión en función de las necesidades reales.

Esta iniciativa se enmarca en el proyecto europeo SmartWater4Europe (<http://www.smartwater4europe.com>), en el que participan 21 entidades entre las que figuran empresas del sector del agua, compañías tecnológicas y universidades. El proyecto cuenta con un presupuesto superior a 10 millones de euros, siendo la inversión destinada a Burgos de 1,1 millones de euros entre equipamientos y trabajos de ingeniería y mano de obra.

Lideran el proyecto tres de las principales compañías europeas del sector del agua, ACCIONA Agua, la holandesa Vitens y la británica Thames Water, junto con la Universidad de Lille. Estas entidades serán las responsables de integrar los dispositivos y programas en las redes de suministro de cuatro «sedes piloto» y analizar los resultados.

Vitens realiza la experiencia en la provincia holandesa de Friesland, Thames Water lo hace en la localidad de Reading, y la Universidad de Lille llevará a cabo su demostración en la ciudad científica de Villeneuve d'Ascq, en Lille. ACCIONA Agua ha elegido Burgos, donde monitorizará 3 sectores hidráulicos de la red (54

km de red de tuberías de Burgos).

El proyecto tiene una duración de cuatro años, durante los cuales los departamentos de Automatización y Control y de I+D+i de ACCIONA Agua colaborarán junto con Aguas de Burgos en la implantación del sistema y en el análisis y cuantificación de los datos obtenidos con el fin de generar modelos que permitan extrapolar la experiencia a otras localidades.

Fuente: eleconomista.es

Proyecto de colaboración colectiva busca cartografiar la Amazonía



Imagen tomada del sitio web del proyecto.

La Amazonía es una importante región, con cerca de 5.5 millones de km², que abarca parte del territorio de ocho países suramericanos: Brasil, Perú, Bolivia, Colombia, Ecuador, Venezuela, Guyana y Surinam. Alberga una gran diversidad de flora y fauna, pero actualmente se ve amenazada por la deforestación y por una extendida agricultura. La explotación legal e ilegal de los llamados «recursos» renovables y no renovables agrava la situación del mayor río del mundo, el Amazonas.

Cuando se trabaja en un lugar de tan difícil acceso, es importante contar con mapas y cartas que faciliten el trabajo. Esa es la idea detrás de Mapazonia, un «proyecto abierto de colaboración colectiva para cartografiar la región amazónica en OpenStreetMap». Toda la zona está llena de accidentes geográficos, como largos ríos y un entorno agreste con vegetación densa y vida salvaje, además de temperaturas muy altas que pueden llegar hasta los 43°C (109°F) lo que la

convierten en una región muy inaccesible.

Como podemos leer en la sección Acerca de del sitio web del proyecto:

El proyecto nace como iniciativa de la comunidad latinoamericana de OpenStreetMap con el objetivo de llevar adelante mapeos colaborativos sobre terrenos y problemáticas comunes a la región.

En el mismo sitio web, encontramos:

Nuestro principal objetivo es mejorar el mapa con las geometrías de todos los ríos y carreteras.

Como proyecto colaborativo para crear mapas libres del mundo que se pueden editar, Mapazonia usa OpenStreetMap para compartir sus mapas. Hasta ahora, tienen tres tareas para cartografía con colaboración colectiva: la subcuenca del río Acre en Bolivia (completado al 81%), la cuenca del río Xingu en Brazil (completado al 53%) y diversas cuencas en Colombia (completado al 99%).

Hablamos con Marco Antonio Frías, miembro de OpenStreetMap y del proyecto Mapazonia Bolivia, y nos contó que la iniciativa empezó a comienzos de octubre de 2014 durante la Segunda Conferencia Regional de Datos Abiertos AbreLatAm y ConDatos, en la Ciudad de México. Esa fue la primera reunión de las comunidades de OpenStreetMap de Colombia, México, Brasil, Bolivia, Nicaragua, Chile y Argentina que dio un vuelco a las habituales actividades reactivas que se llevan a cabo por emergencias humanitarias luego de inundaciones, terremotos e incendios en nuestros países.

Luego, en la Octava Conferencia Anual de OpenStreetMap «Map State» 2014, en Buenos Aires, a comienzos de noviembre de 2014, se discutieron y propusieron algunas actividades en la región. Fue ahí en que surgió la propuesta de cartografiar ríos, caminos y geometrías de cuerpos de agua de la región amazónica.



Mapa de la cuenca del río Xingu en Brasil. Imagen usada con autorización del proyecto Mapazonia.

Sobre OpenStreetMap y la selección de colaboradores, como una comunidad descentralizada, diversa, autogestionaria, abierta y participativa, el medio para la coordinación es la lista de correos, el canal irc #osm-latam, noticias y novedades en Twitter con la cuenta @Mapazonia, y la promoción de artículos en periódicos y blogs alrededor del mundo.

Todos son Mapazonia, no se elige ni se discrimina a nadie. En la comunidad OpenStreetMap y, consiguientemente, en Mapazonia, todo aquel que quiera colaborar y cocrear un mapa del planeta es bienvenido. No hay exclusión por idioma, nacionalidad, ubicación geográfica ni nivel de instrucción, por mencionar algunos. El proyecto siempre trata de compartir su conocimiento, herramientas y experiencia con cualquier persona que quiera aprender y contribuir.

Mapa de la cuenca del río Xingu en Brasil. Imagen usada con autorización del proyecto Mapazonia.

Mapazonia usa la herramienta abierta Task Manager, elaborada y encabezada por el proyecto HOT, con lo que el manejo de mapas se vuelve descentralizado, más simple y coordinado.

Fuente: GlobalVoices

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente incorpora en su página Web publicaciones de cartografía marítima

Se pueden consultar y descargar 66 cartas de la plataforma y el margen continental de España

La Secretaría General de Pesca, viene desarrollando, desde 1999, una investigación sistemática del fondo marino, con objeto disponer de una cartografía batimétrica de alta precisión

Este cartografiado marino ha permitido, a lo largo de estos años, la exploración de más de diez millones de hectáreas de plataforma y margen continental

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente ha incorporado en su página Web, dentro de la sección de Pesca, información y mapas de cartografía marítima. En total se pueden consultar y descargar 66 cartas de la plataforma y el margen continental de España, con datos bariométricos, bionómicos y de características del fondo marino.

Las cartas incorporadas corresponden al litoral mediterráneo. A medida que progresen las prospecciones de

los buques oceanográficos del Ministerio se irán incorporando nuevas publicaciones.

El conocimiento de las características del fondo marino resulta imprescindible para la gestión racional y sostenible de los recursos pesqueros y, con carácter general, para la elaboración y seguimiento de las estrategias marinas.

INVESTIGACIÓN SISTEMÁTICA DEL FONDO MARINO

Por ello, el Ministerio, a través de la Secretaría General de Pesca, viene desarrollando, desde 1999, una investigación sistemática de las características del fondo marino, con objeto de poder disponer de una cartografía batimétrica de alta precisión, con la mayor información posible sobre bionomía bentónica, e identificación de las calidades de fondo y su distribución.

La información obtenida tiene aplicación tanto en proyectos de investigación como en obras de ingeniería, y proporciona, a la Secretaría General de Pesca, una herramienta de gestión y apoyo en diversos proyectos nacionales e internacionales.

Este cartografiado marino ha permitido, a lo largo de estos años, la exploración de más de diez millones de hectáreas de plataforma y margen continental, convirtiendo a España en uno de los países con mayor conocimiento de sus fondos, además de ser referencia en el campo de la cartografía marina.

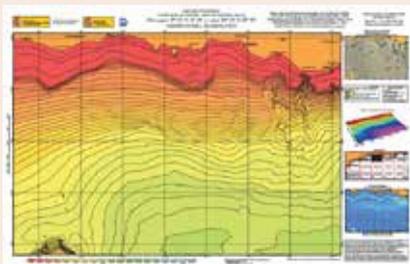
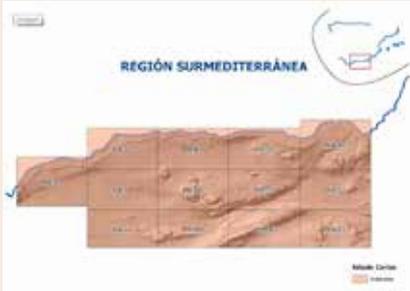
El objetivo de esta prospección sistemática del fondo marino, es adquirir nuevos conocimientos que permitan un uso sostenible de los recursos, y la protección de las zonas y especies vulnerables.

El cartografiado marino se puede consultar en la dirección:

(<http://www.magrama.gob.es/es/pesca/temas/cartografiado-marino/>)

Fuente: Comunicado de prensa de MAGRAMA

Día de la Madre Tierra 2015: «Llegó el momento de asumir el liderazgo»



2015- El 45 aniversario del Día Internacional de la Madre Tierra podría ser un momento decisivo para la causa medioambiental. Es el año en que el crecimiento económico y la sostenibilidad se dan la mano. Es el año en que los líderes mundiales acuerdan finalmente un tratado vinculante sobre el cambio climático. Es el año en que los ciudadanos y las organizaciones dejan de invertir en combustibles fósiles para centrar su atención en las energías renovables. No será un camino fácil pero sí el único para salvaguardar el futuro de nuestro planeta.

El Día Internacional de la Madre Tierra es un recordatorio de que nuestro planeta necesita que todos



y cada uno de nosotros se comprometa con esta causa y contribuya a avanzar en la dirección correcta. Llegó el momento de asumir el liderazgo para que nuestros líderes puedan seguir nuestro ejemplo. Para muchos, el cambio climático es un problema lejano pero la realidad es que ya está afectando las vidas de comunidades enteras, animales y personas de todo el mundo. El mundo necesita un cambio profundo. El 22 de abril es una oportunidad para impulsar el Día Internacional de la Madre Tierra y mostrar a nuestras comunidades y a nuestros líderes que queremos nuevas acciones encaminadas a luchar contra el cambio climático. Llegó la hora de tomar la iniciativa.

Fuente: Web de la ONU

«La década de 1850 en las diferentes Comisiones del Mapa de España» en el IGN

El día 27 de abril de 2015, Ángela del Carmen Ruiz Ramírez y Andrés Arístegui Cortijo, Ingenieros Superiores en Geodesia y Cartografía adscritos al Archivo Topográfico del Instituto Geográfico Nacional (IGN), presentaron la conferencia titulada «La década de 1850 en las diferentes Comisiones del Mapa de España», organizada en el Salón de Actos del IGN por la Asociación de Amigos de la Cartografía de Madrid. A lo largo de la conferencia, se expusieron las conclusiones de la investigación realizada en los últimos meses en el Archivo Topográfico del IGN, algunas de las cuales resultan novedosas.

1. Antecedentes

Al comenzar la conferencia, se describió el estado de la Geodesia y la Cartografía en la España de mediados del siglo XIX, concluyendo que existían trabajos de gran cali-

dad que, sin embargo, únicamente tenían una cobertura territorial parcial. Esto implicaba que, en los años 1840, siguiera utilizándose el Atlas Geográfico de Tomás López como cartografía base de todo el país. Sin embargo, los mapas de López, realizados en la segunda mitad del siglo XVIII, no contaban con mediciones topográficas ni apoyo en las redes geodésica y de nivelación -entonces inexistentes-, por lo que carecían de propiedades métricas.

A mediados del siglo XIX, la necesidad de conocer las dimensiones, las materias primas y la población, el deseo de precisar los límites de la nueva división provincial, y el anhelo de crear nuevas fuentes de financiación del Estado español, que venían incubándose desde el frustrado proyecto del Marqués de la Ensenada un siglo anterior, se vieron todavía más potenciados durante el reinado de Isabel II por la llegada a España de la Revolución Industrial y los nuevos requerimientos de información geográfica que esta exigía.

Esto llevó en la década de 1850 a la creación en paralelo de varias Comisiones con cometidos geodésicos, topográficos y cartográficos cuya finalidad era levantar un mapa completo de todo el país en sus distintas vertientes.

2. Comisión de la Carta Geológica

En primer lugar, se fundó la Comisión de la Carta Geológica en 1849, a la que se encargó el levantamiento del mapa geológico de España. Sería un mapa realizado por partes, comenzando por la provincia de Madrid. Entre los años 1850 y 1853, el personal de la Comisión Geológica realizó diversas operaciones geodésicas y topográficas en la provincia de Madrid y comarcas aledañas con la intención de levantar el mapa geológico provincial.

Una de estas operaciones fue la medición de la base geodésica de Ocaña-Noblejas, realizada con la recién inventada Regla de Porro, cuyos cuadernos de observaciones y cálculos se encuentran depositados en los fondos del IGN. Tras varios ensayos, la base definitiva se midió en tres tramos entre el 19 de junio y el 12 de septiembre de 1852, observándose una longitud total de 5500,8015195 m. El tramo inicial de la base, correspondiente a las tiradas 1 a 160 (entendiendo por tiradas el número de veces que se desplazaba la regla), se midió una segunda vez para comprobar la primera medición.

Con esta base y sobre la triangulación trigonométrica posterior, se apoyó el Mapa Geológico de la provincia de Madrid de Casiano de Prado, publicado en 1853. Al mapa de la provincia de Madrid, le siguieron entre 1853 y 1859 el de otras tres provincias españolas.

3. Comisión de la Carta Geográfica

En segundo lugar, se constituyó la Comisión de la Carta Geográfica en 1853, a la que se encomendaron las labores de geodesia y topografía para el levantamiento del mapa topográfico del país. Entre los fondos del IGN, existe un cuaderno con las Memorias en las que los ingenieros

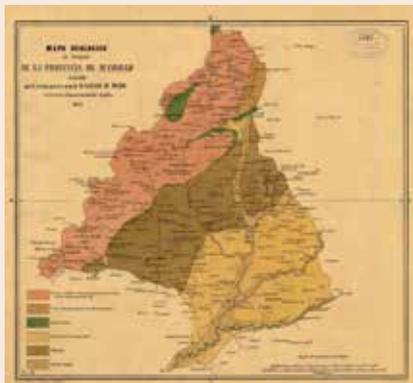


Figura 1. Mapa Geológico en bosquejo de la provincia de Madrid. Comisión Geológica. 1853 usada con autorización del proyecto Mapazonia.

describieron los trabajos realizados entre marzo y abril de 1854 para determinar el terreno apropiado para medir la base central de triangulación geodésica. En primer lugar, realizaron tres ensayos en la zona de Ocaña-Noblejas: primero, trataron de medir la base siguiendo la misma dirección que dos años antes había utilizado la Comisión Geológica, debiendo desechar la idea porque no se podía alcanzar la longitud requerida; segundo, trataron de girar la dirección empleando un punto común al rumbo antes descrito, pero descartaron la propuesta porque el horizonte no estaba suficientemente despejado; tercero, plantearon una dirección completamente nueva, pero renunciaron a esta elección por no ser el terreno convenientemente llano; por todo ello, el terreno de Ocaña-Noblejas quedó descartado. En segundo lugar, se trasladaron a Tembleque, donde propusieron seguir la línea que formaba un ángulo de 144° con el norte magnético a partir del Cerro de la Atalaya; las condiciones del terreno resultaron adecuadas, pero desearon esa zona porque hubieran debido cortar el tránsito en la carretera de Madrid a Andalucía para medir la base. Por último, se desplazaron a Alcázar de San Juan, donde concluyeron que era la zona óptima para la medición.

Sin embargo, también se encuentra entre los fondos del IGN un libro con los croquis de la base provisional que se decidió por fin medir, firmado en mayo de 1854. Resulta curioso que, en esa fecha, los ingenieros no estuvieran midiendo en Alcázar de San Juan, sino en Madrardejos, a pesar de que en las Memorias firmadas un mes antes no parecían contemplar esta opción, y pese a que, para la medición de Madrardejos, debieron atravesar igualmente la carretera de Madrid a Andalucía. En los años 1855 y 1856, se plantearon varios proyectos para

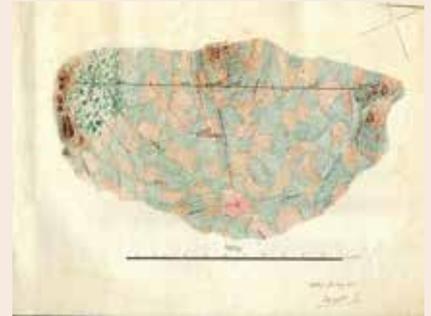


Figura 2. Croquis con la medición de la base provisional de Madrardejos. Comisión Geográfica. 1854

construir las señales permanentes de la base definitiva, cuyos dibujos también están custodiados en el IGN.

Mientras tanto, Ibáñez de Íbero y Saavedra se hallaban en París supervisando la construcción y el calibrado de la Regla de la Comisión, con la que, una vez finalizada y enviada a España, se midió la base central de triangulación geodésica definitiva en Madrardejos en el año 1858, que es la más conocida y estudiada hasta ahora. Por tanto, los documentos que se expusieron en la conferencia ofrecen detalles relevantes de los ensayos y mediciones geodésicas y topográficas previas a la medición de la famosa base definitiva de Madrardejos del año 1858.

4. Comisión de Estadística

Por último, se estableció la Comisión de Estadística General del Reino en 1856, a la que se confiaron las labores estadísticas y catastrales. Entre los años 1857 y 1859, el jefe de la brigada catastral, Celestino del Piélago, desarrolló en el partido judicial de Getafe un proyecto piloto de levantamiento topográfico-catastral con intención de aplicarlo posteriormente al resto del país.

Por un lado, desde el punto de vista geodésico, entre el 7 de julio y el 26 de agosto de 1857, se midió una base con la Regla de Porro entre Getafe y Villaverde, cuya longitud total ascendió a 3562,2725140 m, según los libros con las observaciones



Figura 3. Portada del cuaderno de observaciones y cálculos de la base de Getafe. Comisión de Estadística. 1857

y cálculos hallados entre los fondos del IGN. El tramo central de la base, correspondiente a las tiradas 410 a 586, se midió por segunda vez para comprobar la primera medición, hallando una mínima diferencia. Empleando esta base de Getafe-Villaverde, medida por la Comisión de Estadística en 1857, y reutilizando la base de Ocaña-Noblejas, medida por la Comisión Geológica en 1852, se trianguló el territorio meridional de la provincia de Madrid, estableciendo como vértice origen el Observatorio Astronómico del Retiro. Los mapas de la triangulación se hallan, asimismo, entre los fondos del Archivo Topográfico del IGN.

Por otro lado, desde el punto de vista cartográfico, la Comisión de Estadística planteó realizar un catastro apoyado en esta triangulación, siguiendo cuatro fases: primero, deslindar los municipios; segundo, realizar el catastro rústico por masas de cultivo; tercero, elaborar el catastro urbano por manzanas; cuarto, calcular la superficie de los términos municipales. En los últimos meses, se ha realizado un inventario de los fondos existentes actualmente en el IGN sobre la cartografía heredada de este proyecto piloto de Getafe, y se ha observado que los trabajos quedaron concluidos en varios municipios del Sur de Madrid.

5. Interrupción y legado

Los trabajos de estas tres Comisiones se llevaron a cabo en parale-

lo, lo que comportó que muchas de sus operaciones geodésicas y topográficas resultaran reiterativas. En 1859, con la Ley de Medición del Territorio, el Gobierno fusionó las tres Comisiones, dando lugar en 1861 a la Junta General de Estadística.

Los trabajos impulsados por Coello en la década de 1860 con la Junta de Estadística, que incluyen, por ejemplo, las famosas Hojas Kilométricas, modificaron buena parte de las características planteadas una década antes por la Comisión de Estadística. Se pasó de realizar un catastro por masas de cultivo – en zonas rústicas- y manzanas –en áreas urbanas- a elaborar un catastro parcelario de características mucho más complejas y ambiciosas. No obstante, algunos municipios del entorno de Getafe, que habían sido completados por la Comisión de Estadística en los años 1850, no fueron repetidos por la Junta de Estadística en los años 1860, a pesar de no incorporar información de detalle parcelario.

A partir de 1870, con la fundación del Instituto Geográfico y la puesta en marcha de su Mapa Topográfico de España a escala 1:50.000, que es el proyecto que finalmente cristalizó, el planteamiento de la Junta de Estadística se desechó por excesivo, y se volvió esencialmente a la propuesta desarrollada dos décadas antes por la Comisión de Estadística de levantar el mapa en cuatro fases sin detalle parcelario. Se evidencia así que, teniendo en cuenta las posibilidades de la España de mediados del siglo XIX, el proyecto piloto de la Comisión de Estadística, propuesto por Celestino del Piélago en los años 1850, estaba mejor calibrado y resultaba más realista que el plan de la Junta de Estadística, planteado por Coello en los años 1860.

Está previsto que próximamente se publique un artículo más detallado con las conclusiones aquí esbozadas.

Fuente: Ángela del Carmen Ruiz y Andrés Arístegui

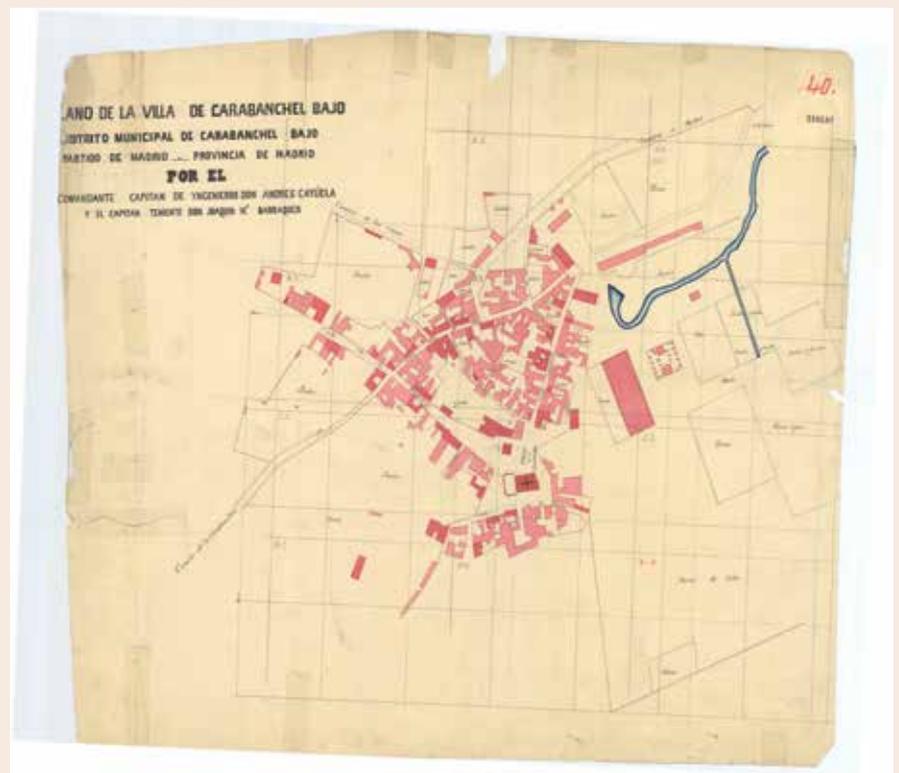


Figura 4. Plano del catastro urbano de Carabanchel Bajo. Comisión de Estadística. 1858

EUROGEO. Conference 2015 Ankara



21-05-2015 / 22-05-2015

- Ankara, Turquía
- Contact: info@inspire-gwf.org
- Website: www.geospatialworldforum.org

INSPIRE and Geospatial World Forum 2015 Conference



25-05-2015 / 29-05-2015

- Lisboa, Portugal
- Contact: info@inspire-gwf.org
- Website: www.geospatialworldforum.org

Global Space & Satellite Forum (GSSF) 2015



26-05-2015 / 27-05-2015

- Abu Dhabi, UAE
- Contact: info@gssforum.com
- Website: http://www.gssforum.com/

10th Jubilee Conference + Workshop



27-05-2015 / 29-05-2015

- Corfu, Grecia
- Contact: livier@auth.gr
- Website: http://xeee.web.auth.gr/ICA-Heritage/Corfu_2015.htm

28 International Geodetic Student Meeting (IGSM)



01-06-2015 / 06-06-2015

- Espoo, Finlandia
- Contact: felix@igsm.fi
- Website: http://www.igsm.fi

Second International course on Geotechnical and Structural Monitoring



04-06-2015 / 06-06-2015

- Poppi, Italia
- Contact: info@geotechnicalmonitoring.com
- Website: http://www.geotechnicalmonitoring.com

Second International course on Geotechnical and Structural Monitoring



09-06-2015 / 12-06-2015

■ Toronto, Canada

■ Contact: inquiries@optech.com

■ Website: http://www.optech.com/index.php/ai1ec_event/2015-imaging-lidar-solutions-conference-june-9-12-2015-downtown-toronto/?instance_id=222

Spatial Statistics: Emerging Patterns



09-06-2015 / 12-06-2015

■ Avignon, Francia

■ Contact: <http://www.spatialstatisticsconference.com/>

■ Website: <http://www.spatialstatisticsconference.com>

35th EARSeL Symposium 2015



15-06-2015 / 19-06-2015

■ Estocolmo, Suecia

■ Contact: secretariat@earsel.org

■ Website: <http://www.earsel.org/symposia/2015-symposium-Stockholm/index.php>

15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM2015



16-06-2015 / 25-06-2015

■ Bulgaria

■ Contact: sgem@sgem.org

■ Website: www.sgem.org

Advancing Geographic Information Science: The Past and Next Twenty Years



29-06-2015 / 03-07-2015

■ Maine, Estados Unidos

■ Contact: gwartell@usm.maine.edu

■ Website: <http://giscienceconferences.org/vespucci-2015week2/>

GI Forum 2015 - Geospatial Minds for Society



07-07-2015 / 10-07-2015

■ Salzburg, Austria

■ Contact: office@gi-forum.org

■ Website: www.gi-forum.org

1. Información general

MAPPING es una revista técnico-científica que tiene como objetivo la difusión y enseñanza de la Geomática aplicada a las Ciencias de la Tierra. Ello significa que su contenido debe tener como tema principal la Geomática, entendida como el conjunto de ciencias donde se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica, y su utilización en el resto de Ciencias de la Tierra. Los trabajos deben tratar exclusivamente sobre asuntos relacionados con el objetivo y cobertura de la revista.

Los trabajos deben ser originales e inéditos y no deben estar siendo considerados en otra revista o haber sido publicados con anterioridad. MAPPING recibe artículos en español y en inglés. Independientemente del idioma, todos los artículos deben contener el título, resumen y palabras claves en español e inglés.

Todos los trabajos seleccionados serán revisados por los miembros del Consejo de Redacción mediante el proceso de «Revisión por pares doble ciego».

Los trabajos se publicarán en la revista en formato papel (ISSN: 1131-9100) y en formato electrónico (eISSN: 2340-6542).

Los autores son los únicos responsables sobre las opiniones y afirmaciones expresadas en los trabajos publicados.

2. Tipos de trabajos

- **Artículos de investigación.** Artículo original de investigaciones teóricas o experimentales. La extensión no podrá ser superior a 8000 palabras incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 40 referencias bibliográficas. Cada tabla o figura será equivalente a 100 palabras. Tendrá la siguiente estructura: título, resumen, palabras clave, texto (introducción, material y método, resultados, discusión y conclusiones), agradecimientos y bibliografía.
- **Artículos de revisión.** Artículo detallado donde se describe y recopila los desarrollos más recientes o trabajos publicados sobre un determinado tema. La extensión no podrá superar las 5000 palabras, incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 25 referencias bibliográficas.
- **Informe técnico.** Informe sobre proyectos, procesos, productos, desarrollos o herramientas que no supongan investigación propia, pero que sí muestren datos técnicos interesantes y relevantes. La extensión máxima será de 3000 palabras.

3. Formato del artículo

El formato del artículo se debe ceñir a las normas

expuestas a continuación. Se recomienda el uso de la plantilla «Plantilla Texto» y «Recomendaciones de estilo». Ambos documentos se pueden descargar en la web de la revista.

- A. Título.** El título de los trabajos debe escribirse en castellano e inglés y debe ser explícito y preciso, reflejando sin lugar a equívocos su contenido. Si es necesario se puede añadir un subtítulo separado por un punto. Evitar el uso de fórmulas, abreviaturas o acrónimos.
- B. Datos de contacto.** Se debe incluir el nombre y 2 apellidos, la dirección, el correo electrónico, el organismo o centro de trabajo. Para una comunicación fluida entre la dirección de la revista y las personas responsables de los trabajos se debe indicar la dirección completa y número de teléfono de la persona de contacto.
- C. Resumen.** El resumen debe ser en castellano e inglés con una extensión máxima de 200 palabras. Se debe describir de forma concisa los objetivos de la investigación, la metodología empleada, los resultados más destacados y las principales conclusiones.
- D. Palabras clave.** Se deben incluir de 5-10 palabras clave en castellano e inglés que identifiquen el contenido del trabajo para su inclusión en índices y bases de datos nacionales e internacionales. Se debe evitar términos demasiado generales que no permitan limitar adecuadamente la búsqueda.
- E. Texto del artículo de investigación.** La redacción debe ser clara y concisa con la extensión máxima indicada en el apartado «Tipos de trabajo». Todas las siglas citadas deben ser aclaradas en su significado. Para la numeración de los apartados y subapartados del artículo se deben utilizar cifras arábigas (1. Título apartado; 1.1. Título apartado; 1.1.1. Título apartado). La utilización de unidades de medida debe seguir la normativa del Sistema Internacional.

El contenido de los **artículos de investigación** puede dividirse en los siguientes apartados:

- **Introducción:** informa del propósito del trabajo, la importancia de éste y el conocimiento actual del tema, citando las contribuciones más relevantes en la materia. No se debe incluir datos o conclusiones del trabajo.
- **Material y método:** explica cómo se llevó a cabo la investigación, qué material se empleó, qué criterios se utilizaron para elegir el objeto del estudio y qué pasos se siguieron. Se debe describir la metodología empleada, la instrumentación y sistemática, tamaño de la muestra, métodos estadísticos y su justificación. Debe presentarse de la forma más conveniente para que el lector comprenda el desarrollo de la investigación.

- **Resultados:** pueden exponerse mediante texto, tablas y figuras de forma breve y clara y una sola vez. Se debe resaltar las observaciones más importantes. Los resultados se deben expresar sin emitir juicios de valor ni sacar conclusiones.
- **Discusión:** en este apartado se compara el estudio realizado con otros que se hayan llevado a cabo sobre el tema, siempre y cuando sean comparables. No se debe repetir con detalle los datos o materiales ya comentados en otros apartados. Se pueden incluir recomendaciones y sugerencias para investigaciones futuras.
En algunas ocasiones se realiza un único apartado de resultados y discusión en el que al mismo tiempo que se presentan los resultados se va discutiendo, comentando o comparando con otros estudios.
- **Conclusiones:** puede realizarse una numeración de las conclusiones o una recapitulación breve del contenido del artículo, con las contribuciones más importantes y posibles aplicaciones. No se trata de aportar nuevas ideas que no aparecen en apartados anteriores, sino recopilar lo indicado en los apartados de resultados y discusión.
- **Agradecimientos:** se recomienda a los autores indicar de forma explícita la fuente de financiación de la investigación. También se debe agradecer la colaboración de personas que hayan contribuido de forma sustancial al estudio, pero que no lleguen a tener la calificación de autor.
- **Bibliografía:** debe reducirse a la indispensable que tenga relación directa con el trabajo y que sean recientes, preferentemente que no sean superiores a 10 años, salvo que tengan una relevancia histórica o que ese trabajo o el autor del mismo sean un referente en ese campo. Deben evitarse los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas.
Para citar fuentes bibliográficas en el texto y para elaborar la lista de referencias se debe utilizar el formato APA (*American Psychological Association*). Se debe indicar el DOI (*Digital Object Identifier*) de cada referencia si lo tuviera. Utilizar como modelo el documento «**Como citar bibliografía**» incluido en la web de la revista. La exactitud de las referencias bibliográficas es responsabilidad del autor.
- **Curriculum:** se debe incluir un breve curriculum de cada uno de los autores lo más relacionado con el artículo presentado y con una extensión máxima de 200 palabras.

En los **artículos de revisión e informes técnicos** se debe incluir título, datos de contacto, resumen y palabras claves, quedando el resto de apartados a consideración

de los autores.

F. Tablas, figuras y fotografías. Se deben incluir solo tablas y figuras que sean realmente útiles, claras y representativas. Se deben numerar correlativamente según la cita en el texto. Cada figura debe tener su pie explicativo, indicándose el lugar aproximado de colocación de las mismas. Las tablas y figuras se deben enviar en archivos aparte, a ser posible en fichero comprimido. Las fotografías deben enviarse en formato JPEG o TIFF, las gráficas en EPS o PDF y las tablas en Word, Excel u Open Office. Las fotografías y figuras deben ser diseñadas con una resolución mínima de 300 pixel por pulgada (ppp).

G. Fórmulas y expresiones matemáticas. Debe perseguirse la máxima claridad de escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio. En el texto se deben numerar entre corchetes. Utilizar editores de fórmulas o incluirlas como imagen.

4. Envío

Los trabajos originales se deben remitir preferentemente a través de la página web <http://www.mappinginteractivo.es> en el apartado «**Envío de artículos**», o mediante correo electrónico a info@mappinginteractivo.es. El formato de los archivos puede ser Microsoft Word u Open Office y las figuras vendrán numeradas en un archivo comprimido aparte.

Se debe enviar además una copia en formato PDF con las figuras, tablas y fórmulas insertadas en el lugar más idóneo.

5. Proceso editorial y aceptación

Los artículos recibidos serán sometidos al Consejo de Redacción mediante «**Revisión por pares doble ciego**» y siguiendo el protocolo establecido en el documento «**Modelo de revisión de evaluadores**» que se puede consultar en la web.

El resultado de la evaluación será comunicado a los autores manteniendo el anonimato del revisor. Los trabajos que sean revisados y considerados para su publicación previa modificación, deben ser devueltos en un plazo de 30 días naturales, tanto si se solicitan correcciones menores como mayores.

La dirección de la revista se reserva el derecho de aceptar o rechazar los artículos para su publicación, así como el introducir modificaciones de estilo comprometiéndose a respetar el contenido original.

Se entregará a todos los autores, dentro del territorio nacional, la revista en formato PDF mediante enlace descargable y 1 ejemplar en formato papel. A los autores de fuera de España se les enviará la revista completa en formato electrónico mediante enlace descargable.

Suscripción a la revista Mapping

Subscriptions and orders

Datos del suscriptor / Customer details:

Nombre y Apellidos / Name and Surname: _____
Razón Social / Company or Institution name: _____ NIF-CIF / VAT Number: _____
Dirección / Street address: _____ CP / Postal Code: _____
Localidad / Town, City: _____ Provincia / Province: _____
País - Estado / Country - State: _____ Teléfono / Phone: _____
Móvil / Mobile: _____ Fax / Fax: _____
e-mail: _____ Fecha / Order date: ____/____/____

PAPEL

SUSCRIPCIÓN ANUAL / SUBSCRIPTION:

- España / Spain : 60€
- Europa / Europe: 90€
- Resto de Países / International: 120€

Precios de suscripción por año completo 2015 (6 números por año) Prices year 2015 (6 issues per year)

NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:

- España / Spain : 15€
- Europa / Europe: 22€
- Resto de Países / International: 35€

Los anteriores precios incluyen el IVA. Solamente para España y países de la UE The above prices include TAX Only Spain and EU countries

DIGITAL

SUSCRIPCIÓN ANUAL / ANNUAL SUBSCRIPTION:

- Internacional / International : 25€

Precios de suscripción por año completo 2015 (6 números por año) en formato DIGITAL y enviado por correo electrónico / Prices year 2015 (6 issues per year)

NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:

- Internacional / International : 8€

Los anteriores precios incluyen el IVA. Solamente para España y países de la UE The above prices include TAX Only Spain and EU countries

Forma de pago / Payment:

Transferencia a favor de eGeoMapping S.L. al número de cuenta CAIXABANK, S.A.:

2100-1578-31-0200249757

Bank transfer in favor of eGeoMapping S.L., with CAIXABANK, S.A.:

IBAN nº: ES83-2100-1578-3102-0024-9757 (SWIFT CODE: CAIXAESBXXX)

Distribución y venta / Distribution and sale:

Departamento de Publicaciones de eGeoMapping S.L.

C/ Linneo 37. 1ºB. Escalera central. 28005-Madrid

Tels: (+34) 91 006 72 23; (+34) 655 95 98 69

e-mail: info@mappinginteractivo.es

www.mappinginteractivo.es

Firma _____



TOPCON GNSS RECEIVERS

Batería De Larga Duración

Bluetooth Incorporado

Robusto

Varios canales (multi-canal)

GPS+ GLONASS

Tecnología Inspirada

Comunicación Dual

GSM or CDMA

Precisión RTK

Fabricado en USA

Ligero



A veces necesita un receptor rover rápido y ágil. Otras veces necesita el receptor más resistente y sofisticado del planeta. No importa lo que necesite, se merece la tecnología más avanzada.

Desde hace más de una década, Topcon ha liderado la innovación en tecnología GNSS.

Y seguimos haciéndolo hoy.

www.topconpositioning.es



MINISTERIO DE FOMENTO
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

cartografía digital



Oficina central y comercialización:
General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID
Teléfono: +34 91 597 94 53 • Fax: +34 91 553 29 13
e-mail: consulta@cnig.es

CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN 1000, 50, 200, 25),

MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50,25),

MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT1000, 200, 25),

LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,
ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA, CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.