

Vales, J.J., Carpintero, I.R., Granado, L., Méndez, E., Montoya, G., Pino, I., Prieto, R., Giménez de Azcarate, F., Cáceres, F. y Moreira, J.M. (2010): Estudios de áreas afectadas de inundación en las cuencas del Guadalquivir y Guadalete a partir de imágenes radar del satélite Terrasar-X. REDIAM. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 587-596. ISBN: 978-84-472-1294-1

## ESTUDIO DE AREAS AFECTADAS DE INUNDACIÓN EN LAS CUENCAS DEL GUADALQUIVIR Y GUADALETE A PARTIR DE IMÁGENES RADAR DEL SATÉLITE TERRASAR-X. REDIAM

*J.J. Vales<sup>2</sup>, I.R. Carpintero<sup>2</sup>, L. Granado<sup>2</sup>, E. Méndez<sup>2</sup>, G. Montoya<sup>2</sup>, I. Pino<sup>2</sup>, R. Prieto<sup>2</sup>, F. Giménez de Azcarate<sup>2</sup>, F. Cáceres<sup>1</sup>, J. M. Moreira<sup>1</sup>*

(1) Dirección General de Desarrollo Sostenible e Información Ambiental, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Avda. Manuel Siurot, 50, 41071 - Sevilla [josem.moreira@juntadeandalucia.es](mailto:josem.moreira@juntadeandalucia.es), [francisco.caceres@juntadeandalucia.es](mailto:francisco.caceres@juntadeandalucia.es)

(2) Departamento de Comunicación y Sistemas de Información, Empresa de Gestión Medioambiental S.A., Johan Gutenberg, 1 (Isla de la Cartuja), 41092 Sevilla {[fgimenezdeazcarate](mailto:fgimenezdeazcarate), [jvales](mailto:jvales), [icarpintero](mailto:icarpintero), [lgranado](mailto:lgranado), [emendez](mailto:emendez), [gmontoya](mailto:gmontoya), [ipino](mailto:ipino), [rprieto](mailto:rprieto)}@egmasa.es

### RESUMEN

Las intensas precipitaciones acaecidas en los meses invernales del presente año hidrológico 2009-2010 en toda la región andaluza, han propiciado se produzcan inundaciones en diferentes ámbitos de la región y más concretamente en ámbitos cercanos a las llanuras de inundación de diferentes cuencas hidrográficas. En este sentido es imprescindible estudiar el alcance de la lámina de agua producida por estas crecidas y desbordamientos proporcionando esta situación la mejor oportunidad de cartografiar este aspecto, obteniéndolo directamente y no en base a modelos de simulación. Con este fin se ha hecho uso de la Teledetección mediante la tecnología Radar para la adquisición de imágenes de varios ámbitos de interés, a partir de las cuales se ha obtenido la localización y caracterización de las áreas afectadas. El presente artículo describe los trabajos realizados para la obtención de cartografía de áreas afectadas de inundación en fases de emergencia en cinco ámbitos de la región andaluza, en donde el grado de afección ha sido especialmente relevante, concretamente en la Cuenca Guadalquivir (Andújar-Villa del Río; Alcolea-Córdoba; Palma del Río-Lora del Río; Alcolea del Río-Sevilla) y en la Cuenca del Guadalete.

Palabras Clave: Inundación, Radar, Teledetección, Año Hidrometeorológico, Rediam.

### ABSTRACT

*The intense precipitations happened in the winter months of the present hydrological year 2009-2010 in the whole Andalusian region, have propitiated water floods they take place in different environments of the region and more concretely in near environments to the flood plains of different river basins. In this sense it is indispensable to study the reach of the sheet of water taken place by these grown ones and overflows providing this situation the best opportunity to cartography this aspect, obtaining it directly and not based on simulation models. With this end the Remote Sensing by means of the technology Radar for the acquisition of images of several environments of interest, starting from which it has been obtained the localization and characterization of the affected areas. The present article describes the works carried out for the obtaining flood mapping affected areas in emergency phases in five environments of the Andalusian region where the affection degree has been specially excellent, concretely in the Guadalquivir Basin (Andújar-Villa del Río; Alcolea-Córdoba; Palma del Rio-Lora del Rio; Alcolea del Rio-Seville) and in the Guadalete Basin.*

Key Words: Water floods, Radar, Remote Sensing, Hydrometeorological Year, Rediam.

## INTRODUCCIÓN.

La Observación de la Tierra a partir de sensores satelitales proporciona una importante fuente de información del territorio que permite llevar a cabo análisis y evaluación de diferentes parámetros y fenómenos ambientales a través del tratamiento de las imágenes y la obtención de indicadores ambientales. Pero además este conjunto de técnicas permiten llevar a cabo la vigilancia o el seguimiento de desastres naturales entre los que se encuentran los incendios forestales, las inundaciones, terremotos,... En este sentido la disponibilidad de información en tiempo real en la fase de emergencia es fundamental para dar soporte a la toma de medidas durante el desastre y también para las actuaciones posteriores de los gestores de la administración competente.

Las intensas y fuertes precipitaciones producidas en invierno y primavera del presente año hidrológico 2009-2010 en toda la región andaluza, han propiciado se produzcan inundaciones en diferentes ámbitos. La prolongada situación de lluvias ha provocado el llenado de los embalses de la región superando incluso su capacidad de embalsado. Las necesidades de regulación de embalsado pueden haber incrementado el efecto de las precipitaciones en diferentes tramos de ríos como el Guadalquivir. El objeto de los trabajos descritos en este artículo es detectar el alcance de la lámina de agua producida por estas crecidas e inundaciones obteniendo posteriormente una cartografía y caracterización de las mismas a partir de observación directa del territorio durante el desarrollo del fenómeno y no en base a modelos de simulación (en base a Modelos de Elevaciones y estudios hidrológicos).

El ámbito de desarrollo de los fenómenos y la cobertura nubosa que ha presentado la región durante el período de lluvias dificulta el estudio mediante sensores con bandas en el espectro visible. Por ello se ha recurrido a la tecnología Radar (para la obtención de imágenes), que permite observar tanto el terreno como las masas de agua en cualquier circunstancia, incluso con cobertura nubosa (ya que este factor no afecta al mismo) y que mediante adecuados tratamientos e interpretación permite discernir ámbitos afectados u ocupados por agua. A continuación se describen los trabajos desarrollados para la captura de imágenes (desarrollada entre el 27 de Febrero y el 8 de Marzo de 2010) y la posterior obtención de cartografía de áreas afectadas de inundación.

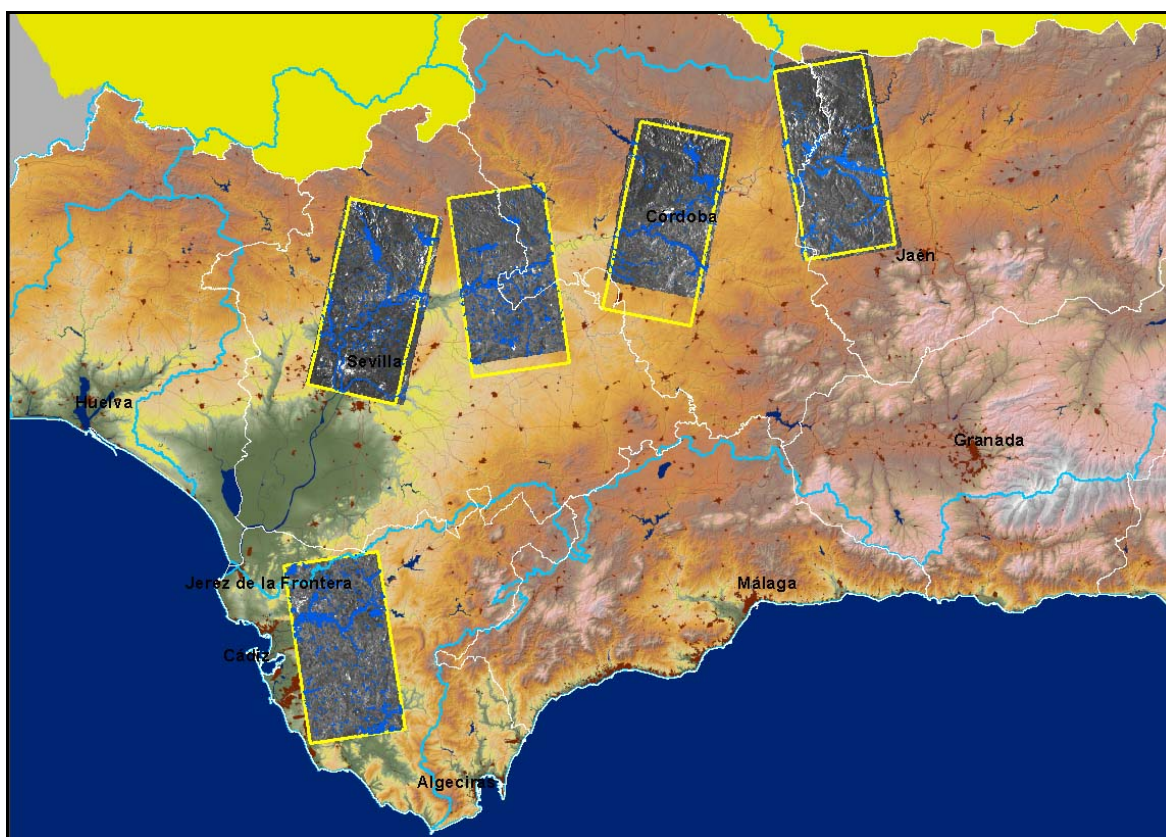


Figura 10. Localización de los 5 ámbitos de estudio en Cuencas del Guadalquivir y Guadalete.

## **ANTECEDENTES.**

Andalucía se ha convertido en los últimos años en una región pionera y privilegiada desde el punto de vista de la disponibilidad de información geográfica generada a través de nuevas tecnologías de la información. Son numerosos los estudios y proyectos de investigación que, aprovechando esta ventaja, se desarrollan desde otros países sobre el territorio andaluz, ensayando metodologías y procedimientos novedosos, entre los que los análisis con imágenes de satélite ocupan un lugar destacado. A este hecho ha contribuido el que, desde los años 80, las autoridades ambientales de la Comunidad Autónoma apostasen por el uso intensivo de dicha tecnología a través de un Sistema de Información Ambiental integrado hoy en día en la Red de Información Ambiental de Andalucía (Rediam).

De esta forma la Teledetección está suponiendo una revolución en el análisis territorial, ya que no es sólo una herramienta que permite obtener datos geográficos de calidad, sino que es la plasmación misma de la explicación de fenómenos y variables a través de la interrelación en el espacio y el tiempo de los recursos naturales y la actividad humana. La amplia extensión superficial de Andalucía y la abundante presencia de fenómenos extremadamente dinámicos, con gran incidencia espacial, hacen obligado el uso de imágenes de satélite para la obtención de datos del territorio.

Desde 1983 las imágenes de satélite constituyen, un instrumento fundamental en la generación de información ambiental integrada en los Sistemas de Información Ambientales que constituyen la actual Red de Información Ambiental. El hecho de llevar más de 20 años aplicando esta tecnología al análisis y gestión de cuestiones ambientales, además de dar lugar a la creación de uno de los mayores bancos de imágenes satelitales disponibles para un territorio de una región europea, ha permitido ir consolidando numerosos proyectos que comenzaron siendo de I+D+i y han continuado siendo integrados en procedimientos de gestión. Tal es el caso de la evaluación de riesgos y catástrofes ambientales, entre los que se encuentran los estudios de aéreas afectadas de inundación producidas en la región andaluza en el invierno de 2010.

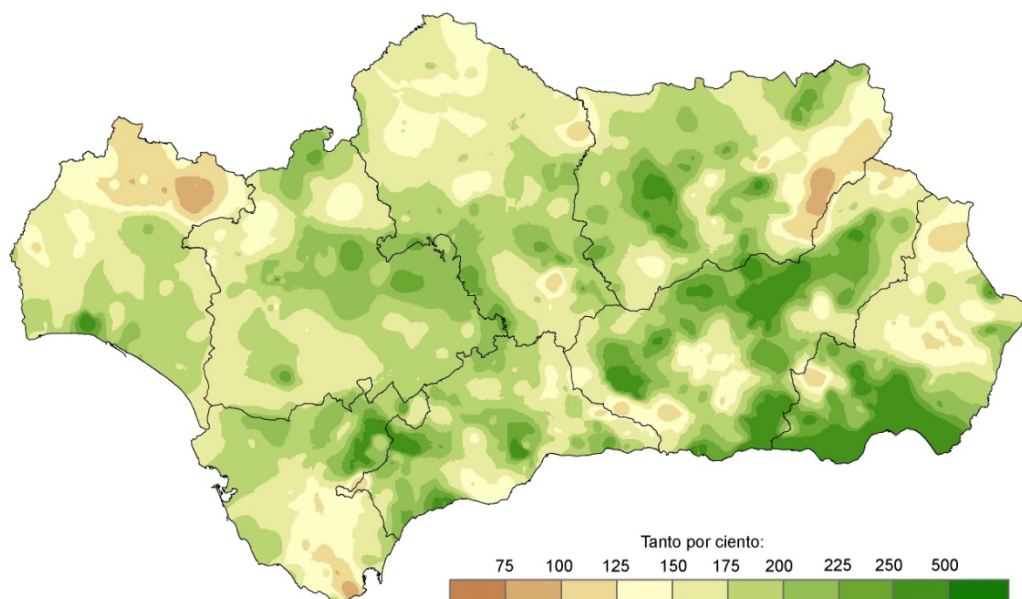
## **EL AÑO HIDROMETEOROLÓGICO 2009-2010.**

Si bien en su inicio el carácter de la climatología fue muy seco y hacía temer el agravamiento de la situación de sequía en la que se encontraba la región, el año hidrometeorológico 2009-2010 (1 Septiembre 2009 – 31 Agosto 2010) ha destacado por su elevada pluviometría llegando a alcanzar valores que superan en el doble o triple los que se consideran normales.

A partir de mediados del mes de diciembre 2009 las precipitaciones han sido muy abundantes y generalizadas permitiendo la superación de la situación de sequía en la práctica totalidad de la región. La situación sinóptica ha destacado en estos últimos meses por la continua entrada de perturbaciones frontales atlánticas que, complementada en ocasiones por masas frías continentales, han dado lugar a un predominio de precipitaciones abundantes, temperaturas bajas y, en más ocasiones de lo habitual, a la ocurrencia de nevadas que incluso han afectado a zonas donde no se producían desde hace décadas.

A pesar del impacto negativo de estas lluvias en forma de inundaciones y pérdida de cultivos, también han contribuido a la importante mejora en la disponibilidad de recursos hídricos que beneficiará al sector agrario en los próximos años.

Los datos disponibles a través de la Red de Información Ambiental de Andalucía, de los que se ofrece un resumen en la tabla adjunta, revelan que en todas las capitales andaluzas se ha superado ya el valor medio del periodo 1971-2000 (período de referencia actual). Destacan especialmente los valores alcanzados en Andalucía Oriental registrándose en Almería, Granada y Jaén precipitaciones acumuladas que suponen respectivamente el 323, 224 y 235% de las precipitaciones medias de referencia. En el resto de la región los valores han sido también muy significativos situándose entre el 150 y el 200% de los valores medios de referencia.



**Figura 2.** Desviaciones.

**Figura 2.** Desviaciones de las precipitaciones totales en el Año Hidrometeorológico hasta el mes de marzo de 2010 respecto a la media 1971-2000 (período de referencia). Fuente: Subsistema de Climatología Ambiental de la Rediam, 2010

**Tabla 1.** Valores medios y desviaciones de las precipitaciones y días de lluvia en el primer cuatrimestre del Año Hidrometeorológico 2009-2010 en principales ciudades de ámbitos de trabajo. Fuente: Subsistema de Climatología Ambiental de la Rediam, 2010.

Ciudad	Precipitación 12/2009-03/2010 (mm)	Precipitación media 1971-2000 (mm)	Desviación (%)	Días de lluvia 12/2009-03/2010	Días de lluvia 1971 - 2000	Desviación (%)
Córdoba	740,8	298,1	248,5	98	31,0	316,1
Villa del Río	754,5	250,6	301,1	95	31,0	306,5
Lora del Río	858,7	257,8	333,0	82	26,0	315,4
Palma del Río	838,1	249,7	335,6	90	24,0	375,0
Jerez de la Ftra	806,4	351,8	229,2	85	32,0	265,6
Sevilla	736,0	255,9	287,7	83	36,0	230,6
Andújar	678,2	275,8	245,9	96	25,0	384,0

## METODOLOGÍA.

### Estudios previos.

Durante el mes de Febrero se estuvieron produciendo las máximas precipitaciones sobre la región andaluza que provocaron la alarma en relación a la vigilancia respecto a las crecidas de embalses y posibles desbordamientos de ríos e inundaciones de llanuras de inundación de las cuencas más susceptibles a estos fenómenos. (Martínez Vega, J. y Martín Isabel, M.P.2010).

En base a estas intensas precipitaciones, durante la semana del 15 al 21 de Febrero (2010) desde la Rediam se estuvieron estudiando las posibilidades de observación del territorio a partir de los diferentes sensores satelitales tomando como referencia tanto el ámbito cubierto por las escenas como a la resolución geométrica, radiométrica y temporal de las mismas. Fundamentalmente se revisan imágenes de baja resolución geométrica (tamaño de píxel grande) pero de gran ámbito y de acceso libre por parte de cualquier usuario (MODIS diarias). Pero también entre el abanico de posibilidades se incluyen la revisión de imágenes LANDSAT que se adquieren cada 16 días y que se obtienen a través del Plan Nacional de Teledetección (PNT), para el que la Consejería de Medio Ambiente es Coordinadora Regional materializando actuaciones y competencias en el mismo a través de la REDIAM. También se estudia la disponibilidad de imágenes MERIS en el marco del PNT.

Las imágenes satelitales analizadas, y por generalidad la mayor parte de los sensores disponibles capturan información en unos rangos del espectro electromagnético que se ven afectadas directamente (entre otros factores) por la meteorología (presencia de nubes y niebla cuya cobertura sobre la región impide la disponibilidad de datos del territorio). Si se observan las imágenes del satélite meteorológico "METEOSAT" de todos esos días (y de las 2 semanas previas) puede apreciarse que la cobertura nubosa sobre las áreas de interés es en ocasiones casi completa por lo que se imposibilita un estudio riguroso de las áreas afectadas. Este hecho constreñía la adquisición de imágenes al uso de tecnología Radar (Pinilla Ruiz, C. 1997), para lo cual se estudiaron las diferentes fuentes de información de este tipo de datos en condiciones de urgencia/emergencia para su adecuación a situación concreta en Andalucía.

Ante estas circunstancias, la opción disponible es la adquisición de imágenes RADAR del satélite TerraSAR-X con sensor en la banda X (sensor activo de apertura sintética), que permite observar tanto el terreno como las masas de agua en cualquier circunstancia (atravesando todas las capas de la atmosfera), incluso con cobertura nubosa. Esta tecnología está operativa mediante el Programa TerraSAR-X desarrollado por el Centro Espacial Alemán (DLR) junto con la empresa EADS-Astrium, que dispone de la empresa subsidiaria Infoterra (distribuidora de estos servicios en España). Desde la Rediam se establece contacto con Infoterra y se estudian las características técnicas y posibilidades del mencionado satélite (DLR, 2008).

**Tabla 2.** Características técnicas del satélite TerraSAR-X. Fuente: DLR.

Parámetro satelital.	Datos Orbitales
Tipo de órbita	Heliosincrónica
Período de Repetición	11 días
Ciclo de Repetición	167 Órbitas
Órbitas por día	15 + 2/11
Velocidad	7,6 Km/s
Hora de Paso por el Ecuador	Ascendente: 18:00 ± 0,25 h Ascendente: 18:00 ± 0,25 h
Inclinación	97,4438°
Altitud en el Ecuador	514,8 Km

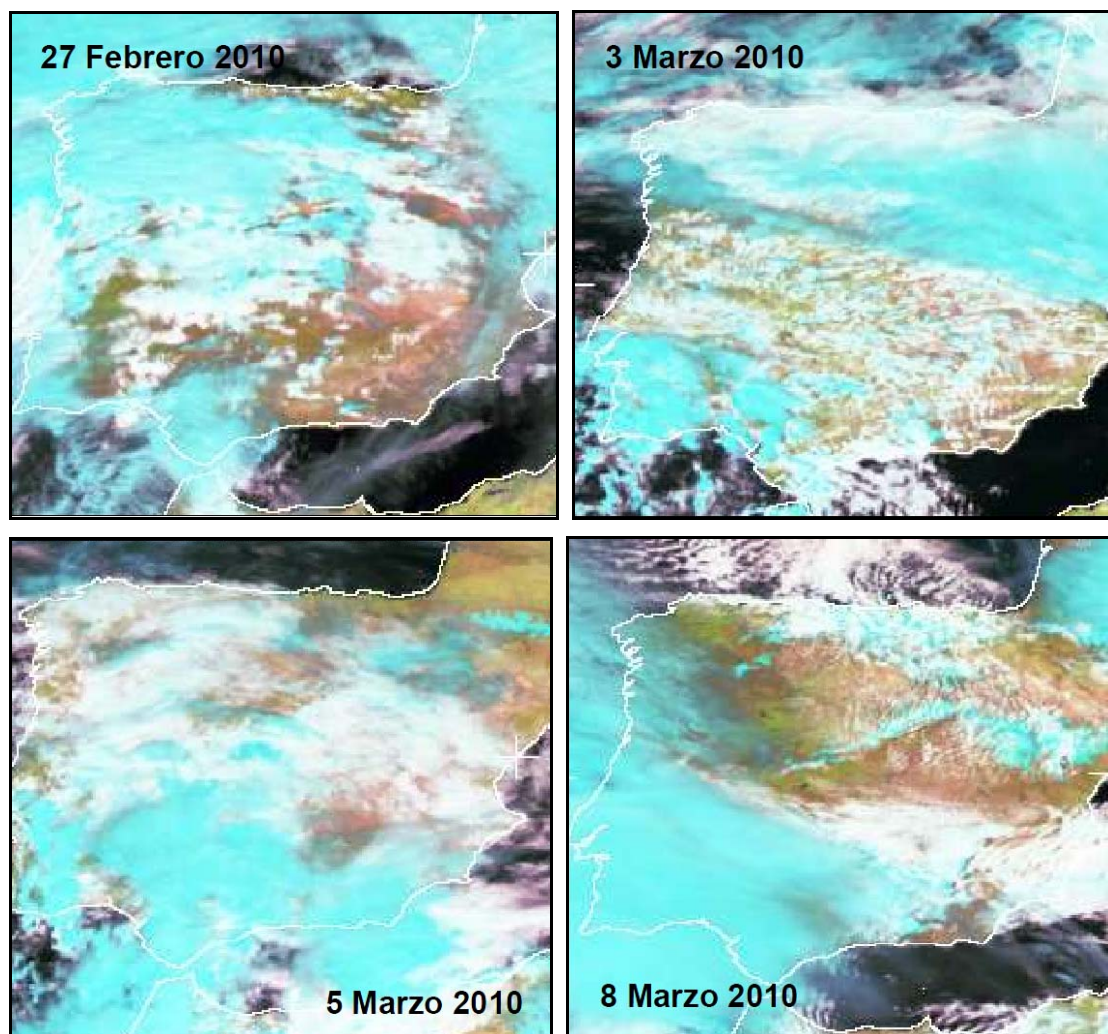
#### Localización de ámbitos afectados. Fase de emergencia.

A principios de la semana del 22 al 28 de Febrero (2010), comienzan a localizarse los primeros conatos de desbordamientos de ríos y a producirse la primeras inundaciones de relevancia en las cuencas del Guadalquivir y Guadalete. En estas circunstancias, se establece por parte de la Consejería de Medio Ambiente situación de emergencia y desde la Rediam se ponen en marcha los mecanismos oportunos para llevar la adquisición de imágenes en diferentes ámbitos de estas cuencas. Durante este proceso se hace uso permanente de los servicios prestados por el Subsistema de Climatología Ambiental (Rediam) para comprobar las predicciones meteorológicas y las posibles incidencias de las precipitaciones en las crecidas, desbordamientos e inundaciones.

Según los parámetros orbitales del satélite TerraSAS-X y las diferentes posibilidades de adquisición del sensor, se establece lo más adecuado para el caso que nos ocupa es:



- Adquisición de imágenes en modo “StripMap”, que permite obtener escenas de 30 x 50 Km con una resolución geométrica de 3 m (píxel terreno).
- Nivel de Procesamiento MGD (Multi Look Ground Range Detected), mediante el que se reduce el ruido característico de la respuesta de la señal Radar. La resolución final son píxeles orientados en la dirección de la órbita del satélite. En este tipo de imágenes solo hay información de la amplitud de la señal.



**Figura 3.** Imágenes del satélite meteorológico METEOSAT durante el período de emergencia. Cobertura nubosa regional en los días de adquisición de imágenes Radar (de los 5 ámbitos de estudio). Fuente: NEODASAS. *Geostationary Archive*.

#### **Programación del satélite y adquisición de imágenes.**

El jueves 25 se proporcionan todos los datos necesarios para la programación del satélite en base a la cual se adquirirán las escenas en dos ámbitos de interés en los que se están detectando grados de afección elevados. Estos se localizan en las cuencas del Guadalquivir (Lora del Río-Palma del Río) y la del Guadalete. Sobre los dos ámbitos geográficos definidos, entre otros parámetros del satélite es imprescindible definir las fechas de adquisición y el ángulo máximo de captura. Estos dos valores vienen condicionados por el período de revisita del satélite (11 días, paso exacto por la vertical del punto) y por la aplicación y urgencia que tendrán los datos posteriores. Configurando el ángulo de adquisición del sensor y utilizando órbitas ascendentes o descendentes del sensor, puede optimizarse la captura de información cada 3,5 días.

Respecto a las opciones en cuanto a prioridad de adquisición de las escenas, en este proyecto se han adquirido bajo Prioridad 2: Se aplica a órdenes de trabajo (adquisición de imágenes) confirmadas entre 1 y 3 días antes de la captura.

La confirmación de adquisición (de estos dos primeros ámbitos) por parte de la Rediam a Infoterra se realizó el viernes 26 Febrero, llevándose a cabo ese mismo día la programación del satélite que capturaría ambos ámbitos el sábado 27 (24 horas después de la programación), respondiendo este programa a los requerimientos de emergencia.

Días posteriores, con predicciones meteorológicas del Subsistema de Climatología Ambiental (Rediam) que aseguran un aumento en las precipitaciones a nivel regional (y por tanto un aumento en el nivel de las aguas tanto en embalses como en ríos), desde la Rediam se solicitan a Infoterra en similares condiciones a las anteriores, peticiones de programación y captura de 3 nuevos ámbitos en la Cuenca del Guadalquivir. La confirmación de adquisición en base a las nuevas programaciones se realiza en condiciones similares para los nuevos ámbitos adquiridos en los días posteriores: Córdoba-Alcolea (3 Marzo), Villa del Río-Andújar (5 Marzo), y Sevilla - Alcolea del Río (8 Marzo).

**Tabla 3.** Resumen de parámetros de captura de escenas en los 5 ámbitos de estudio.

Cuenca	Ámbito	Adquisición			
		Fecha	Hora	Pasada	Ángulo
Guadalquivir	Lora del Río-Palma del Río	27/02/2010	18:14:34	Ascendente	36,08° - 38,51°
	Córdoba-Alcolea	03/03/2010	06:29:28	Ascendente	29,50° - 32,40°
	Villa del Río-Andújar	05/03/2010	18:06:15	Ascendente	29,50° - 32,40°
	Sevilla - Alcolea del Río	08/03/2010	06:38:07	Descendente	19,70° - 23,01°
Guadalete	Jerez de la Frontera	27/02/2010	18:18:34	Ascendente	29,64° - 32,41°

#### Procesamiento de datos y obtención de Ortoimagen Radar.

A partir de los datos crudos obtenidos en modo StripMap por el satélite TerraSAR-X es necesario llevar a cabo el postproceso de los mismos y la obtención de las imágenes con nivel de procesamiento MGD sobre las cuales se llevarán a cabo una serie de procesos para mejorar geométrica y radiométricamente las imágenes, obteniéndose las Ortoimágenes TerraSAR-X, denominado ORI-SAR.

Para la obtención del producto ORI-SAR, corregido geoméricamente y georreferenciado en sistema de referencia ETRS89 y proyección UTM huso 30 es necesaria la aplicación de un Modelo Digital de Elevaciones (Terreno) para el que se utiliza el disponible en el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), proporcionado por la Rediam a Infoterra. Este MDE es el más reciente disponible y se aplica al proceso de corrección geométrica con una resolución de 10 m. La exactitud geométrica del producto ORI-SAR depende directamente de la exactitud altimétrica del MDE, de la precisión en la determinación de la órbita y del ángulo de adquisición de la toma.

Concretamente para este proyecto, la exactitud altimétrica del MDE ronda el RMSE = 2 m (Pliego de Prescripciones Producción Ortofotografías PNOA). La determinación de las órbitas ("en modo Rápido") llega a alcanzar una precisión de 2 m. La influencia del ángulo de adquisición en la exactitud del producto ORI-SAR es similar a la influencia del MDE.

#### Tratamiento de imágenes y obtención de lámina de agua.

Sobre las imágenes ortorectificadas (ORI-SAR) se lleva cabo una detección automática de áreas cubiertas por agua basados en la señal Radar en la banda X, mediante la técnica de segmentación. Sobre el resultado vectorizado (capa de polígonos) se aplican una serie de tratamientos para depurar la geometría de la de la máscara (lámina de inundación). La exactitud geométrica de la lámina de agua nunca será mejor que la del producto de partida ORI-SAR, sobre la que además hay que tomar en consideración la posibilidad de errores de omisión/comisión de zonas inundadas. Este aspecto se intenta reducir mediante la supervisión de operadores.

Sobre las imágenes ORI-SAR y la máscara de lámina de inundación extraída se ha efectuado una revisión mediante inspección visual y comparación con otras imágenes ortorectificadas de mayor precisión para verificar que no existen errores geométricos groseros y que hay continuidad en el producto. Para este fin se ha utilizado la Ortofotografía PNOA de 2008-2009 (resolución 1 m).

#### Clasificación de zonas cubiertas por agua:

Sobre la lámina de agua obtenida (materializada como una capa de polígonos) es imprescindible realizar una clasificación de los tipos de suelo cubiertos por ésta, ya que no toda la superficie cubierta de agua puede considerarse como inundada puesto que se cubren superficies como ríos y embalses. Para ello se ha hecho uso de la información disponible en el Sistema de Información de Ocupación del Suelo (SIOSE) 2005 Andalucía para todos los ámbitos de interés. Ambas capas de información SIOSE y lámina de agua se cruzan mediante análisis geográfico generándose una capa con la totalidad de clases de la leyenda SIOSE ocupadas por agua. Posteriormente se ha llevado a cabo una verificación de uso ocupado en la actualidad en base a la interpretación de Ortofotografías actuales por expertos fotointérpretes. De esta forma todas aquellas zonas que han cambiado de 2005 a la actualidad son editadas tanto para actualizar el uso como el polígono que ocupa. Existen otras metodologías basadas en el uso complementario de imágenes de satélite (García, M.A y Miguelsanz, P., 2009)

Para hacer práctica la capa de información obtenida, se generaliza la extensa leyenda de usos en 4 tipos: Agrícola, Forestal, Espacio Construido e Infraestructuras, y láminas de Agua (Ríos, Embalses,...). A partir de estos datos pueden obtenerse estadísticas de la superficie de las áreas afectadas de inundación por ámbito de interés, Termino Municipal,...



**Figura 4.** Ámbito de Trabajo: Lora del Río-Palma del Río. (a) Lámina de Agua en Cian semitransparente. (b) Lámina de agua con clasificación de uso del suelo afectado: Verde (Agrícola), Oliva (Forestal), Amarillo (Espacio Construido e Infraestructuras). En Cian, Ríos y embalses.

## RESULTADOS.

El resultado de estos trabajos son un conjunto de productos que se integran en el Catálogo de Información Ambiental y en los sistemas de almacenamiento masivo de datos de la Rediam.

- Imágenes Radar ortorectificadas ORI-SAR de resolución 3m (con Metadatos XML ISO 19115).
- Delimitación vectorial de cobertura del agua (lámina de inundación) clasificada por uso de suelo afectado (con estadísticas de superficie ocupada).
- Mapas de Inundación globales y de detalle de cada ámbito de estudio.

Los productos obtenidos se ponen a disposición de las Administraciones competentes por parte de la Consejería de Medio Ambiente y posteriormente a la ciudadanía en general a través de los medios de difusión de la Rediam (Canal de la Rediam).



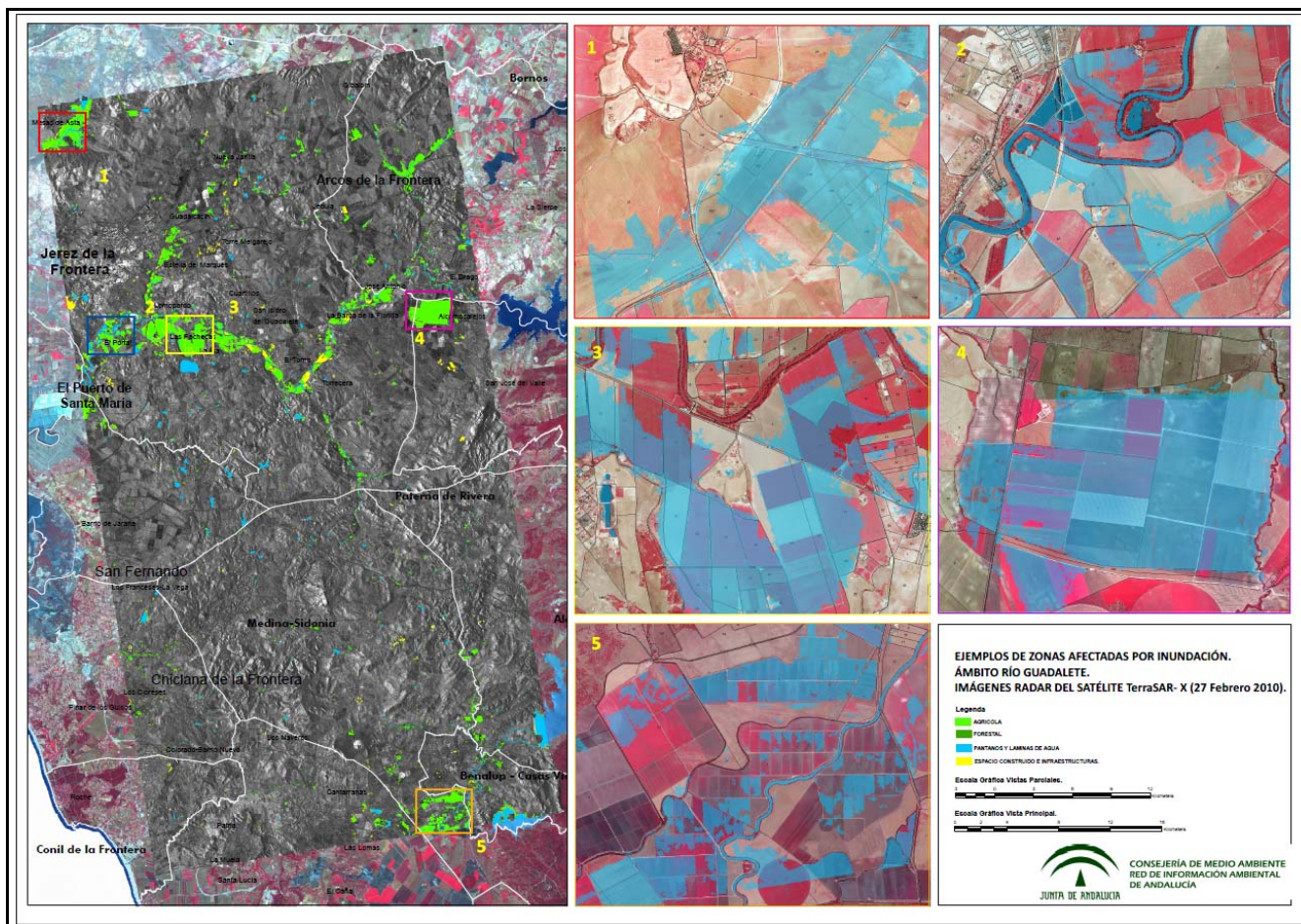


Figura 5. Mapa de inundación sobre cada uno de los ámbitos de estudio (Ejemplo: Cuenca del Guadalete).

## DISCUSION.

Los productos obtenidos en este trabajo mediante tecnología Radar en fase de emergencia (tiempo real) proporcionan una visión real del fenómeno. La altura de la lámina de inundación es obtenida directamente por levantamiento directo de información (observación del territorio). Esta información es muy útil para su aplicación en la toma de medidas en tiempo real o a posteriori de los desastres (evaluación de daños,...) y respecto al planeamiento urbanístico (*Decreto de 189/2002 de 2 Julio*) y respecto a la delimitación de zonas inundables (AAA. *Actuaciones para la prevención...*). Actualmente estos trabajos se están realizando a partir de levantamiento cartográfico de gran detalle, en los que debe mencionarse la tecnología Lidar aerotransportada (que junto a imágenes digitales con cámaras de última generación) proporcionan una información de gran detalle y precisión del terreno (tal como estos estudios requieren).

En la Rediam se disponen de datos Lidar obtenidos con este fin en diferentes ámbitos de la región andaluza, entre otros se dispone de datos en la Cuenca del Guadalete. El uso de la información obtenida en este proyecto para contrastar los resultados obtenidos a partir de datos Lidar en la realización de Modelización Hidráulica y obtención de áreas inundables, puede ser de gran interés para los organismos competentes.

La resolución geométrica de las imágenes Radar obtenidas y por tanto la exactitud geométrica de la cartografía de inundación obtenida es adecuada para la detección de áreas afectadas. Las diferentes opciones en la obtención de datos, resolución de las imágenes, niveles de procesamiento, tiempo de respuesta,... pueden ser estudiados en relación a la exactitud y precisión final de los resultados.

## CONCLUSIONES.

La tecnología Radar es válida para cartografiar áreas afectadas de inundación tanto en fase de emergencia, bajo condiciones meteorológicas adversas (nubosidad,...) dando respuesta a una necesidad en donde los otros sensores (espectro visible) no pueden responder.

La información obtenida utilizando la tecnología Radar y los tratamientos posteriores puede utilizarse directamente ó integrarse en sistemas de información junto con otra información geográfica de interés para dar apoyo a la toma de decisiones durante y después de este tipo de fenómenos. Esta información puede ser de gran interés para la toma de medidas para la prevención de avenidas e inundaciones (reducción de zonas urbanas sujetas a riesgos y protección de cauces y márgenes de ríos). (AAA).

Esta tecnología Radar está actualmente totalmente operativa para el seguimiento de inundaciones u otros desastres naturales o fenómenos medioambientales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Agencia Andaluza del Agua (AAA). *Actuaciones para la prevención de avenidas e inundaciones*. [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnextoid=38e7474553be3210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=0c399b52301e3210VgnVCM1000001325e50aRCRD&lr=lang\\_es](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnextoid=38e7474553be3210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=0c399b52301e3210VgnVCM1000001325e50aRCRD&lr=lang_es)

Boja Nº91. Sevilla 3 Agosto de 2002. *Decreto de 189/2002 de 2 Julio. Plan de Prevención de avenidas e inundaciones en cauces urbanos andaluces*.

[http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/agencia\\_andaluza\\_agua/gestion/gestion\\_agua\\_andalucia/planificacion/plan\\_prevencion\\_inundaciones/plan\\_avenidas.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/agencia_andaluza_agua/gestion/gestion_agua_andalucia/planificacion/plan_prevencion_inundaciones/plan_avenidas.pdf)

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

DLR (2008): *TerraSAR-X ground segment basic product specification document, TX-GS-DD-3302, v1.5, February 24, 2008*.

García, M.A y Miguelsanz, P. (2009): *Discriminación de láminas de agua con imágenes TerraSAR-X en la Albufera de Valencia*. XIII Congreso de Asociación Española de Teledetección. Calatayud (2009).

*Ley 4/2010, de 8 Junio, de Aguas de la Comunidad Autónoma de Andalucía*. Prevención de efectos por fenómenos extremos.

<http://www.juntadeandalucia.es/boja/boletines/2010/121/d/1.html>

Martínez Vega, J. y Martín Isabel, M.P. (2010): *Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente*. Red Nacional de Teledetección Ambiental. Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC).

Natural Environment Research Council Earth Observation Data Acquisition and Analysis Service (NEODASAS). *Geostationary Archive*.

<http://www.sat.dundee.ac.uk/geobrowse/geobrowse.php>

Pinilla Ruiz, C. (1997): *Introducción al Radar en Teledetección*. Colección de Apuntes de la Universidad de Jaén.