

# Memorias



Sociedad Latinoamericana en  
Percepción Remota y Sistemas  
de Información Espacial  
Capítulo Colombia

**30**  
AÑOS

Medellín, Colombia  
29 de Septiembre al 3 de Octubre de 2014



**MAESTRÍA EN TELEDETECCIÓN (PERCEPCIÓN REMOTA) DE LA  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA (ESPAÑA)**

Carolina Tenjo<sup>(1)</sup>, M. P. Utrillas<sup>(2)</sup>, S. Gandía<sup>(2)</sup>, Jesús Delegido<sup>(1)</sup>, and C. Coll<sup>(2)</sup>

[nancy.tenjo@uv.es](mailto:nancy.tenjo@uv.es), [maria.p.utrillas@uv.es](mailto:maria.p.utrillas@uv.es), [mailto:soledad.gandia@uv.es](mailto:mailto:soledad.gandia@uv.es),  
[jesus.delegido@uv.es](mailto:jesus.delegido@uv.es), [cesar.coll @uv.es](mailto:cesar.coll@uv.es)

(1) Laboratorio de Procesado de Imágenes, Universidad de Valencia. C/ Catedrático José Beltrán, 2. 46980 Paterna, Valencia - España.

(2) Departamento de Física de la Tierra, Facultat de Fisica, Universitat de Valencia, 46100 Burjassot

**Palabras clave:** Máster, Percepción Remota, Doctorado, Satélites, Tratamiento de imágenes

**Resumen:** Desde un punto de vista científico, las técnicas de teledetección o percepción remota han hecho posible la observación de la Tierra a nivel global, permitiéndonos abordar el estudio de la dinámica del planeta, su superficie, la atmósfera y los océanos, de un modo que no había sido posible anteriormente. En paralelo, las aplicaciones operativas de la teledetección se han multiplicado, resultando ahora una herramienta imprescindible en muy diferentes campos. Instituciones, servicios públicos y empresas privadas del sector demandan, cada vez más, profesionales formados en el uso de estas técnicas.

La Universidad de Valencia y en particular el Departamento de Física de la Tierra, es uno de los pocos centros de educación superior europeos que cuenta en su plantilla de profesores con especialistas en diversas ramas de la teledetección, de reconocido prestigio en su ámbito académico avalado por una trayectoria de publicaciones en las revistas más importantes del sector que, en algunos casos, es de varias décadas. Como resultado de los numerosos proyectos de investigación internacionales llevados a cabo en los últimos 30 años se dispone del material didáctico, equipamiento, software y bases de datos necesarios para garantizar una docencia de calidad en Teledetección.

La participación de la Universidad de Valencia en programas de la Unión Europea y la Agencia Espacial Europea facilita el acceso a instalaciones, instrumentación y datos necesarios para llevar a cabo las prácticas adecuadas para complementar la formación teórica, al tiempo que facilita el intercambio de estudiantes y profesores con otras universidades europeas. Por todo ello se ofrece una titulación universitaria oficial de Máster (Maestría) y su continuación en el Doctorado que proporciona una formación reglada en PERCEPCIÓN REMOTA o TELEDETECCIÓN.

El Máster en Teledetección posee carácter multidisciplinar y participan en su docencia profesores universitarios, especialistas en la materia, así como otros profesionales de reconocido prestigio en el campo de la Teledetección procedentes de ámbitos diversos como el Instituto Geográfico Nacional, la Agencia Espacial Europea o Doctores asociados a las unidades de investigación en Teledetección, actualmente en distintas Universidades Europeas.

El Máster oficial de Teledetección de la Universitat de València es un proyecto formativo de postgrado fruto de la confluencia de factores tales como la idoneidad de un profesorado especialista, los medios disponibles y una voluntad de la universidad de integrar en su oferta de postgrado la formación más avanzada.

El Máster, de carácter presencial y de un año de duración (60 ECTS), permite adquirir competencias en el tratamiento de imágenes de satélite y en la extracción de información de ellas.

A la vez, el Máster proporciona una iniciación a la investigación, tanto en el ámbito universitario como en empresas privadas u organismos oficiales en los que se desarrolle una labor investigadora. Por ello, si lo desean, los titulados del Máster que cumplan los requisitos

establecidos en la actual legislación, podrán incorporarse directamente a la Fase de Investigación del Programa de Doctorado en Teledetección para iniciar su Tesis Doctoral. Toda la información académica y sobre admisión al Máster y Doctorado puede encontrarse en [www.uv.es/master-teledeteccion](http://www.uv.es/master-teledeteccion) y [www.uv.es/doctoardo-teledeteccion](http://www.uv.es/doctoardo-teledeteccion).

**Keywords:** Master, Remote Sensing, Doctorate, Satellites, Image processing.

**Abstract:** From a scientific point of view, remote sensing techniques have made possible a global observation the Earth allowing us to study the dynamics of the planet, its surface, atmosphere and oceans in an unprecedented way. At the same time, operational applications of remote sensing have grown notably, now being an essential tool in many different disciplines. Institutions, public services and private companies increasingly require professionals trained in remote sensing techniques.

The University of Valencia and the Department of Earth Physics in particular, is one of the few European centers of Higher Education with a staff of specialists in different field in remote sensing, with high academic prestige as shown by a large list of publications in the most important scientific journals, dating back to several decades in some cases. As a result of the many international research projects carried out in the last 30 years, the Department is provided with teaching resources, scientific equipment and databases that are necessary to achieve a high quality education in remote sensing.

The participation of the University of Valencia in research projects funded by the European Union and the European Space Agency enables the access of students to facilities, instrumentation and remote sensing data to carry out different applied works that complement the theoretical concepts, and at the same time, makes possible the exchange of students and professors with other European Universities. Therefore, the University of

Valencia is offering the official Master in Remote Sensing, followed by the Doctorate Program in Remote Sensing, which provides the student with a high-level, regulated education in REMOTE SENSING.

The Master in Remote Sensing has multidisciplinary character. Professorship includes specialist University professors, as well as other remote sensing professionals coming from different institutions such as the Spanish Instituto Geográfico Nacional, the European Space Agency, and post-doc researchers associated with remote sensing research units from different European Universities.

The Official Master in Remote Sensing of the University of Valencia is a post-graduate education project resulting from the confluence of different elements such as the qualification of the professorship, availability of resources, and the commitment of the University in incorporating the most advanced education into post-graduate degrees.

The Master, with a duration of one academic year (60 ECTS), allows the student to acquire competences in satellite image processing and extracting information from them.

At the same time, the Master introduces research, both in the University and in private or official institutions in which a research work is developed. Therefore, if they wish, graduates of the Master who meet the requirements established in the current legislation may join directly the research phase of the Doctorate Program in Remote Sensing to start his Doctoral Thesis. Detailed academic and admittance information about the Master and Doctorate in Remote Sensing can be found at [www.uv.es/master-teledeteccion](http://www.uv.es/master-teledeteccion) and [www.uv.es/doctorado-teledeteccion](http://www.uv.es/doctorado-teledeteccion).

## **INTRODUCCIÓN**

Desde un punto de vista científico, las técnicas de teledetección o percepción remota han hecho posible la observación de la Tierra a nivel global, permitiéndonos abordar el estudio de la dinámica del planeta, su superficie, la atmósfera y los océanos, de un modo que no había sido posible anteriormente. En paralelo, las aplicaciones operativas de la teledetección se han multiplicado, resultando ahora una herramienta imprescindible en muy diferentes campos. Instituciones, servicios públicos y empresas privadas del sector demandan, cada vez más, profesionales formados en el uso de estas técnicas.

La Universidad de Valencia ([www.uv.es](http://www.uv.es)) y en particular el Departamento de Física de la Tierra, es uno de los pocos centros de educación superior europeos que cuenta en su plantilla de profesores con especialistas en diversas ramas de la teledetección, de reconocido prestigio en su ámbito académico avalado por una trayectoria de publicaciones en las revistas más importantes del sector que, en algunos casos, es de varias décadas (Dell'Acqua & Pasca, 2014). Como resultado de los numerosos proyectos de investigación internacionales llevados a cabo en los últimos 30 años se dispone del material didáctico, equipamiento, software y bases de datos necesarios para garantizar una docencia de calidad en Teledetección. La participación de la Universidad de Valencia en programas de la Unión Europea y la Agencia Espacial Europea facilita el acceso a instalaciones, instrumentación y datos necesarios para llevar a cabo las prácticas adecuadas para complementar la formación teórica, al tiempo que facilita el intercambio de estudiantes y profesores con otras universidades europeas. Por todo ello se ofrece una titulación universitaria oficial de Máster (Maestría) y su continuación en el Doctorado que proporciona una formación reglada en PERCEPCIÓN REMOTA o TELEDETECCIÓN.

El Máster en Teledetección ([www.uv.es/master-teledeteccion](http://www.uv.es/master-teledeteccion)) posee carácter multidisciplinar y participan en su docencia profesores universitarios, especialistas en la materia, así como otros profesionales de reconocido prestigio en el campo de la Teledetección procedentes de ámbitos diversos como el Instituto Geográfico Nacional, la Agencia Espacial Europea o Doctores asociados a las unidades de investigación en Teledetección, actualmente en distintas Universidades Europeas.

El máster oficial de Teledetección de la Universitat de València es un proyecto formativo de postgrado fruto de la confluencia de factores tales como la idoneidad de un profesorado especialista, los medios disponibles y una voluntad de la universidad de integrar en su oferta de postgrado la formación más avanzada.

El máster, de carácter presencial y de un año de duración (60 ECTS), permite adquirir competencias en el tratamiento de imágenes de satélite y en la extracción de información de ellas.

A la vez, el Máster proporciona una iniciación a la investigación, tanto en el ámbito universitario como en empresas privadas u organismos oficiales en los que se desarrolle una labor investigadora. Por ello, si lo desean, los titulados del Máster que cumplan los requisitos establecidos en la actual legislación, podrán incorporarse directamente a la Fase de Investigación del Programa de Doctorado en Teledetección para iniciar su Tesis Doctoral. Toda la información académica y sobre admisión al Máster y Doctorado puede encontrarse en [www.uv.es/master-teledeteccion](http://www.uv.es/master-teledeteccion) y [www.uv.es/doctoardo-teledeteccion](http://www.uv.es/doctoardo-teledeteccion).



Figura 1. Aula informática del máster de Teledetección

## ITINERARIO DE LA MAESTRIA EN PERCEPCIÓN REMOTA

El plan de estudios del máster se desarrolla en un total de 60 ECTS, de los cuales 45 ECTS corresponden a materias obligatorias y 15 ECTS a la realización y defensa de un trabajo de fin de máster. Un crédito ECTS (European Credit Transfer System) representa 25 horas de trabajo del estudiante, tanto horas de trabajo con un profesor como trabajo autónomo.

En la Tabla I se presenta un esquema general de las materias del plan de estudios del máster de Teledetección así como de los créditos de que consta cada una de ellas.

En la materia I, Fundamentos (10ECTS), se dan los principios físicos de la teledetección y se familiariza al estudiante con instrumentación propia de las medidas de teledetección. Está formado por dos asignaturas:

- Fundamentos de Teledetección (5 ECTS). Sus contenidos se puedan resumir en los siguientes ítems: Plataformas y sensores. Leyes de la radiación. Propiedades radiativas de los cuerpos. Absorción y emisión por partículas gaseosas. Dispersión atmosférica. Transmisión atmosférica de la radiación solar y terrestre. Ecuación de transferencia

radiativa. Microondas. Interacción de la radiación con la superficie terrestre. Reflectividad y emisividad de superficies naturales

Tabla I. Plan de estudios de la Maestría en Percepción Remota de la Universidad de Valencia (Spain)

	MATERIA	ASIGNATURA	ECTS
<b>I</b>	Fundamentos	Fundamentos de Teledetección	5
		Laboratorio de Instrumentación	5
<b>II</b>	Procesado de imágenes	Procesado de imágenes	10
<b>III</b>	Análisis y extracción de información	Análisis y extracción de información	10
		Aplicaciones de Teledetección	10
<b>IV</b>	Aplicaciones	Sistemas de Información geográfica	5
		Tesis Fin de Máster	15
<b>V</b>	Tesis Fin de Máster		

- Laboratorio de Instrumentación (5 ECTS). Sus contenidos se puedan resumir en los siguientes ítems: Metodología de la medida con espectrorradiómetros y radiómetros. Medidas de irradiación solar y de radiancia de cielo. Medidas de reflectividad, emisividad y temperatura.



Figura 2. Laboratorio de Instrumentación

La materia II, Procesado de Imágenes (10 ECTS) ofrece a los estudiantes la base para el procesado de imágenes desarrollándose con un aspecto teórico y otro práctico. En ella se explican las características de los sistemas, sensores e imágenes, metadatos, formatos genéricos y productos de teledetección, así como técnicas de tratamiento de imágenes como composición color, ajustes del contraste, filtros y técnicas de restauración de imágenes. Se presentan los métodos de corrección geométrica, radiométrica y atmosférica, distinguiendo los métodos de corrección de esta última en función de la región espectral, así como la corrección de los efectos topográficos en el dominio óptico. También se explican las técnicas para microondas diferenciándolas entre radiómetros pasivos y radar. Además, se exponen algunos tratamientos estadísticos para imágenes, como el análisis de continuidad espacial con variogramas, y las técnicas kriging y cokriging.

Sus contenidos se puedan resumir en los siguientes ítems: Pre-procesado de la señal. Características de los sistemas, sensores e imágenes. Corrección geométrica, radiométrica y atmosférica. Cálculo de magnitudes primarias en el techo de la atmósfera y en superficie. Corrección topográfica. Detección y eliminación de nubes. Técnicas de mejora de la imagen, modificación de contrastes, filtros locales, tratamiento del color. Técnicas de restauración. Manejo de aplicaciones de tratamiento digital de imágenes. Filtros globales y transformaciones a las imágenes. Filtros morfológicos en entornos binarios, escala de grises y multibanda, transformadas espaciofrecuenciales (Fourier y Gabor), y tratamiento de texturas (análisis, síntesis, matrices de co-ocurrencia). Segmentación. Geoestadística. Continuidad espacial. Técnicas de interpolación. Sinergia de datos. Validación de productos. Las prácticas de las distintas materias del máster se imparten actualmente con el software comercial ENVI, el lenguaje de programación Matlab y el software libre SGeMS, además de Toolboxes de la ESA.

En la materia III, Análisis y Extracción de Información (10 ECTS), se trabaja con técnicas avanzadas de análisis de las imágenes de teledetección. Se presentan métodos matemáticos para el tratamiento de información, trabajando técnicas de visualización, tratamiento y mejora de imágenes, métodos de clasificación supervisada y no supervisada, así como el análisis multitemporal (detección de cambio, análisis del ciclo estacional y tendencias a largo plazo), mediante la implementación de los algoritmos más relevantes. Además de las técnicas tradicionales de clasificación y regresión, se dota de herramientas avanzadas de cálculo (estimación mediante redes neuronales, métodos de inversión regularizados, análisis de series temporales, fusión de datos, clasificación híbrida), y para el análisis de los mapas obtenidos (técnicas para cuantificar el error, análisis de curvas ROC y otras).

Sus contenidos se puedan resumir en los siguientes ítems: Clasificación supervisada y no supervisada. Métodos paramétricos y no paramétricos. Redes neuronales y árboles de decisión. Teoría y ajuste de parámetros libres. Regresión: métodos paramétricos y no paramétricos. Entrenamiento y medidas de precisión, ajuste y sesgo. Selección y extracción de características. Técnicas de fusión de imágenes. Análisis de detección de cambio. Análisis de series temporales.

La materia IV, Aplicaciones (15 ECTS), se desarrolla en dos asignaturas, Aplicaciones de la Teledetección (10 ECTS) y Sistemas de Información Geográfica (5 ECTS).

En la primera asignatura, Aplicaciones de la Teledetección, se desarrollan aplicaciones de la teledetección a la biosfera, la atmósfera, los océanos, la criósfera y otras, a través de trabajos propuestos donde el estudiante debe seleccionar las imágenes idóneas para el objetivo propuesto, corregirlas si lo necesitan y extraer información sobre el tema a desarrollar.

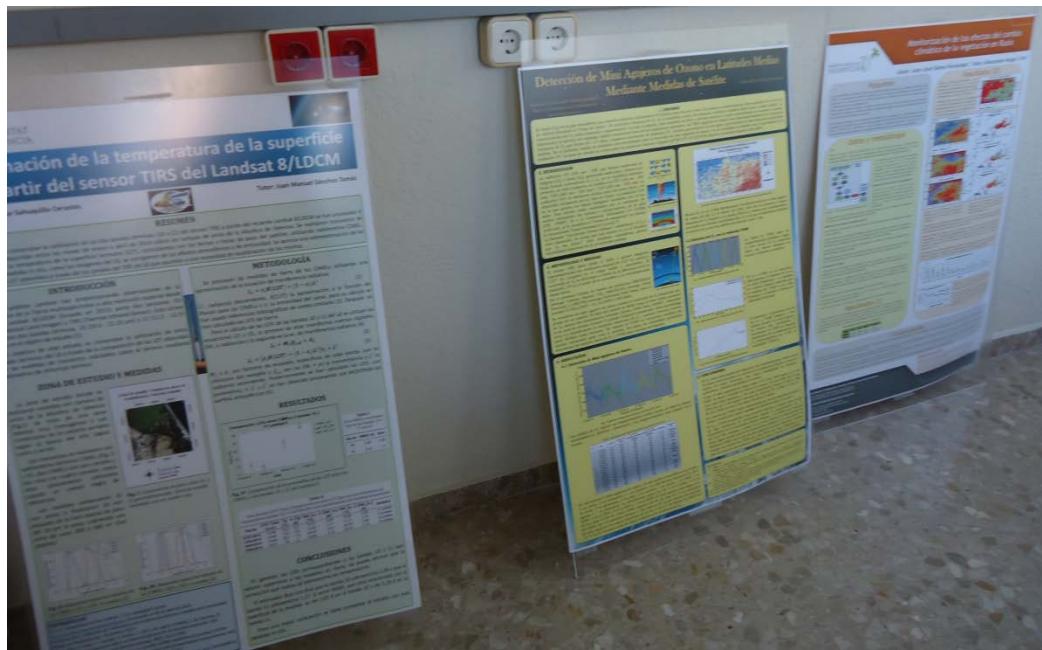


Figura 3. Algunos de los trabajos en forma de poster presentados por los estudiantes

En la segunda asignatura se realiza una introducción al uso de los Sistemas de Información Geográfica. Sus contenidos se puedan resumir en los siguientes ítems:

Representación cartográfica. Recursos cartográficos analógicos y digitales. Componentes y funciones de los SIG. Modelos Digitales de Elevación y productos derivados

En la materia V, Trabajo Fin de Máster (15 ECTS), se realiza un trabajo de aplicación de la teledetección en el que se utiliza alguna de las técnicas estudiadas, se redacta la memoria correspondiente y se expone y defiende públicamente ante un Tribunal. El estudiante realiza el trabajo en alguno de los grupos de investigación de los departamentos que participan en la docencia del Máster

## **COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DEL MÁSTER**

Las competencias que pretende proporcionar la maestría en Percepción Remota se pueden resumir en:

- Entender los fundamentos físicos de la teledetección y ser capaz de aplicarlos en el análisis y tratamiento de los datos.
- Conocer las principales plataformas, sensores y misiones espaciales.
- Entender el funcionamiento de los sensores de teledetección y el proceso de calibrado de los mismos, saber utilizar la instrumentación necesaria para la medida de magnitudes radiométricas y parámetros biofísicos y saber realizar el tratamiento y análisis de los datos que proporcionan.
- Conocer las características básicas de los formatos de almacenamiento de las imágenes de teledetección y ser capaz de acceder a ellas y aplicarles todas las correcciones que necesitan según los distintos intervalos espectrales y las técnicas de validación para los distintos tratamientos que requieran.
- Leer, visualizar y extraer parámetros físicos de los datos que proporcionan las imágenes de satélite en distintos intervalos espectrales y saber aplicar las técnicas de tratamiento de imágenes más generalizadas.
- Saber utilizar los programas comerciales de tratamiento digital de imágenes y programar a nivel de usuario de estos.
- Aplicar técnicas de clasificación supervisada y no supervisada y saber establecer los criterios e idoneidad de cada técnica sobre distintas resoluciones espaciales y espectrales de las imágenes.
- Entender y saber utilizar técnicas avanzadas de tratamiento de imágenes para extraer y analizar la información de interés contenida en las imágenes.

- Saber escoger las imágenes idóneas para cada tipo de aplicación a desarrollar, realizando las correcciones que requieran y utilizando las técnicas de tratamiento de imágenes más adecuadas al objetivo buscado.
- Conocer y utilizar las fuentes de información bibliográfica y las bases de datos de imágenes de satélite para extraer información, sintetizarla, desarrollarla y aplicarla en aspectos concretos de la teledetección aplicando la metodología de la investigación científica.
- Entender, asimilar y saber utilizar los sistemas de información geográfica
- Exponer y defender públicamente el desarrollo, resultados y conclusiones de su trabajo de una manera clara y concisa.

## **DOCTORADO EN TELEDETECCIÓN**

El Programa de Doctorado de Teledetección tiene como objetivo dar una formación científica y una capacitación investigadora en el contexto de la Teledetección. Se orienta hacia unas enseñanzas de calidad, dentro del marco del Espacio Europeo de Educación Superior, adecuadas a las exigencias actuales de la sociedad del conocimiento.

Según la legislación española, para el acceso al doctorado de Teledetección el estudiante tiene que estar en posesión de un título de máster universitario o haber superado 300 ECTS de formación universitaria. Las condiciones de admisión al programa requieren, además, haber cursado y superado el máster de Teledetección de la Universitat de València u otro que proporcione competencias similares. El programa desarrolla una serie de actividades formativas diseñadas para dotar al estudiante de los recursos de investigación que necesita para realizar la tesis doctoral. Simultáneamente, bajo la dirección de un doctor, el estudiante realiza una Tesis Doctoral basada en una investigación novedosa.

El Programa de Doctorado faculta para el ejercicio profesional especializado, habilita para la investigación básica y/o aplicada en temas científicos multidisciplinares, tanto en el sector

público, como privado, y proporcionan formación para la docencia en sus diferentes niveles, especialmente el universitario.

Las líneas de investigación enmarcadas dentro del doctorado de Teledetección son:

- **CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE SENSORES.** Calibración radiométrica de sensores de teledetección en distintos intervalos espectrales utilizando medidas en el suelo y atmosféricas. Validación de productos derivados de medidas de teledetección utilizando medidas coincidentes en el suelo y/o la atmósfera.
- **MEDIDA Y MODELIZACIÓN DE FLUJOS DE ENERGIA Y CO<sub>2</sub>.** Modelización física de los procesos que rigen el intercambio de energía (radiación neta, calor sensible, evapotranspiración) y CO<sub>2</sub> entre la superficie terrestre y la atmósfera. Medida de dichas magnitudes mediante técnicas de teledetección e instrumentación “in situ”.
- **RADIOMETRÍA.** Técnicas de medida de radiación electromagnética reflejada y/o emitida por la superficie terrestre y la atmósfera mediante radiómetros y espectrorradiómetros en el campo y en el laboratorio. Medidas radiométricas en el espectro solar, térmico y de microondas.
- **MEDIDA Y MODELIZACION DE PARAMETROS ATMOSFERICOS Y BIOFISICOS.** Medida y análisis de parámetros radiativos fundamentales en la atmósfera como aerosoles, albedo de dispersión simple, etc. Estudio de nubes y sus características. Parámetros climáticos. Medida y análisis de parámetros biofísicos (NDVI, clorofila, reflectividad, etc.)
- **DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA FUTUROS SENSORES Y MISIONES.** Estudio de los requerimientos técnicos (radiométricos, espectrales, orbitales) para el diseño de nuevos sensores y misiones de teledetección. Simulación de medidas, imágenes y productos derivados a partir de estos nuevos sensores.

- ALGORITMOS DE PROCESADO DIGITAL DE IMÁGENES. Desarrollo de nuevos algoritmos para el procesado digital avanzado de imágenes de teledetección. Técnicas de restauración, corrección, clasificación y estimación de parámetros a partir de imágenes de teledetección. Fusión de imágenes y detección de cambios.
- APLICACIONES DE TELEDETECCION. Aplicaciones operativas de la teledetección en distintos campos científicos relacionados con el estudio de la biosfera, la atmósfera, los océanos y aguas continentales y la criosfera. Desarrollo de nuevas aplicaciones de la teledetección. Modelos de simulación numérica de procesos

Todas ellas son líneas novedosas que se desarrollan en las distintas unidades de investigación que trabajan en dichos temas y en las cuales el doctorando puede realizar su tesis doctoral.

## REFERENCIAS

Dell'Acqua, F. & Pasca, L. (2014) Technical Education in the European University System on Aerospace and Remote Sensing: A Year 2013 Review [Education]. *Geoscience and Remote Sensing Magazine, IEEE*, 2(1), 29 – 33. Doi: 10.1109/MGRS.2014.2304131