

Producción de Ortofotos Históricas para la generación de bases de datos temáticas. Cartografía de usos y coberturas del suelo (REDIAM).

J.J. Vales², I.R. Carpintero², L. Granado², E. Méndez², G. Montoya², I. Pino², R. Prieto², F. Giménez de Azcarate², F. Cáceres¹, J. M. Moreira¹.

¹ DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE E INFORMACIÓN AMBIENTAL. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Avda. Manuel Siurot, 50, 41071. Sevilla (España). Telf: 955003429, Fax. 955003795. Correo electrónico: {josem.moreira, francisco.caceres}@juntadeandalucia.es

² DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN. Agencia de Medio Ambiente y Agua, Johan Gutenberg, 1 (Isla de la Cartuja), 41092 Sevilla (España). Telf: 955044529, Fax. 955625140. Correo electrónico: {fgimenezdeazcarate, jvales, emendez, gmontoya, icarpintero, ipino, lgranado, rprieto}@agenciademediambienteyagua.es

RESUMEN

Con objeto de dotar de información multitemporal a las cartografías temáticas en diferentes ámbitos competenciales de la CMA y en especial la cartografía de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo, es necesario partir de la información histórica disponible y concretamente de los vuelos fotogramétricos históricos a partir de los cuales generar las Bases de Referencia Territoriales Históricas. Para ello, desde la Rediam se ha llevado a cabo la Ortorectificación de vuelos con cobertura completa regional: Vuelo americano de 1956; Vuelo Interministerial de 1977-78 (comúnmente denominado IRYDA) y Vuelo General de 1984-85. El artículo describe el proceso y metodología desarrollada para la obtención de Bases de referencia a partir de la ortorectificación de varios vuelos de todo el ámbito regional, cuyo desarrollo tiene ciertas variaciones respecto al proceso fotogramétrico clásico debido a que se trata de documentación histórica.

Palabras Clave: Vuelo Fotogramétrico, Ortofotografía, Modelo Digital de Elevaciones (MDE), Aerotriangulación.

ABSTRACT

With the aim of giving multi-temporal information to the thematic cartography produced by the Regional Ministry of Environment of Andalusia (Spain), especially the land use and vegetation cover cartography, the use of historical photogrammetric flights has been considered to generate historical reference maps. REDIAM has carried out the ortho-rectification of the whole regional photogrammetric flights: the American flight (1956), the Inter-ministerial or IRYDA flight (1977-78) and the General Flight of Spain (1984-85). This paper describes the process and the methodology developed to obtain reference maps from the ortho-rectification of different flights covering the whole region of Andalusia (Spain). The process is different than the classic photogrammetric process due to the use of historical references.

Key Words: Photogrammetric flight, Orthoimage, Digital Elevation Model (DEM), Reference Mapping, Aerotriangulation.

INTRODUCCIÓN

La CMA tiene un gran interés en la formación y actualización de bases de datos geográficas fiables y consistentes, para dar soporte al desarrollo de sus competencias en materia de medio ambiente. Entre éstas, destacan las Bases de Datos de Cartografía de Usos y Coberturas del Suelo que se iniciaron a escala 1:25.000 en 1999 y se han venido actualizando con una periodicidad de 4 años (2003, 2007,...) a

partir de imágenes de Ortoimágenes de satélite y Ortofotografías aéreas.

Para llevar a cabo un análisis multitemporal del territorio en un período de tiempo más amplio y dotar de información histórica de detalle a estas BDG, es necesario partir de vuelos fotogramétricos históricos que se han realizado en diferentes años y con diferentes objetos sobre el territorio nacional, y concretamente los que lo cubren totalmente (Ver Tabla 1). En base a disponibilidad y cobertura regional, la CMA ha

llevado a cabo la Ortorectificación de los vuelos que marcan hitos o son de mayor interés desde el punto de vista medioambiental.

Estos procesos generan una serie de productos (Ortofotografías, MDE, Fotogramas Orientados,...) que conforman las Bases de Referencia Histórica complementando a las Bases de Referencia actuales de la Rediam.

Los primeros trabajos se iniciaron en 2004 sobre el vuelo americano de 1956 b/n 1:33.000 (Serie B). Posteriormente, en 2008 se ha continuado con el Vuelo Interministerial de 1977-78 b/n a escala 1:18.000 (comúnmente denominado IRYDA) y con el Vuelo General de España de 1984-85, b/n a escala 1:30.000. Actualmente se dispone de la Cartografía de Usos y Coberturas Vegetales de 1956 y se está produciendo la correspondiente a los otros dos vuelos históricos en base a las Ortofotografías y Modelos Digitales obtenidos.

VUELOS DE INTERES AMBIENTAL

ANO	VUELOS	ORGANISMO	ESCALA/PELIC
1945-1946	Americano. Serie A	AMS	44.000 BIN
1956-1967	Americano. Serie B	AMS-CECAF	33.000 BIN
1967-1968	Nacional. Serie C.	MFOM (IGN)	33.000 BIN
1977-1982	IRYDA	MAPA, MFOM, MDEF, MEH	18.000 BIN
1982-1992	Territorial	Junta de Andalucía (COPT)	25.000 BIN
1984-1985	Nacional. Serie D	MFOM (IGN)	30.000 BIN
1989-1990	Vuelo Costas	D.G. Costas	6.000 Color
1987-1990	Territorial	MAPA (INDO) - CATASTRO	18.000 BIN
1991-1996	Territorial	Junta de Andalucía.	20.000 BIN
1992-2005	Vuelo Quinquenal. Serie 40.000	CECAF	40.000 BIN
1996-1996	Territorial	Junta de Andalucía (COPT)	60.000 Color
1996-2000	General	MFOM (IGN)	40.000 BIN
1997-1998	Olystat	MAPA	40.000 BIN
1998-1999	Territorial	Junta de Andalucía (COPT-CAP-CMA)	60.000 Color
1999-2003	Vuelo Quinquenal. Serie 40.000	MFOM (IGN)	40.000 BIN
2001-2002	Andalucía	Junta de Andalucía (COPT-CAP-CMA)	20.000 BIN
2004-2007	Vuelos recientes	Junta de Andalucía (COPT-CAP-CMA)- MFOM (IGN)	NP Color
2008-2009	Vuelos recientes	Junta de Andalucía (CVOT)-MFOM (IGN)	NP Color
2010-2011	Vuelos actuales	Junta de Andalucía (CVOT)-MFOM (IGN)	NP Color
2005-2015	Vuelo Quinquenal. Serie 40.000	CECAF	40.000 BIN

Tabla 1. Vuelos Fotogramétricos Históricos y actuales sobre ámbito regional de Andalucía. (Cian: Vuelos de interés; Amarillo Vuelo de referencia (2001-02); Blanco: Otros).

Ante la disponibilidad, estado y cobertura, la CMA en su interés en los vuelos anteriores a 1997-98, para realizar una evaluación del estado del territorio tanto desde el punto de vista de los cambios como de la conservación de los usos del suelo, selecciona 3 vuelos de interés ambiental. Algunos aspectos para elección de estos vuelos:

1956-57, Vuelo americano (Serie B): Además del detalle del territorio proporcionado por este (relacionado directamente con su escala de realización, 1:33.000) frente al obtenido con el vuelo de la Serie A (1945-46) existen otros aspectos relevantes vinculados a la fecha de obtención. Tiene una gran importancia urbanística, ya que coincide con la aprobación en 1956 de la primera Ley del Suelo estatal española, es por ello que las administraciones públicas han considerado legal aquellas

edificaciones que aparecen en estas fotografías, sin considerar otros elementos como las licencias y autorizaciones (1956-2007, Medio Siglo de Cambios en Andalucía).

1977-78, Vuelo Interministerial (IRYDA). Resulta de un gran interés por la calidad de conservación, cobertura territorial pero sobre todo por el detalle que ofrece del territorio debido a la escala con la que fue realizado (1:18.000) comparable con el vuelo b/n de 2001-02. Constituye el punto intermedio entre 1956 y otros más actuales que han sido ortorectificados (Olystat 1997-98, y Territorial de Andalucía 1988-89). Sin olvidar la aportación que realizaría a Ley de Espacios Naturales Protegidos de reciente creación (1975), este vuelo precedió a la época constitucional española, marcando un hito importante referenciar los grandes cambios socioeconómicos que marcaron el territorio nacional pero más concretamente la región andaluza en los años posteriores. Entre otros, en relación a las actuaciones forestales, estas imágenes suponen un antes y un después en relación a las actuaciones de repoblaciones forestales.

1984-85, Vuelo General de España. Aunque en Andalucía se disponía de otro vuelo de la misma época (Territorial de Andalucía), este vuelo proporciona un detalle del territorio mucho mayor (escala 1:30.000). Este tiene una relevancia nacional ya que aporta una visión del territorio previa a la incorporación de España en la Unión Europea (1986) y a los cambios que la Política Agraria Común (PAC) provocaría en el territorio nacional pero muy especialmente en Andalucía. Además este vuelo precedió la implantación del Plan Forestal de Andalucía (1989). Mencionar que en 1984 se crea la Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (AMA) que daría lugar a la CMA en 1996. Por otro lado, en esta época coincidiendo con la aparición de los SIG en Andalucía, se crearía el Sistema de Información Ambiental (SinamabA) que precedió a la REDIAM

COLABORACIONES INSTITUCIONALES.

El desarrollo de estos trabajos ha sido posible en base a una serie de colaboraciones institucionales entre la CMA y otros organismos:

CECAF (Abril de 2006). El CECAF (MDEF) aporta los fotogramas (7243 que cubren Andalucía) para su posterior escaneado por parte de la CMA.

CNIG (Octubre de 2008). El CNIG (MFOM) proporciona a la CMA las colecciones de fotogramas escaneados tanto 1977-78 como de

1984-85 (disponibles con 20%p) de trabajos realizados previamente. Por otro lado, el CNIG responsable de la custodia del vuelo de 1984, prestará la colección completa de negativos del vuelo 1984-85 para completar la colección de fotogramas escaneados de dicho vuelo (es decir con 60%p) y algunos fotogramas del vuelo 1977-78 que custodia.

MMAMRyM. Mediante esta colaboración, el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (responsable de la custodia de la mayor parte del vuelo de 1977-78), prestará la colección completa de negativos de este vuelo para completar igualmente la colección de fotogramas escaneados (60% de recubrimiento).

METODOLOGIA DEL PROCESO DE PRODUCCION

La metodología seguida es similar a la seguida para vuelos con cámaras fotogramétricas analógicas (ya en desuso). Comprende las fases: Recopilación de información del vuelo (VF); escaneado de fotogramas (ES); definición de bloques de trabajo; obtención de puntos de apoyo de segundo orden (AC); Aerotriangulación (AT); actualización hacia atrás del MDE (EL); Ortorectificación, ajuste radiométrico (homogeneización) y mosaicado (OF). La principal diferencia respecto al proceso clásico de un vuelo actual son las limitaciones en cuanto a disponibilidad de posición para los CDP y la obtención de puntos de apoyo, imposibilitando en muchos casos la obtención de puntos sobre las fotografías históricas.

Datos de Partida

Disponer de productos previos aporta la posibilidad de reutilización en los procesos de Ortorectificación ya sean hacia adelante (sobre vuelos actuales) o hacia atrás (sobre vuelos históricos). Esto redundará en calidad del proceso y consistencia geométrica interna y externa. Se ha hecho uso de: Red de Puntos de Apoyo (RPA) de la Rediam; el MDE de mayor calidad y antigüedad (2001-02); y de los certificados de calibración disponibles de los vuelos históricos.

Recopilación y Escaneado (ES)

En base a las relaciones institucionales establecidas por la CMA para la obtención de los vuelos fotogramétricos de interés, se han llevado a cabo procesos de recopilación tanto de documentación en formato analógico (fotogramas, gráficos de vuelo, certificados de calibración disponibles,...) como en digital

(fotogramas disponibles, Bases de Datos de centros de proyección,...). Ha sido necesario realizar unos controles de calidad previos a los procesos de producción para tener controlada tanto la documentación, como sus limitaciones (cobertura territorial, disponibilidad,...). (Ver Tabla 2).

ORG.	VUELO	ESCALA	Nº FOTOS	RESOL. ESCAN. (µm)	ESCANEO	Foto GSD (m)	Orto GSD (m)
Junta And.	2001-02	20.000	27.000	15	Realizado en el Proyecto	0,30	0,5
CECAF	1956-57	33.000	7.243	21	Realizado en el Proyecto	0,69	1
MMAMRyM	1977-78	18.000	13.650	25	50% CNIG (Cobertura al 20%p)	0,45	0,5
			13.650	25	Realizado en el Proyecto		
			27.300	15	Opción desechada	0,27	0,5
MFOM	1984-85	30.000	4.500	25	50% CNIG (Cobertura al 20%p)	0,75	1
			4.500	25	Realizado en el Proyecto		
			9.000	15	Opción desechada	0,45	0,5

Tabla 2. Características básicas: VF y ES.

Apoyo Topográfico de Campo (AC) y Aerotriangulación (AT)

La mayor parte de los puntos de la RPA (con coords XYZ en campo= Apoyo de 1er Orden) resultaban identificables. Por ello se ha recurrido a la utilización de puntos con obtención directa de XYZ sobre pares estereoscópicos (Apoyo 2º Orden) para 1977-78 y 1984-85. Para la Orientación del Vuelo de 1956-57 se recurrió incluso a la obtención de puntos sobre la Ortofotografía (XY) e interpolación sobre el MDE (Z), ambos productos correspondientes al Vuelo de 2001-02. (Ver Tabla 3).

VUELO	COORDS	FUENTE DE INFORMACION	PUNTOS DE APOYO	Nº BLOQ. AT	TAMANO BLOQUES AT	PRECISION BLOQUES AT
2001-02	X, Y, Z	GPS...	Control		Hojas 100	
	X, Y, Z	GPS...	Check	76	2x2 Hojas 50	GSD Vuelo
	X, Y, Z (*)	Vuelo 2001-02	Paso y Enlace		o variaciones	
1956-57	X, Y	Orto 2001-02	Control	41	Irregular	NO
	Z	MDE 2001-02	Control			
	X, Y, Z (*)	Vuelo 1956	Paso y Enlace			
1977-78	X, Y	Vuelo 2001-02	Control (Esqu Bloq)		Aproximad	
	Z	Vuelo 2001-02	Control (Interior Bloq)			
	X, Y, Z	RPA	Check (Interior Bloq)	25	3x3 Hojas 50	GSD Vuelo
	Z	Vuelo 2001-02 (Cálculo)	Paso y Enlace		o variaciones	
1984-85	X, Y, Z (*)	Vuelo 1977-78	Paso y Enlace			
	X, Y, Z	Vuelo 2001-02; Olystat 1988; Vértices Geod. RPA	Control		Aproximad	2xGSD Vuelo
	X, Y, Z	Vuelo 2001-02; Olystat 1988; Vértices Geod. RPA	Check	14	5x5 Hojas 50	
	X, Y, Z (*)	Vuelo 1984-85	Paso y Enlace		o variaciones	

Tabla 3. Características básicas: AC y AT.

MDE del terreno (EL)

El escaneado de las colecciones completas de fotogramas (fundamentalmente en los vuelos de 1977-78 y 1984-85) ha posibilitado un cálculo de aerotriangulaciones más riguroso y clásico. Este hecho ha posibilitado la edición interactiva sobre el MDE de partida. Este hecho es imposible con recubrimiento de fotogramas del 20%. Además contar con un MDE adaptado al terreno mejora la calidad geométrica de las Ortofotografías. Se ha utilizado el MDE del vuelo de 2001-02 como

producto de partida para realizar su actualización “hacia atrás” hasta las fechas de los vuelos (Villa, G. 2008). (Ver Tabla 4).

VUELO	OBTENCION DE MDE	MALLA MDE (m)	MDE RMSE (z)	ORTOFOTO GSD (m)	ORTOFOTO RMSE (X, Y)	MDE RMSE (Z) Puntos de AT
2001-02	Vuelo 2001-02	10	2	0,5	1	1
	Correlación + Breaklines + Edición					
1956-47	MDE de 2001-02 (Sin edición)	10	NP	1	NP	
1977-78	MDE de 2001-02 (Edición = Actualización hacia atrás)	10	2	0,5	1	1
1984-85	MDE de 2001-02 (Edición = Actualización hacia atrás)	10	2	1	2	1

Tabla 4. Características básicas EL y OF.

Generación de Ortofotografías (OF)

Además de la Ortorectificación de los fotogramas se han llevado a cabo ajustes radiométricos y mosaicado de fotogramas para obtener productos geométrica y radiométricamente continuos en todo el territorio. (Ver Tabla 4).

RESULTADOS Y DIFUSION

Todos los productos obtenidos en los 3 proyectos de Ortorectificación se integran en el Catálogo de Información Ambiental de la REDIAM y se ponen a disposición de los usuarios mediante las vías más adecuadas (accesibles a través del Canal de la Rediam): Servicios OGC (WMS), Visor-Descargas de Imágenes del Territorio, ediciones en DVD,... (Ley 27/2006 de acceso...) . (Ver Figura 1).



Figura 1. Ejemplo de evolución del territorio.

CONCLUSIONES

Para la obtención de cartografía temática con rigor geométrico son necesarios procesos de Ortorectificación de los vuelos. Es fundamental disponer de la totalidad de fotogramas (recubrimiento 60%) para hacer más ágiles y robustos los procesos de AT, además es imprescindible para la edición del MDE (actualización hacia atrás) y por tanto mejorar la calidad de la Ortofotografía. Es fundamental la reutilización de productos disponibles (puntos de

apoyo, MDE,...) para que los productos obtenidos tengan una coherencia geométrica interna y externa y el ahorro de costes en la producción.

La metodología utilizada es válida para otros vuelos y zonas del territorio. Los vuelos utilizados de referencia (apoyo) deben ser similar o mayor escala que los que se pretende ortorectificar y homogéneos sobre todo el territorio. A nivel nacional se dispone de estos vuelos (PNOA) orientados (y sus MDE, Ortos correspondientes). Las Ortofotografías obtenidas responden perfectamente a las necesidades de fotointerpretación y producción de Cartografía de Usos del Suelo y Coberturas Vegetales. Las diferencias de MDE proporcionan cambios bruscos de uso del suelo (embalses, infraestructuras,...).

BIBLIOGRAFÍA

ARAZARENA VILLAR, A. (2009) “El PNOT en España como sistema básico de información del Medio Ambiente”. (CONAMA 09).

Catálogo de Información Ambiental. Rediam. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/rediam/>

Estrategia Forestal Española y Plan Forestal de España. MMAMRyM. Área de Medio Ambiente. http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/estrategia_monte/

HERMOSILLA CÁRDENAS, F.J. (2010). “PNOA 25-50 cm. Estado actual”. *Asamblea PNOA*. Toledo, 4 Marzo 2010.

LEY 27/2006 de 18 Julio, sobre derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de Medio Ambiente (incorpora las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE). BOE nº 171 de 19 Julio 2006).

REAL DECRETO 1071/2007, de 27 Julio, por el que se regula el Sistema Geodésico de Referencia Oficial en España. BOE nº 207 de 20/08/2007, pp35986-35989.

VILLA, G. “Aspectos Técnicos y Económicos del PNOA Histórico”. *Jornada Técnica PNOA* (7 mayo 2008).

AGRADECIMIENTOS

A las empresas productoras por su participación: Stereocarto S.L. (1956-47), Omega Cartografía Digital. S.L (1977-78), Venturo XXI (1984-85).