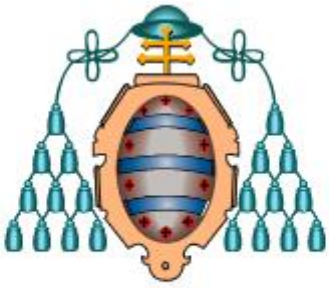


UNIVERSIDAD DE OVIEDO

VALIDACIÓN DE DATOS HIPERESPECTRALES AEROTRANSPORTADOS SOBRE UN DOSEL VEGETAL DISONTINUO Y COMPLEJO: SENSOR CASI-INTA

Trabajo Fin de Máster

Autor:

Sergio Gil García

Tutor:

Javier Jesús Fernández Calleja

Julio 2015

AGRADECIMIENTOS:

Quisiera dar las gracias a las personas que han ayudado a la realización de éste proyecto, entre los que se encuentra por supuesto Javier Jesús Fernández Calleja, tutor de éste trabajo y director del Máster de Teledetección y S.I.G., por su ayuda, aporte de conocimientos y su paciencia. También a Juan José Peón García por proporcionar los scrips de IDL y R.

"The research leading to these results has received funding from the European Community's 7th Framework Programme (FP7/2008-2013) under EUFAR contract n° 227159, Cost Action ES0903-EUROSPEC and ESA Grant D/EOP/rp/2012/48"

ÍNDICE

1 – RESUMEN

2 – INTRODUCCIÓN

3 – OBJETIVOS

3.1. – SENSORES AEROTRANPORTADOS

3.1.1. – TELEDETECCIÓN AÉREA HIPERESPECTRAL

3.1.2. – SENSOR CASI

3.2. – ÁREA DE ESTUDIO

3.2.1. – ZONA DE TRABAJO

3.2.2. – VUELOS

3.2.3. – IMÁGENES

3.3. – DATOS DE CAMPO

3.3.1. – MEDIDAS DE CAMPO

3.3.2. – TRATAMIENTO DATOS DE CAMPO

3.4. – PROCESO DE VALIDACIÓN

4 – PROCEDIMIENTO

4.1. – GEORREFERENCIACION DE IMÁGENES

4.2. – RECORTE DE IMÁGENES

4.3. – CREACION DE UNA MALLA

4.4. – EXTRACCIÓN DE REFLECTIVIDADES

4.5. – CALCULOS DE ESTADISTICOS

4.6. – ELABORACIÓN DE MAPAS

5 – RESULTADOS

6 – CONCLUSIONES

7 – BIBLIOGRAFÍA

8 – ANEXO I

1- RESÚMEN

La teledetección, entendida como la técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre a partir de sensores remotos, ya sea aerotransportados o ubicados en plataformas espaciales, supone un gran avance en muchos campos de investigación debido a la relevancia de la información que aporta.

El proceso de adquisición de datos en teledetección consta de diferentes fases: captación de datos en bruto, calibración del sensor y conversión de datos brutos a radiancia, corrección atmosférica y conversión de datos de radiancia en reflectancia. Por último se debe proceder a la validación de los datos, que comprende la comparación de los datos de reflectancia obtenidos en campo con los obtenidos en sensores aerotransportados.

ABSTRACT

Remote sensing, understood as the art data acquisition of the earth's surface from remote sensors, whether airborne or located in space platforms, represents a breakthrough in many fields of research due to the relevance of the information provided.

The process of remote sensing data acquisition consists of different phases: capturing raw data, sensor calibration and conversion of raw data to radiance, atmospheric correction and data conversion reflectance radiance. Finally, proceed to the validation data, comprising comparing reflectance data obtained in the field with those obtained in airborne sensors.

2- INTRODUCCIÓN:

En el presente trabajo se explica el proceso de validación datos correspondientes a imágenes aéreas hiperespectrales, tomadas sobre un viñedo situado en la finca experimental de Las Tiesas, en la provincia de Albacete.

La Teledetección hiperespectral ha demostrado ser una técnica muy poderosa en los estudios de la superficie terrestre [1]. Se ha desarrollado como una herramienta importante para obtener información de alta resolución espectral y espacial sobre el suelo y la vegetación [2][3]. La Teledetección hiperespectral puede ser aplicada en diversos campos como agricultura, la selvicultura y biodiversidad, explotaciones de minerales y petróleo, así como en la caracterización del suelo. En concreto, las firmas espectrales de banda estrecha son particularmente eficientes en la obtención de información sobre la superficie terrestre.

Una parcela con viñedos como explotación tiene una estructura heterogénea, dispuesta en hileras (denominadas lindes), y espacios vacíos de suelo desnudo entre hileras, lo que supone una disposición de vegetación irregular. En referencia al tamaño del píxel de las imágenes del sensor CASI, podemos afirmar que los píxeles de las imágenes siempre contendrán una mezcla de las firmas espectrales de ambas estructuras (vegetación y suelo desnudo), por lo que la técnica de muestreo tuvo que ser ideada teniendo en cuenta éste aspecto de heterogeneidad del área de estudio.

Para la caracterización espectral se realizaron mediciones de la viña desde campo con un espectro radiómetro, a la misma hora de que se tomaban las imágenes aéreas. Dichos espectros fueron utilizados para comparar los píxeles correspondientes en la imagen hiperespectral.

El paso final es obtener unos estadísticos para cada imagen, ofreciéndonos una estimación sobre el grado de correspondencia entre los datos de las medidas de campos y los datos hiperespectrales aéreos.

3- OBJETIVOS

3.1- SENSORES AEROTRANSPORTADOS

3.1.1.- TELEDETECCIÓN AÉREA HIPERESPECTRAL

La teledetección se define como la obtención de información referida a un objeto, a través de instrumentos que se encuentran alejados de dicho objeto de estudio. Situándonos en el contexto de éste trabajo, el instrumento es un sensor aerotransportado (teledetección aérea), mientras que el objetivo de investigación superficie terrestre.

Los sensores tienen una serie de características que definen el tipo de aplicaciones finales de las imágenes tomadas por dichos sensores.

-Resolución espacial: se define como el objeto más pequeño que se puede identificar en una imagen. Está determinado por el tamaño del pixel de la imagen, medido en metros sobre el terreno, aunque también depende de la altura del sensor sobre la Tierra, el ángulo de observación, velocidad de escaneado y características ópticas del sensor.

-Resolución temporal: es el tiempo que tarda un sensor en volver a obtener imágenes de la misma parte de la superficie terrestre.

-Resolución espectral: se trata de la capacidad que tiene un sensor para obtener datos en diferentes rangos del espectro electromagnético.

-Resolución radiométrica: se trata del número de niveles digitales de un píxel de la imagen, utilizados para expresar los datos recogidos por el sensor.

En cuanto a la diferencia entre una imagen hiperespectral de una multiespectral es la cantidad de bandas que contiene y la continuidad de las mismas. Esto permite definir espectros continuos para cada pixel de la imagen, de forma similar a las curvas que podemos obtener con un espectro radiómetro de laboratorio, con la diferencia de que en este caso solo medimos en un punto, mientras que la imagen nos proporciona una representación bidimensional de los espectros.

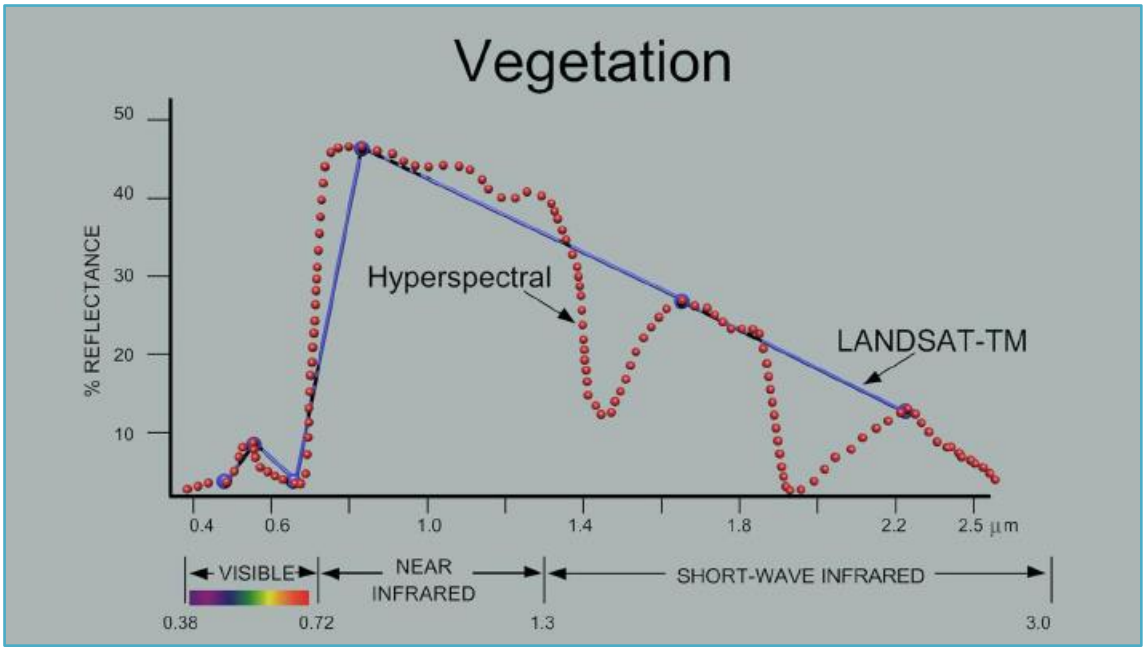


Figura 1: Firma espectral de la vegetación tomada con un sensor multiespectral y un sensor hiperespectral [1]

Observando la Figura 1 se puede apreciar la firma espectral de una cubierta vegetal, ofrecida por un sensor multiespectral, como puede ser el Landsat-TM, que cuenta con 7 bandas. En el caso de un sensor con la capacidad de adquirir imágenes hiperespectrales, el espectro estaría mucho más definido y tendría mayor detalle que la de un sensor multiespectral. Ésta característica permite profundizar en el estudio de numerosas propiedades fisiológicas y estructurales de la vegetación debido a la capacidad de detectar señales de absorción/reflexión que producen muchos de los componentes bioquímicos y biofísicos de las plantas a lo largo de longitudes de onda espectral acotadas.

Esto permite profundizar en el estudio de numerosas propiedades fisiológicas y estructurales de la vegetación, debido a su capacidad de detectar las señales de absorción/reflexión que producen muchos de los componentes bioquímicos y biofísicos de las plantas a lo largo de longitudes de onda espectral acotadas. [2]

En el presente trabajo se trabajará con imágenes hiperespectrales.

3.1.2.- SENSOR CASI

El sensor CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) (Figura 2), se trata de un sensor de adquisición de imágenes por empuje (pushbroom), basado en un CCD bidimensional que mide la energía incidente a lo largo de 1500 píxeles "across-track". Consta de un total máximo de 288 bandas espectrales, pero puede ser programado para adquirir imágenes de 144 o 288 bandas espectrales, dependiendo la altitud de vuelo (1000 m. -> 288 bandas ó 1859 m. -> 144 bandas espectrales) [3]

Fue desarrollado por la casa Imagine Group ArgonST, bajo los requerimientos específicos del INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) [3] [4]

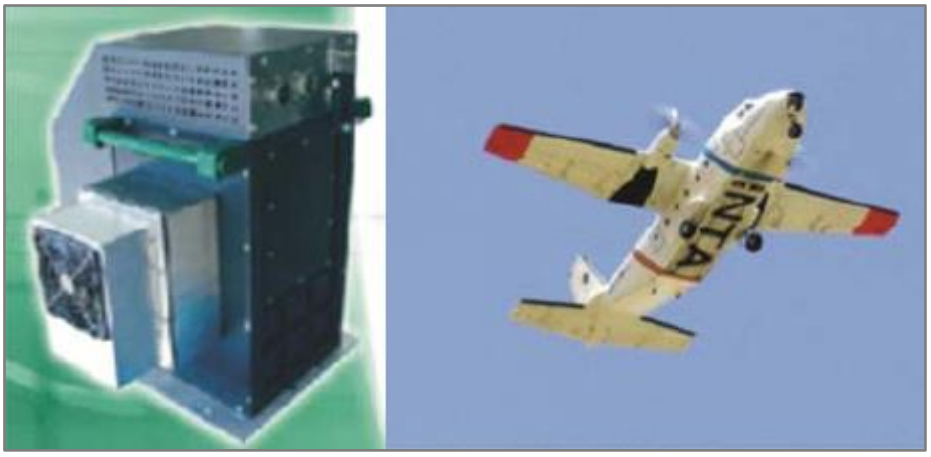


Figura 2: Sensor CASI y avión INTA [3]

Características radiométricas y espectrales

El sensor CASI tiene una resolución radiométrica de 14 bits, y una resolución espectral máxima de 288 bandas espectrales (programable también a 144 canales), sensible a las longitudes de onda comprendidas entre los 365 y 1050 nm. (ultravioleta, parte visible del espectro electromagnético e infrarrojo cercano) [4]. Configuración espectral sensor CASI:

CANAL	LIMITES ESPECTRALES		ZONA DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO
	Inferior (nm.)	Superior (nm.)	
B1 - B7	363.9	378.4	ULTRAVIOLETA
B8 - B36	380.9	448.5	VIOLETA
B37 - B55	450.9	494.2	AZUL
B56 - B86	496.6	568.9	VERDE
B87 - B95	570.9	590.1	AMARILLO
B96 - B107	592.5	618.8	NARANJA
B108 - B162	621.2	750.2	ROJO
B163 - B288	752.6	1052.6	INFRARROJO CERCANO (NIR)

Tabla 1: Configuración espectral sensor CASI

Geometría de la adquisición

Conocer la geometría de la adquisición de los sensores de observación de la Tierra es una tarea fundamental para poder utilizar posteriormente poder utilizar los datos obtenidos en éstas imágenes.

En el caso del sensor CASI (Figura 2), siendo un sensor lineal CCD tipo pushbroom, las imágenes obtenidas se caracterizan por el FOV (Field of View o ángulo de campo recogido por el sensor completo) y el IFOV (Instantaneous Field of View o ángulo de campo instantáneo, que es el ángulo que corresponde a un solo pixel del sensor, medido en mrad) (Figura 3) y el ancho y velocidad de barrido (swath, medida de la cobertura lineal del sensor sobre el terreno, en metros, especifican su orientación interna y la cobertura y resoluciones espaciales a las que puede registrar un dato [1].

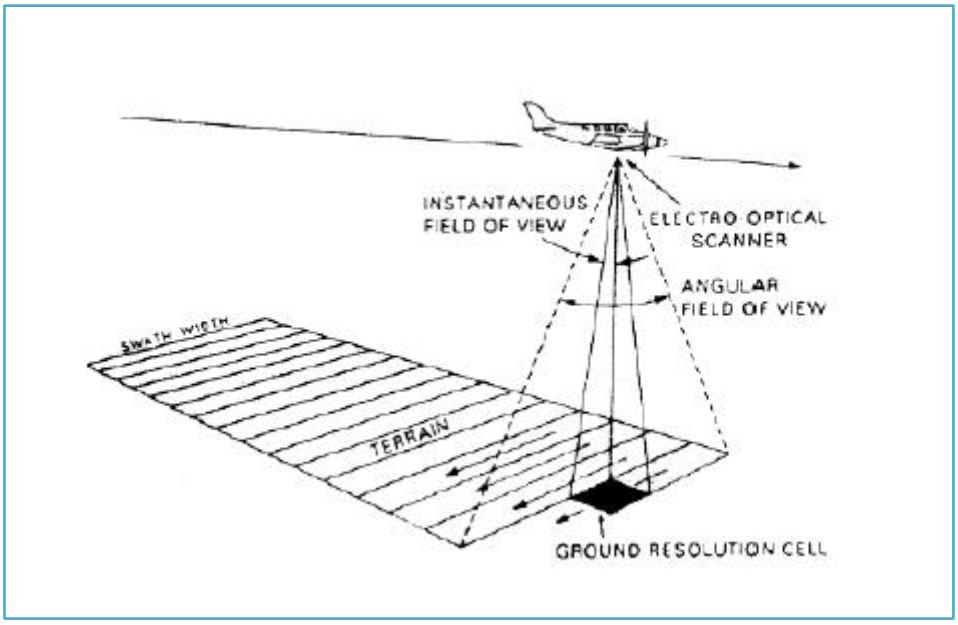


Figura 3: FOV e IFOV [1]

.

Sensor	CASI 1500
Tipo	Pushbroom
FOV	40°
IFOV	0.5 mrad
Altitud sobre el terreno (m.)	1000 m. / 1859 m.
Tamaño píxel sobre terreno: GSD (m.)	2m. / 1.25 m.
Anchura de barrico (swath)	1.500 píxeles "across-track"

Tabla 2: Características geométricas del sensor CASI. [5]

Integración con un sistema inercial de posicionamiento y orientación

Anteriormente se ha afirmado que debemos obtener la orientación del sensor para poder utilizar sus datos. En este tipo de sensores se consigue llevando a cabo una orientación directa que requiere disponer de los datos de una unidad de medida inercial (IMU) integrada en el sensor, y un GPS (sistema de posicionamiento global). (Figura 4, sensor CASI en avión INTA)

Figura 4: Sensor CASI

La IMU mide ratios de rotaciones y aceleraciones mediante tres giróscopos de fibra óptica y tres acelerómetros de silicio, respectivamente, que permiten obtener una precisión en la medida angular en post-proceso de 0.008° para el alabeo (roll) y el cabeceo (pitch), y 0.015° para el azimut (true heading) [6]

El receptor GPS de doble frecuencia (L1/L2) y 12 canales, capaz de operar en modo diferencial, proporciona datos de posición y velocidad de la trayectoria de vuelo con una precisión de 5-10 cm en post-proceso [6]

La integración de un sistema de ésta naturaleza con los sensores de teledetección, permite registrar datos de posición geográfica y ángulos de actitud del sensor durante la adquisición de imágenes de alta precisión [7]

3.2. – ÁREA DE ESTUDIO

3.2.1. – ZONA DE TRABAJO

Las medidas de campo utilizadas para éste trabajo y los datos hiperespectrales, fueron obtenido durante la campaña REFLEX (Regional Experiments for Land Atmosphere Exchanges) en la que participó el tutor del presente trabajo. Dicha campaña se llevó a cabo durante el mes de Julio del año 2012, en la finca experimental de Las Tiesas (Figura5), municipio de Barrax, en la provincia de Albacete, y a 22 km. al noroeste de la ciudad de Albacete [3].

Figura 5: Localización Finca de las Tiesas.

Figura 6: Viñedo objeto de estudio, enmarcado en polígono rojo.

La ubicación de dicha finca está aproximadamente a 700 msnm. Es una zona donde predominan morfologías de las forma plana, como las llanuras. Además los tipos de cultivos son bastante uniformes, por lo que es un lugar de ensayo apropiado para aplicaciones de Teledetección. Aproximadamente el 65% de la superficie es de secano y el 35% son de regadío, existiendo en el mismo terreno diferentes cultivos. El clima es de tipo Mediterráneo, con una precipitación media anual por debajo de los 400 mm., que se concentran principalmente en otoño y primavera [3].

El viñedo de la zona de estudio tiene una superficie aproximada de 6,8 hectáreas. Las mediciones de campo fueron restringidas a un área de 2,4 hectáreas en la parte norte de la viña, que tiene como cultivos el mismo tipo de vid (Vitis vinífera). Las vides tienen una altura aproximada de 1,3 m., y se ubican en filas orientadas al NW-SE, con una distancia entre lindes de alrededor de 3 metros (para facilitar el acceso de maquinaria). Las áreas de suelo que se encuentran entre linde y linde se componen de suelo desnudo, aunque con un poco de recubrimiento por el crecimiento de algunas malas hierbas [3].

Para las medidas de campo dentro del viñedo, se seleccionaron al azar tres parcelas o plots de aproximadamente 3m. x 6m. Cada una de dichas parcelas está

compuesta por 3 transectos. Dichos transectos están separados por un metro de distancia y tienen una longitud de 6 metros, de tal manera que el punto de inicio y final de cada transecto se ubicaría en el centro entre dos hileras de vides. Un transecto de 6 metros se puede considerar como la unidad más pequeña y homogénea de medición en éste tipo de cultivo, de tal manera que si el transecto fuera desplazado dentro de la viña, siempre cubriría dos hileras de vides y dos áreas entre filas de vides (donde no hay viñedo, denominado suelo desnudo) [3]

Figura 7: Distribución de Plots en el viñedo objeto de estudio.

3.2.2. – VUELOS

En los vuelos realizados durante la campaña REFLEX, se tomaron datos con dos sensores; AHS (S / N 001, Argon ST, Fairfax, VA, EE.UU.) y CASI-1500 (ITRES Investigación Limited, Calgary, AB, Canadá). Pero en el caso del presente trabajo sólo se tratarán los datos correspondientes al sensor CASI. Ambos sensores AHS y CASI del INTA estaban montados en el CASA 212 a 200 N / S 270 avión "Paternina". Debido a que el objetivo general de la campaña apuntaba principalmente a las adquisiciones por parte del AHS, las configuraciones fueron diseñadas de tal manera que si se producían contradicciones entre AHS y CASI, se diese preferencia al AHS. Además las líneas de vuelo se colocaron para cubrir de forma óptima el lugar de calibración de pastizales, que estaba justo al lado de la viña [3].

Los datos fueron adquiridos en 2 alturas diferentes, ya sea con AHS como el sensor "maestro" (MSL5600FT) y CASI como "esclavo", o con el CASI como "maestro" (MLF9000FT) y AHS como "esclavo". Se realizaron dos líneas de vuelo a MSL5600FT (Figura 8) [3] y 5 líneas de vuelo a MSL9000FT, las líneas fueron diseñadas para cubrir múltiples ángulos de visión, de tal manera que se solaparan [3] (Figura 8).

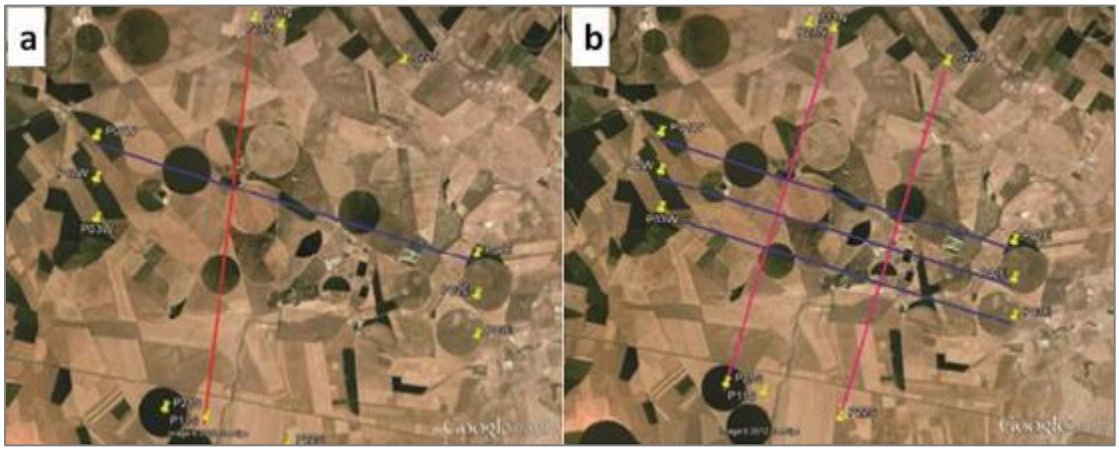


Figura 7: Líneas de vuelo [3].

Las ubicaciones exactas de las líneas de vuelo se dan en la Tabla 3. Las coordenadas del punto inicial y final de las líneas de vuelo se muestran, según el sistema WGS84/ETRS89. La altitud se da en pies sobre el nivel medio del mar.

La adquisición y procesamiento de datos fue realizado por el personal de INTA.

Línea/Dirección vuelo	Latitud	Longitud	Altitud (ft)
P01W	N39 3.929'	W002 7.429'	5600/9000
P01E	N39 2.980'	W002 3.450'	5600/9000
P02W	N39 3.599'	W002 7.429'	9000
P02E	N39 3.599'	W002 3.450'	9000
P03W	N39 3.270'	W002 7.429'	9000
P03E	N39 2.322'	W002 3.450'	9000
P11N	N39 4.882'	W002 5.774'	5600/9000
P11S	N39 1.661'	W002 6.281'	5600/9000
P21N	N39 4.836'	W002 5.496'	9000
P21S	N39 1.733'	W002 6.713	9000
P22N	N39 4.549'	W002 4.210'	9000
P22S	N39 1.446'	W002 5.427	9000

Tabla 3: Líneas y alturas de los vuelos

Primer día de vuelo (25/06/2012):

El primer vuelo fue el Miércoles, 25 de julio 2012. Las condiciones meteorológicas fueron algunas nubes altas y viento del sur con intensidad variable. La adquisición de datos se inició a las 08:41 UTC. Se formaron dos líneas sobre el campo de prueba a una altura de MSL5600FT, comenzando con P11 desde el sur hasta el final. Más tarde, el avión se volvió hacia el Oeste para volar P01 con 107 ° de rumbo verdadero [3].

El avión subió a MSL9000FT y fueron cubiertas cinco líneas más, primero P01, esta vez desde el este hasta el final, rumbo verdadero 287 °, luego P02 con rumbo opuesto, y P03 con 287 °. Después, P03 se repitió con rumbo opuesto (107 °) debido a las dificultades para seguir la línea nominal debido al viento cruzado [3].

A continuación en avión giró a la izquierda, con el fin de llevar a cabo P22 del Norte a Sur con 197 ° rumbo verdadero, y para terminar, P21 se realiza siguiendo un rumbo de 017 °. De adquisición de datos se completó a las 09:47 UTC [3].

Segundo día de vuelo (26/06/2012):

El segundo vuelo tuvo lugar el Jueves, 26 de julio 2012. Las condiciones meteorológicas eran cielos despejados con viento del sureste. La adquisición de datos se inició a las 08:42 UTC [3].

Se tomaron dos líneas de vuelo a MSL5600FT primero P11 fue tomado desde el sur hasta el final. Más tarde, el avión se dirigió a la izquierda para volar P01 con 107 ° rumbo verdadero [3].

A continuación el avión subió hasta MSL9000FT para completar otras tres líneas de vuelo: en primer lugar, P01 con un rumbo verdadero de 287 °, P21 con 017 ° y P22 con 197 ° .La adquisición de datos se completó a las 09:38 UTC (11:38 CEST) [3].

3.2.3. – IMÁGENES:

Las imágenes con las que trabajamos fueron corregidas atmosféricamente utilizando el módulo de corrección atmosférica ATCOR 4. Mediante éste proceso se obtienen imágenes con valores de reflectancia. La corrección atmosférica fue llevada a cabo por personal del INTA.

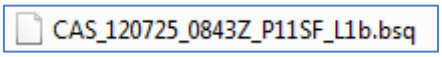


Figura 7: Ejemplo de nombre de imagen.

Nomenclatura de las imágenes (Figura 7 y Tabla 4) [4]:

CAS: Sensor (CASI)

120725: fecha de la toma (25 de Julio de 2012)

0843Z: hora de adquisición (8:43 UTC)

P11: línea de vuelo (pasada de vuelo)

SF: Spectral Full Resolution, máxima resolución espectral. En el caso de las imágenes denominadas en éste apartado como SF, tienen 288 bandas espectrales. En caso de nombrarse como E2, contienen 144 bandas espectrales.

L: grado de procesamiento de las imágenes (Level)

1b: calculada radiancia.

bsq: extension del archivo.

Field	Content	# Charact	Example	
Sensor	Sensor acquiring the image. Fixed field: CASI	3	***CAS***	***CASI***
Acquisition date	acquisition date as YearMonthDay: yymmdd	6	***90522***	***May 22nd, 2009***
Time Z	Time of acquisition, UTC (hhmm) followed by a Z to flag the field: hhmmZ	5	***1045Z***	***10:45 UTC***
Flight Line	Flight line identification, usually following the flight report. Fixed character "P" + line identification (XX): PXX	3	***P01***	***Flight Line 01***
	CASI image mode: MM E: Spectral E1: spectral, row sum 1 (288 bands) E2: spectral, row sum 2 (144 bands) E3: spectral, row sum 3 (96 bands) ... E9: spectral, row sum 9 EA: spectral, row sum 10 EB: spectral, row sum 11 EC: spectral, row sum 12 (24 bands) SF: Spatial Full resolution SX: Spatial with specific band set	1	***E3***	***Spectral 96 bands***
Processing level	Flag for processing level. Fixed field: L	1	***L***	***Level***
	1a: raw data	2	***1c***	***At-sensor georeferenced radiance nw/(cm2 sr nm)***

	1b: calibrated at-sensor radiance 1c: L1b georeferenced 2b: reflectance 2c: L2b georeferenced			***(= SRU/1000)***
Spectral range	Not specified: all bands acquired RGB: 4-bands subset for true or false colour combinations SUB: any other subset DCU: all bands but including dark current and uniformity frames	*3*	***RGB***	

Tabla 4: Nomenclatura de las imágenes [4].

SENSOR	FECHA VUELO	HORA ADQUISICIÓN	ALTITUD SOBRE EL TERRENO (m.)	TAMAÑO DE PÍXEL (m)	BANDAS ESPECTRALES
CASI	25/07/2012	8:43	1000	2	288
CASI	25/07/2012	8:51	1000	2	288
CASI	25/07/2012	9:02	1859	1.25	144
CASI	25/07/2012	9:11	1859	1.25	144
CASI	25/07/2012	9:19	1859	1.25	144
CASI	25/07/2012	9:28	1859	1.25	144
CASI	25/07/2012	9:38	1859	1.25	144
CASI	25/07/2012	9:46	1859	1.25	144
CASI	26/07/2012	8:44	1000	2	288
CASI	26/07/2012	8:53	1000	2	288
CASI	26/07/2012	9:09	1859	1.25	144
CASI	26/07/2012	9:19	1859	1.25	144
CASI	26/07/2012	9:27	1859	1.25	144
CASI	26/07/2012	9:40	1859	1.25	144

Tabla 5: Datos de imágenes captadas.

En éste proyecto, dependiendo de la altitud de vuelo en la captación de cada imagen, se trabajará con 288 bandas o con 144 (imágenes a 1000 m. de altitud: 144 bandas. Imágenes a 1859 m. de altitud: 288 bandas espectrales) También es reseñable que sólo se trabajará con diez imágenes, correspondientes a las horas 8:43, 8:51, 9:02, 9:11 y 9:46 del día 25 de julio de 2012, y las horas 8:44, 8:53, 9:09, 9:19 y 9:40 del día 26 de julio de 2012, ya que son aquellas imágenes donde se visualiza la viña correspondiente a la zona de estudio.

3.3. – DATOS DE CAMPO

3.3.1. – MEDIDAS DE CAMPO

Para la obtención de las medidas de campo fueron empleados dos espectroradiómetros GER1500 (Spectra Vista Corporación, Poughkeepsie, NY, USA) operando en el modo Bi-cónico de doble haz, utilizando un portátil equipado con el software DFOV 1500. En el modo de doble haz, uno de los espectroradiómetros se empleó como sensor de objetivo, mientras que el segundo dispositivo se usó como sensor de referencia. Ambos espectroradiómetros tienen que ser intercalibrados usando mediciones simultáneas de paneles de referencia.

Para las mediciones del objetivo, el sensor de referencia se mantuvo en un punto fijo sobre el panel de referencia, con ambos (sensor y el panel de referencia) fijados a trípodes. El sensor que mide el objetivo se monta en la parte superior de un poste de 2,8 m, usando cinta adhesiva. El ángulo entre el poste y el espectrómetro fue ajustado a aprox. 25 °, de modo que cuando el poste se inclina tomarse a 2,5 m de altura desde el nadir, para que el operador interfiera lo menos posible con el campo de visión del sensor. Durante la medición, los ángulos del poste y el sensor se verificaron por un miembro del equipo.

Los espectroradiómetros GER 1500 registran en el rango espectral de 350 a 1050 nm, con intervalos de 1 nm., y con una resolución espectral de 3,2 nm. Se ha usado un ángulo de 8 ° en el elemento óptico delantero, con lo que resulta en un campo de visión de 35 cm en el suelo a una altura de medición de 2,5 m. la velocidad de Integración se pone en automático. Cada muestra representa el promedio de 16 exploraciones.

Webcam

Además, para cada espectro medido, fue grabada una foto con una cámara web conectada en el ordenador (Figura 10), con el fin de estimar más tarde la cobertura fraccional de suelo y la vegetación de la imagen, después de intercalibración de los campos de visión de la cámara y el espectrómetro. La cámara web se montó en la parte superior del objetivo del espectroradiómetro GER 1500, mirando en la misma dirección que el sensor.

Figura 8: Sensor de medidas de campo montado sobre un poste, sobre el objetivo.

METODOLOGÍA: Plan de muestreo de campo

Los espectros de campo se recogieron en 3 parcelas (plots) con 3 transectos respectivamente. El plot 1 y el primer transecto del plot 2 fueron muestreados el 25 de julio de 2012 en tras 08:00-10:10 UTC; el transecto 2 y 3 del plot 2 y el total del plot 3 se tomaron el 26 de julio 2012 entre 8:20 y las 11:20 UTC. Por lo tanto, la adquisición de datos de campo y el aire se llevó a cabo de forma simultánea (los plots serán identificaron como V1, V2 y V3 a partir de ahora).

Para capturar una muestra representativa, es decir, una representación imparcial de cubiertas fraccionarias de la vegetación y el suelo desnudo dentro de un transecto, los espectros se registraron cada 25 cm. En total, se recogieron 236 espectros.

Las mediciones de intercalibración se llevaron a cabo antes y después de las mediciones de cada plot.

Para la validación de los datos obtenidos por el sensor CASI se utilizarán los valores medios de los tres Plots (suma de los tres Plots, dividido entre 3 muestras; Plot Medio)

3.3.2. – TRATAMIENTO DE LOS DATOS DE CAMPO

Las mediciones de radiación tomadas por el espectroradiómetro GER fueron convertidas a reflectancia. Los cálculos se realizaron en Excel utilizando el GER 1500 DFOV Plantilla de reflectancia (versión 031) proporcionado por NERC (http://fsf.nerc.ac.uk/calibration/cal_files.shtml). Una vez completado éste paso, todos los espectros fueron remuestreados para que coincida la resolución espectral del sensor CASI. Una vez que los datos de ambas fuentes son comparables, se llevaron a cabo diferentes técnicas estadísticas para entender algunos de los problemas en el proceso de ampliación de la escala de un cultivo heterogéneo como es una viña. Se procede realizando los siguientes pasos:

1) Cálculo de los espectros representativos de vegetación y suelo desnudo para cada uno de los plots de estudio: se selecciona en cada plot las 6 medidas de campo con el NDVI más alto (Figura 9). Éstas medidas corresponden a píxeles que contienen hojas de vid en su totalidad. Se calcula la media y ésta medida se toma como representativa de la vegetación para ése plot. Para el cálculo del espectro representativo del suelo se calcula la media del resto de espectros de campo para ese plot, ignorando las 4 medidas más próximas a cada vid (dos a cada lado), ya que pueden estar contaminadas por los píxeles de vid contiguos. Debido a que la comprobación de los datos del sensor CASI van a ser comparados con los valores de Plot Medio, se debe realizar la media de los tres plots para las medidas de suelo desnudo y de vegetación.
2) Se remuestrean los espectros de vegetación y suelo del Plot Medio para que las longitudes de onda coincidan con las del sensor CASI, con el fin de poder realizar una comparación estadística entre medidas de campo y medidas del sensor CASI. Utilizando el software ENVI, se procede de la siguiente manera:

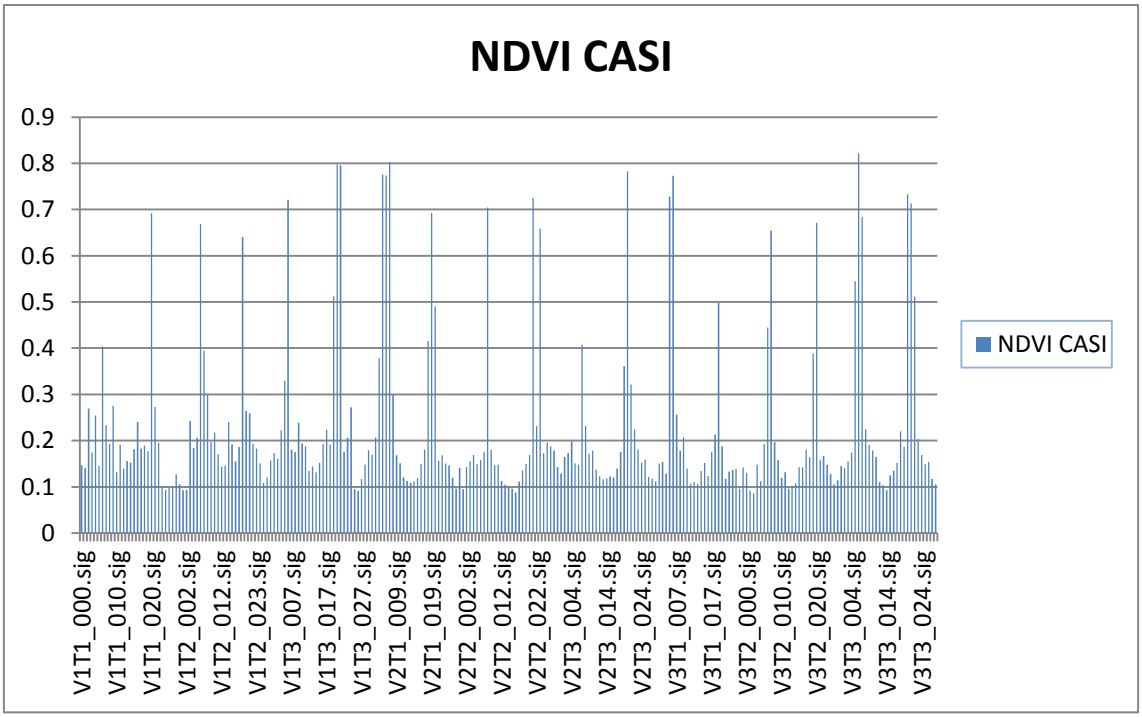


Figura 9: Medidas NDVI. Sensor CASI

Remuestreo de los datos de campo:

Puesto que los canales de medida del espectroradiómetro GER (a partir de ahora denominadas medidas de campo), no coinciden con las del sensor CASI, debemos remuestrear las medidas de campo.

Disponemos de las medidas de reflectancia de campo medidas con el espectroradiómetro. Éste instrumento mide desde 350 nm hasta 1088, a intervalos de 1 nm. También disponemos de los datos aerotransportados del sensor CASI, que mide desde 363 nm hasta 1052 nm. A la hora de remuestrear se debe tener en cuenta la anchura de los canales del CASI, la cual depende del número de canales, pues dicho sensor puede funcionar con 144 o con 288 canales. En el caso de trabajar con 288 canales, la resolución espectral es de 2.4 nm, y en el caso de trabajar con 144 canales la resolución espectral es de 4.8 nm.

Una vez se tiene en cuenta lo anterior se comienza a realizar el proceso de remuestreo, para que las medidas de campo y las del CASI estén dadas para las mismas longitudes de onda y con la misma resolución espectral:

1) Lo primero que necesitamos son los espectros de las medidas de campo (GER) de suelo desnudo y de vegetación, por separado, construidos con los datos de plot medio (la media de los tres plots), con las longitudes de onda (λ) en nm y en formato tipo texto, denominados como:
   - GER_soil_V_MEDIO_nm.txt: datos suelo desnudo, Plot Medio
   - GER_veg_V_MEDIO_nm.txt: datos de vegetación, Plot Medio
2) Es necesario disponer de un fichero tipo texto con las longitudes de onda del CASI en una columna y en otra columna contigua, la anchura media altura (FWHM = Full Width at Half Maximun, tomada como resolución espectral) de cada banda.

   Para disponer de éste fichero se debe abrir una imagen en ENVI correspondiente a la zona de estudio (sin tener en cuenta la información que aporta, ya que lo que queremos obtener es un fichero con las longitudes de onda de dicho sensor) A continuación, pinchamos con el botón derecho sobre la imagen -> *Z Profile (Spectrum)*:

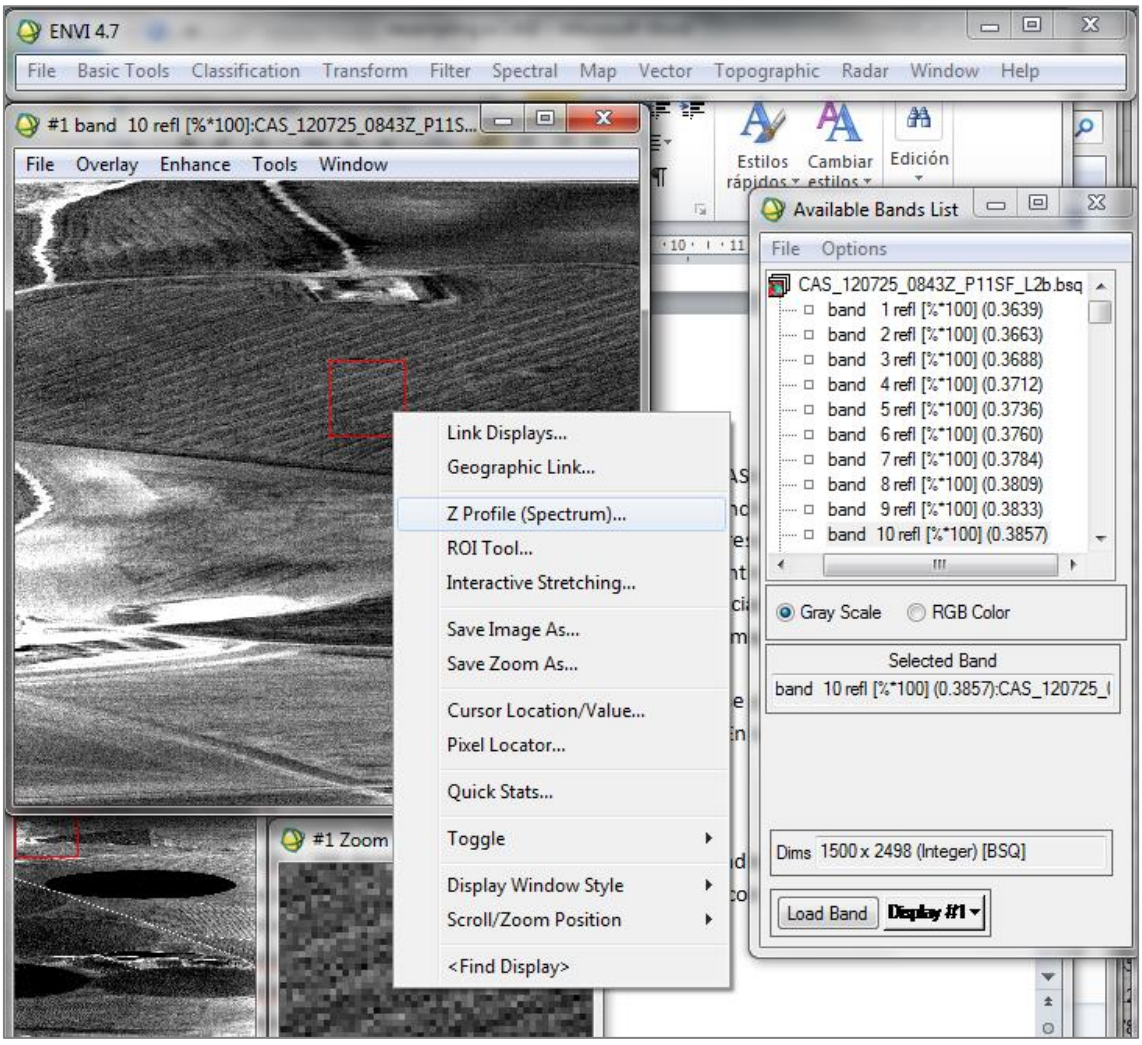


Figura 10: Z Profile (Spectrum)

Sobre la nueva ventana emergente aparece un perfil correspondiente al espectro de un píxel cualquiera:

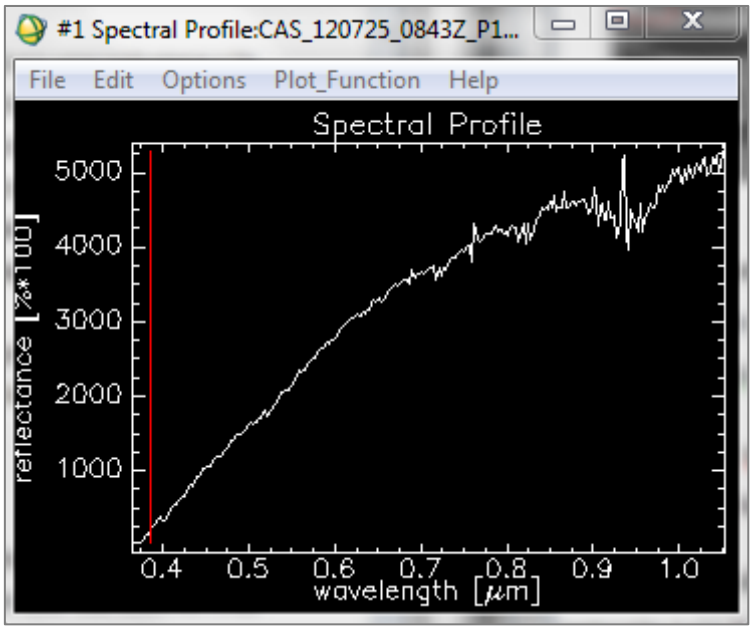


Figura 11: Perfil espectral de un píxel cualquiera.

A continuación; File -> Save Plot as-> ASCII. (Se debe realizar el anterior proceso dos veces, uno para las imágenes con 144 canales otra para las imágenes de 288 canales)

En el fichero de salida obtenemos en la primera columna la longitud de onda de cada canal del sensor CASI, y en la otra será DN o valor de reflectancia, según el fichero que hayamos escogido. Como se dice anteriormente, sólo necesitábamos las longitudes de onda de cada canal, por lo que la segunda columna no es necesaria, y procedemos a sustituir dichos valores por el valor de FWHM en la segunda columna, según la imagen sea de 144 canales (4.8 nm.) o 288 (2.4 nm.) Dichos ficheros han sido denominados como:

-CASIwavelenghtsFWHM144

-CASIwavelenghtsFWHM288

Y deben tener la siguiente estructura:

ENVI	ASCII	Plot	File	ENVI	ASCII	Plot	File
Column	1:	wavelength		Column	1:	wavelength	
Column	2:	X:201	Y:200~~1	Column	2:	X:201	Y:200~~1
365.1	4.8			363.9	2.4		
370	4.8			366.3	2.4		
374.8	4.8			368.8	2.4		
379.6	4.8			371.2	2.4		
384.5	4.8			373.6	2.4		
389.3	4.8			376	2.4		
394.2	4.8			378.4	2.4		
399	4.8			380.9	2.4		
403.8	4.8			383.3	2.4		
408.7	4.8			385.7	2.4		
413.5	4.8			388.1	2.4		
418.3	4.8			390.5	2.4		
423.1	4.8			393	2.4		

Figura 12: CASI FWHM imágenes de 288 y 144 canales.

3) El tercer elemento necesario para poder realizar el proceso de remuestreo a través del software ENVI, es construir librerías espectrales; una para los espectros de suelo desnudo y otra para vegetación. Se procede de la siguiente manera a través del software ENVI:

   En la barra de herramientas de ENVI: *Spectral -> Spectral Libraries -> Spectral Libraries Builder*

   Se abre una ventana donde debemos marca: *First Input Spectrum -> OK*.

   Se abre otra ventana denominada *Spectral Library Builder*. En ella:

   Import -> From ASCII File -> GER_soil_Vmedio_nm.txt (o GER_veg_Vmedio_nm.txt, ya que hay que crear una librería para datos de suelo desnudo y otra para vegetación)

   Se abre Input ASCII File, y en ella: *Wavelength units: nanometres -> OK*

   Tras pulsar OK, ENVI vuelve a abrir la ventana Spectral Library Builder, y en ella: *Plot -> File -> Save Plot As -> Spectral Library*. Y en la última ventana emergente debemos introducir el nombre de salida para la librería: GER_soil_Vmedio_nm.

   Se debe realizar de nuevo ésta operación, para crear una librería para vegetación: GER_veg_Vmedio_nm.

4) Después de realizar los tres pasos anteriores tenemos todo lo necesario para resamplear. Se procede de la siguiente manera en ENVI:

   Spectral -> Spectral Library -> Spectral Library Resampling. Se abre la ventana *Spectral Library Resampling Input File*, donde debemos seleccionar la librería de campo que queremos remuestrear, por ejemplo GER_soil_Vmedio_nm (se debe hacer con cada una de las dos librerías)

A continuación, se abre la ventana *Spectral Resampling Parameters*, y en ella: *Resample Wavelengths to -> Import ASCII file -> Enter Output Filename*: GER_soil_Vmedio_nm_resampled_288 o GER_soil_Vmedio_nm_resampled_144, dependiendo si se procede a remuestrear a 288 o a 144 canales.

Posteriormente se abre la ventana Enter File containing Output Wavelenghts. En ella seleccionar: CASIwavelenghtsFWHM144.txt o CASIwavelenghtsFWHM288.txt (Wavelength: column 1, FWHM: column 2 y Wavelenght Units como nm.)

Para terminar, es necesario guardar la librería creada con los datos remuestreados como un fichero de tipo texto, para posteriormente poder realizar análisis estadísticos con dichos datos. Éste paso se realiza de la siguiente manera a través de la barra de herramientas de ENVI:

Spectral -> Spectral Libraries -> Spectral Libraries Viewer

En la ventana emergente, seleccionamos el archivo con las medidas remuestreadas. A continuación: *File -> Save Plot As -> ASCII File*, y lo guardamos como GER_soil_Vmedio_nm_X.txt o GER_veg_Vmedio_nm_X.txt, con X = 144 o 288 según remuestreemos 144 o 288 canales. El resultado son 4 ficheros (GER_soil_Vmedio_nm_144.txt, GER_soil_Vmedio_nm_288.txt, GER_veg_Vmedio_nm_144.txt GER_veg_Vmedio_nm_288.txt) con la siguiente estructura:

```
ENVI ASCII Plot File [Tue Jun 02 22:34:51 2015]
Column 1: Wavelength
Column 2: GER_soil_V_MEDIO_nm.txt:C2~~1
   363.899994   0.066618
   366.299988   0.065908
   368.799988   0.065645
   371.200012   0.065640
   373.600006   0.065606
   376.000000   0.065664
   378.399994   0.066054
   380.899994   0.066480
   383.299988   0.067018
   385.700012   0.067670
   388.100006   0.068194
   390.500000   0.068568
   393.000000   0.069184
   395.399994   0.069941
   397.799988   0.070855
   400.200012   0.071447
   402.600006   0.071948
```

Figura 13: GER_soil_V_MEDIO_nm.txt

3.4. – PROCESO DE VALIDACIÓN

En el presente proyecto se pretende dar validez a los datos tomados por el sensor CASI y al proceso de corrección atmosférica, de tal manera que los datos ofrecidos por las imágenes captadas por el sensor CASI tengan valor de fiabilidad.

La concordancia entre los espectros obtenidos por el sensor CASI y los obtenidos por el espectroradiómetro depende de la naturaleza del objeto observado y empeora al aumentar la proporción de suelo [3]. En el caso de un cultivo como un viñedo dado su carácter heterogéneo, cualquier pixel se espera que incluya suelo y vegetación. Así, hemos modelado los espectros obtenidos por el sensor como una combinación lineal de dos reflectancias procedentes de la tierra y vegetación. La relación lineal se puede escribir de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{\rho}\ (\boldsymbol{CASI}) = \boldsymbol{S} \times\ \boldsymbol{\rho}(\textbf{suelo campo}) + \mathbf{V} \times \boldsymbol{\rho}(\textbf{vegetación campo})$$

Siendo:

- $\boldsymbol{\rho}$ (CASI) : reflectancia medida por el sensor CASI
- v : variable vegetación
- $\boldsymbol{\rho}$v : reflectancia medida por el espectroradiómetro para la vegetación
- s : variable suelo
- $\boldsymbol{\rho}$s : reflectancia medida por el espectroradiómetro para el suelo

Las firmas espectrales $\boldsymbol{\rho}$ s y $\boldsymbol{\rho}$ v no tienen que ser entendidas como firmas espectrales puras del suelo y puras de vegetación, sino como dos firmas espectrales obtenidas de mediciones terrestres que representan los dos extremos de todos los posibles espectros mixtos suelo-vegetación. Esto es fácilmente entendible en el caso de $\boldsymbol{\rho}$ v, ya que incluso en el caso de que la medición se tome justo encima de la cubierta vegetal, alguna radiación procedente del suelo será tomada por el radiómetro debido al campo de visión del instrumento.

El cálculo estadístico se realiza con un 95% de confianza y con un nivel de significación del 5%. Con esto queremos decir que aquellos pixeles para los que el p_valor de v es menor de 0.05, la variable v es explicativa, lo mismo en el caso de s [8].

Ya que es de esperar que el parámetro v proporcione información sobre el estado de la vid, posteriormente, se representa el NDVI de cada pixel frente al valor de v para

aquellos píxeles para los que v > 0 o p-valor (v) < 0.05. Se encontrará una relación lineal entre ambos.

4.- PROCEDIMIENTO

4.1. – GEORREFERENCIACIÓN DE IMÁGENES

Se define georreferenciación como proceso mediante el cual se efectúa la alineación de una imagen respecto a un sistema de coordenadas de referencia de forma que cualquier punto de la misma adquiera unas coordenadas concretas. De ésta manera se dota de validez cartográfica a una imagen obtenida a partir de un sensor aerotransportado, corrigiendo geométricamente la posición de las celdas y atribuyéndoles coordenadas en algún sistema de referencia [1].

Las imágenes proporcionadas por el INTA no están georreferenciadas, pero junto con las imágenes se nos proporciona un fichero de geo-localización que nos permite realizar la misma. Dicha georreferenciación se lleva a cabo con el programa ENVI a través del siguiente proceso:

Primero debemos crear un GTL, a partir de la barra de herramientas de ENVI: *Map ->Georreference from Input Geometry -> Build GTL*.

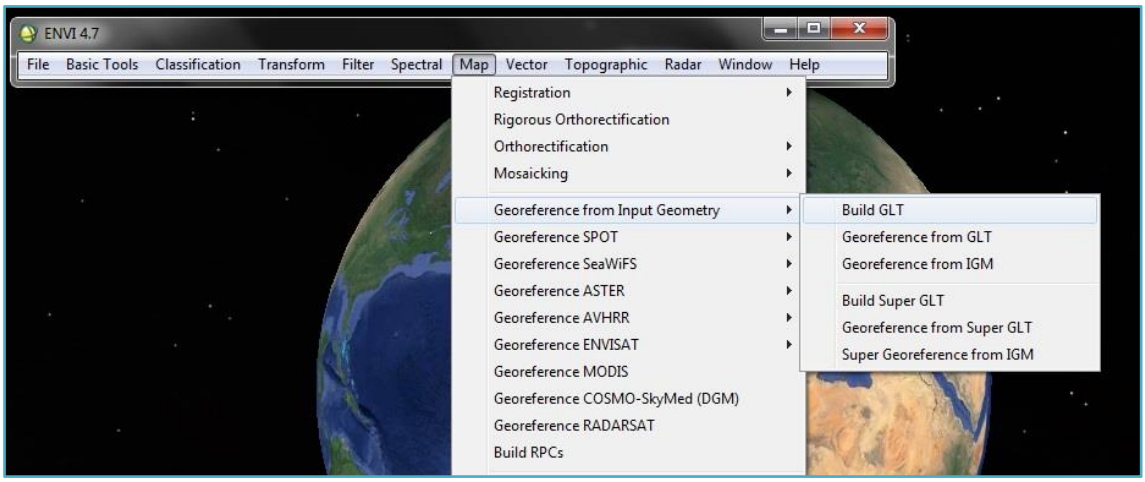


Figura 14: Construcción GTL.

Se abre la ventana siguiente, donde debemos marcar la pestaña Open, y abrir el archivo de geolocalización correspondiente a la imágen, con la extensión .glu:

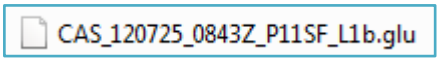


Figura 14: Archivo imagen formato .glu.

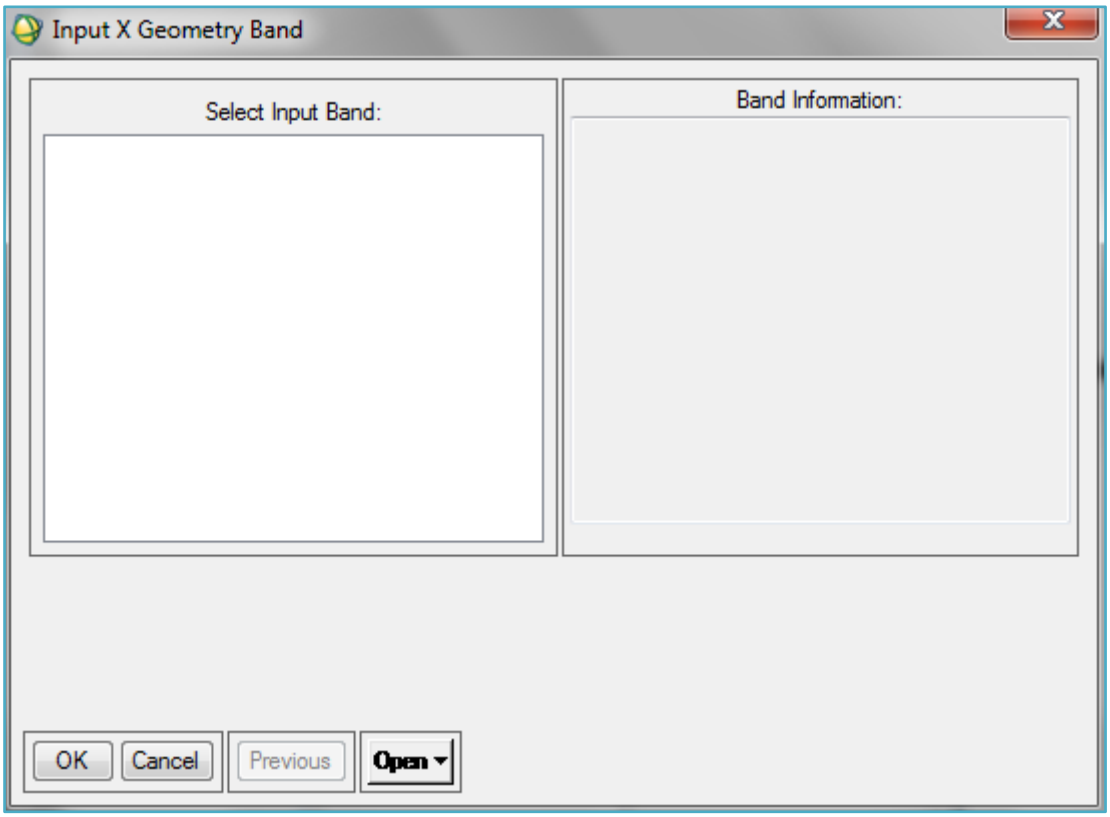


Figura 15: Input X Geometry Band.

Habiendo cargado archivo geolocalizador correspondiente de la imagen, la ventana anterior tiene el aspecto siguiente:

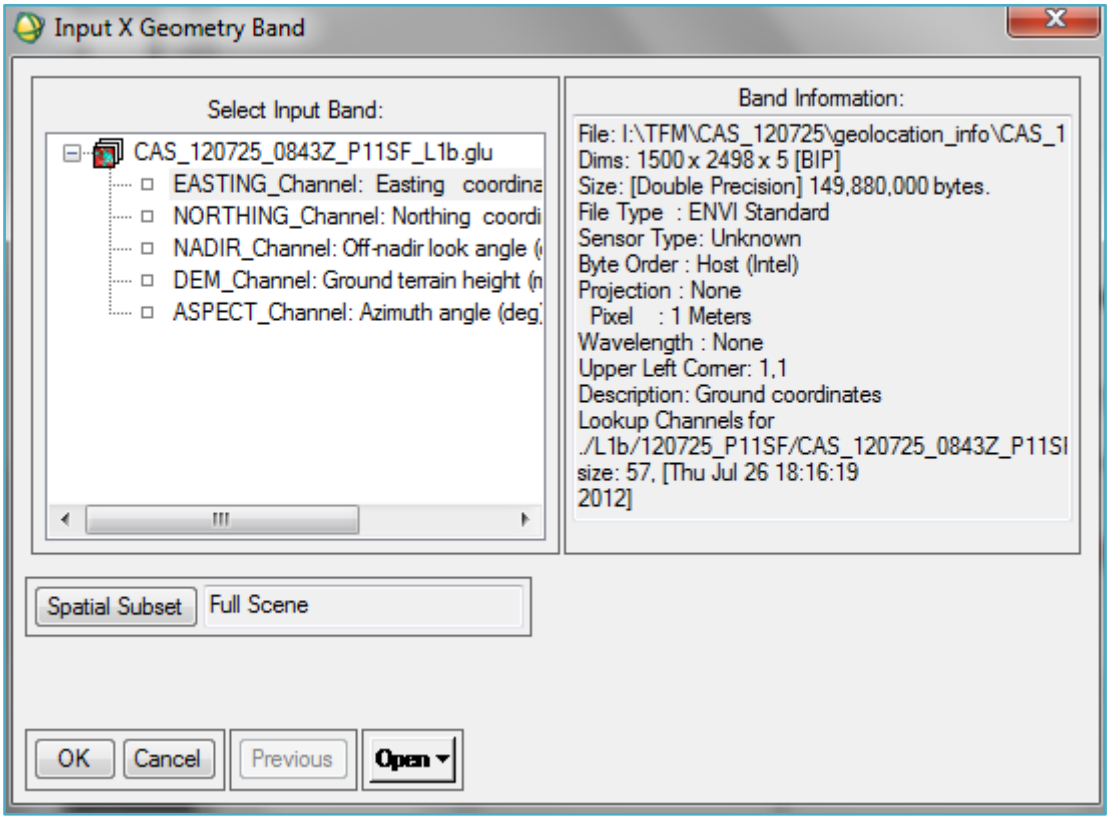


Figura 16: Input X Geometry Band.

Como dice el nombre de la ventana (Input X Geometry Band), debemos seleccionar la referencia de X (EAST) Una vez pulsado OK, aparece la ventana siguiente, donde nos pide la referencia de la Y, teniendo que marcar NORTHING, y posteriormente OK;

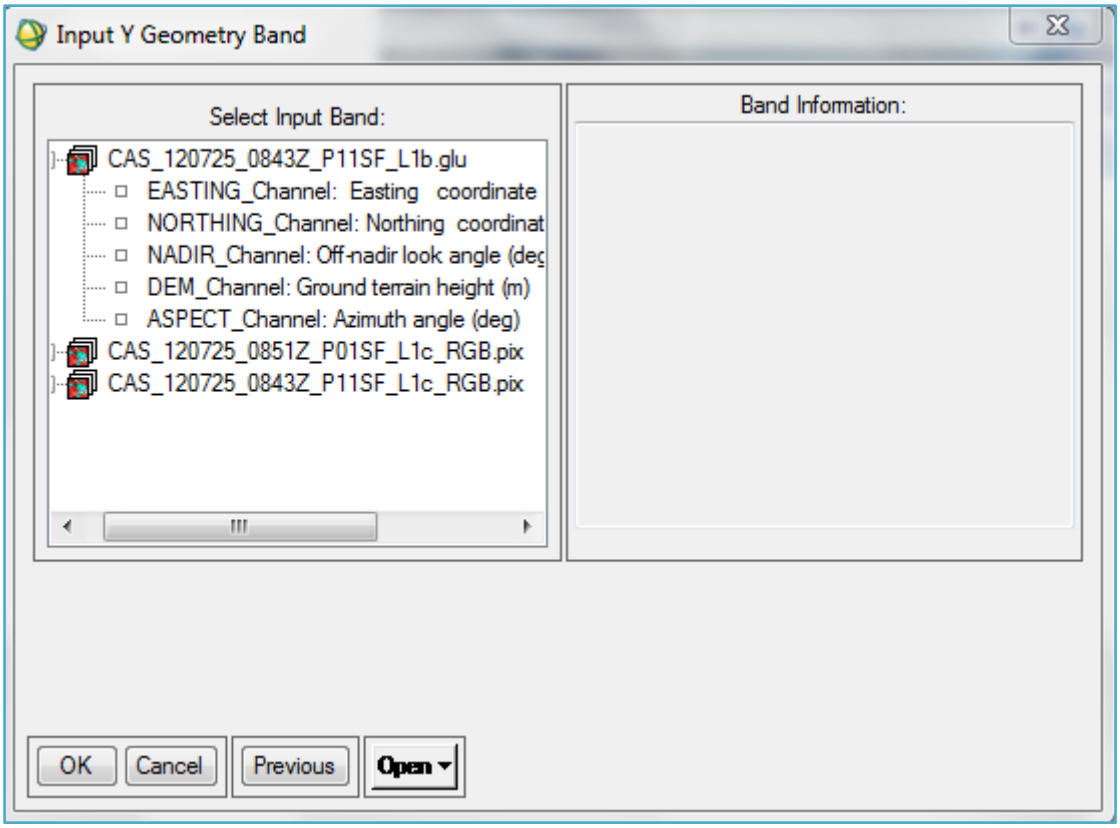


Figura 17: Input Y Geometry Band.

A continuación se abre Geometry Projection Information, seleccionando como proyección UTM, zona 30 Norte, y dátum WGS84;

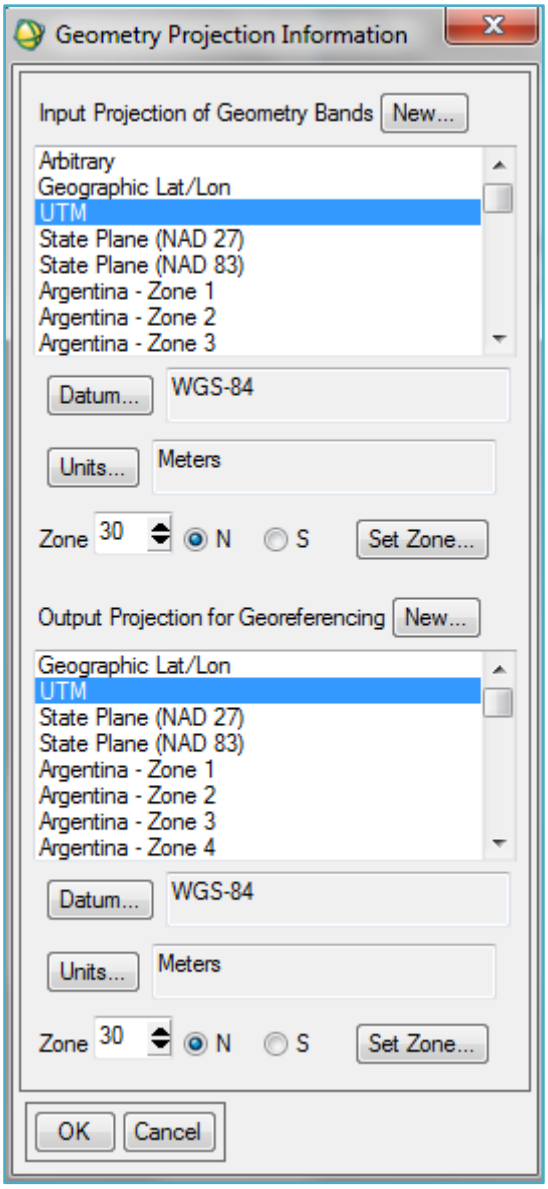


Figura 18: Geometry Projection Information.

Al dar OK, se construye el GTL, e irrumpe una ventana para elegir el tamaño de pixel (dependiendo la altitud del vuelo; a 1000 metros de altura, 2 metros tamaño de píxel. A 1859, 1,25 metros tamaño de píxel)

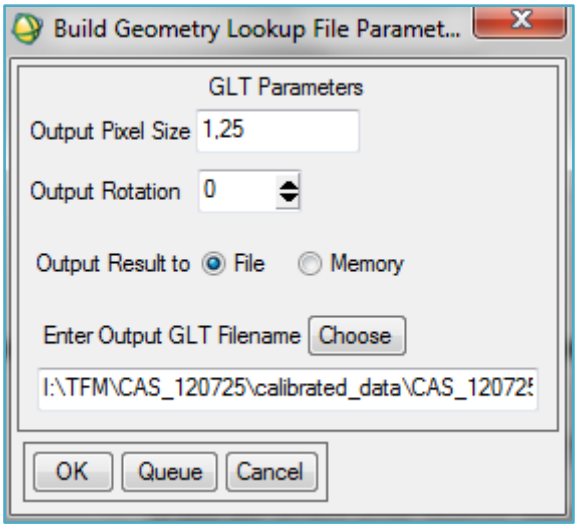


Figura 19: Build Geometry Lookup Parameters.

Damos nombre al archivo GTL y lo ubicamos para guardarlo. Ya tenemos disponible el archivo GTL para comenzar la georreferenciación de la foto correspondiente.

Ahora para georreferenciar la imagen, debemos, en la barra de herramientas de ENVI, ir a Map-> Georreference from Input Geometry-> Georreference from GTL:

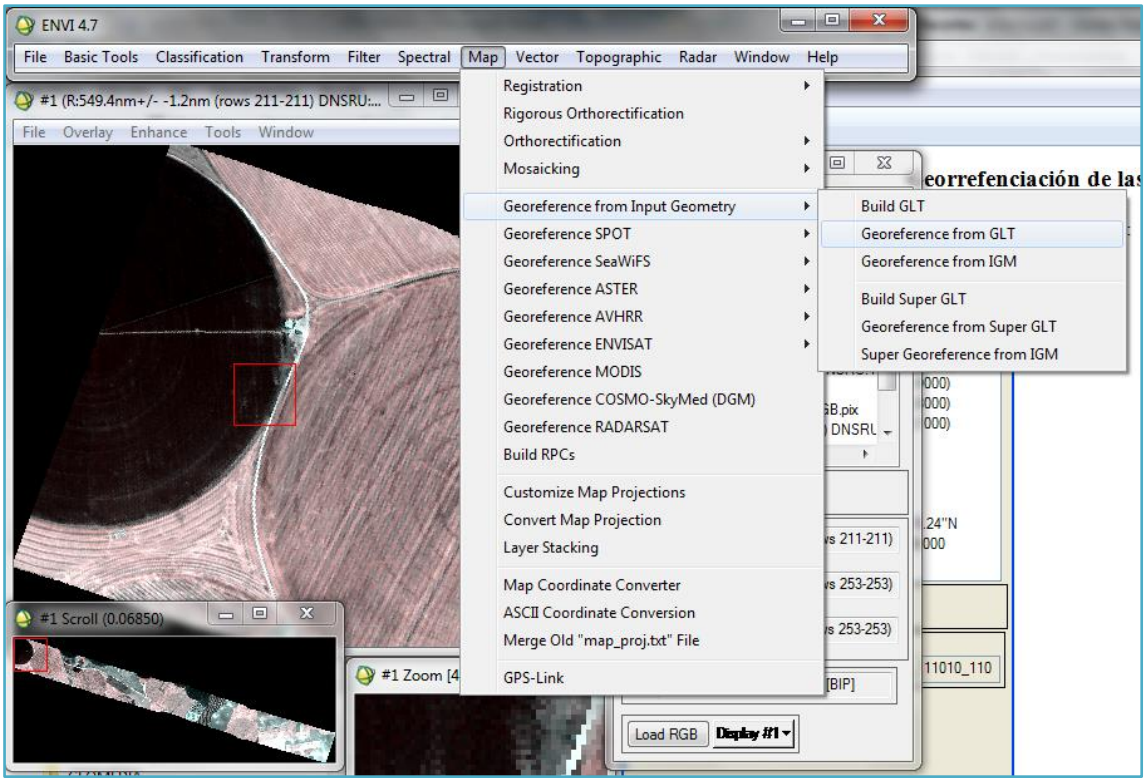


Figura 20: Georreference from GTL.

Seleccionar archivo GTL para georeferenciar, dar OK:

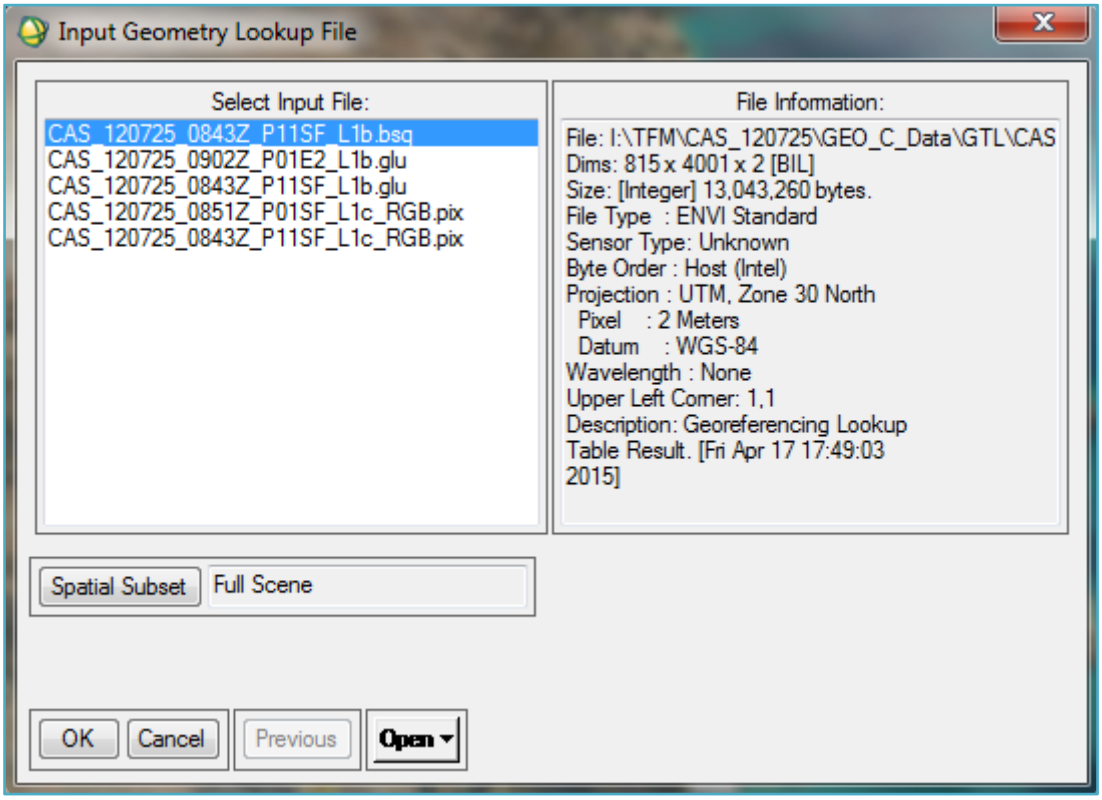


Figura 21: Input Geometry Lookup File..

En la siguiente ventana cargar la imagen a georreferenciar, y OK:

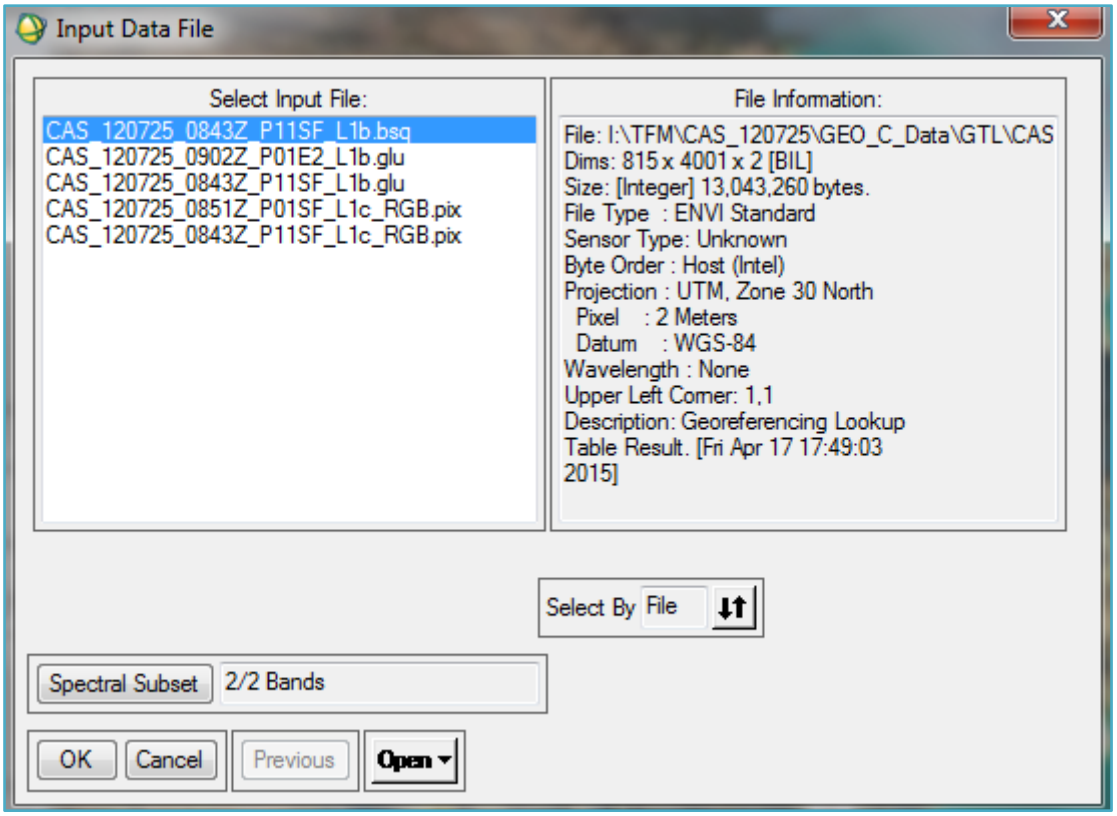


Figura 22: Input Data File.

Más tarde aparece:

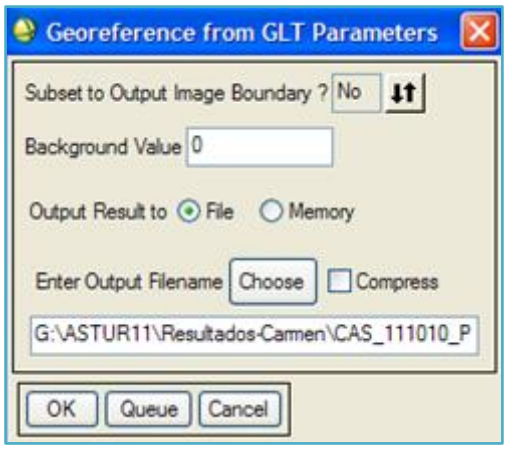


Figura 23: Georreference from GTL Parameters.

En dicha ventana, ponemos nombre a la nueva imagen ya georreferenciada y la guardamos.

4.2. – RECORTE DE IMÁGENES

Debido a que sólo vamos a trabajar los datos correspondientes al viñedo sobre el que se basa el estudio, debemos crear una máscara o región de interés (ROI), que nos permitirá quedarnos solamente con ésa parte. Para ello, una vez que abrimos una imagen con el software ENVI, es posible crear la ROI (Región of Interest) en Basic Tools-> Region of Interest-> ROI Tool:

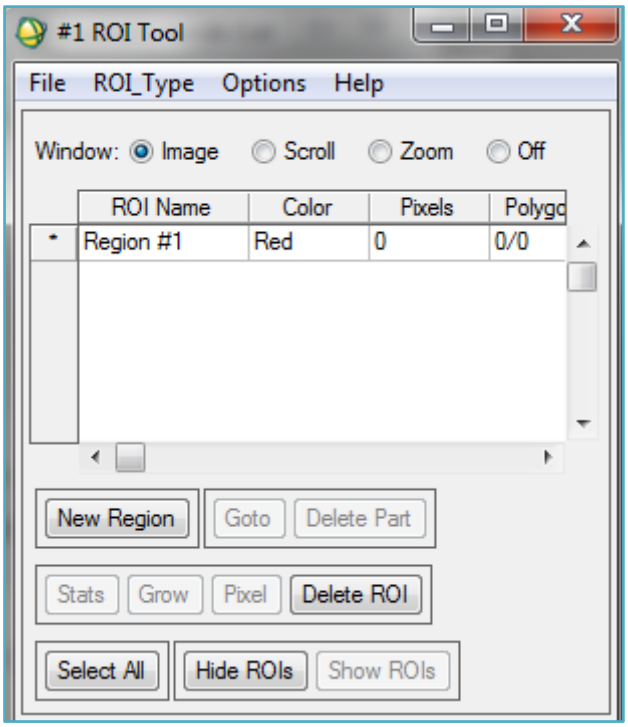


Figura 24: ROI Tool.

Una vez hemos elegido la región de interés mediante un rectángulo, guardamos la imagen recortada en el menú Basic Tools -> Subset Data Via ROIs, apareciendo la siguiente ventana, donde debemos introducir el nombre de la imagen de salida y su ubicación.

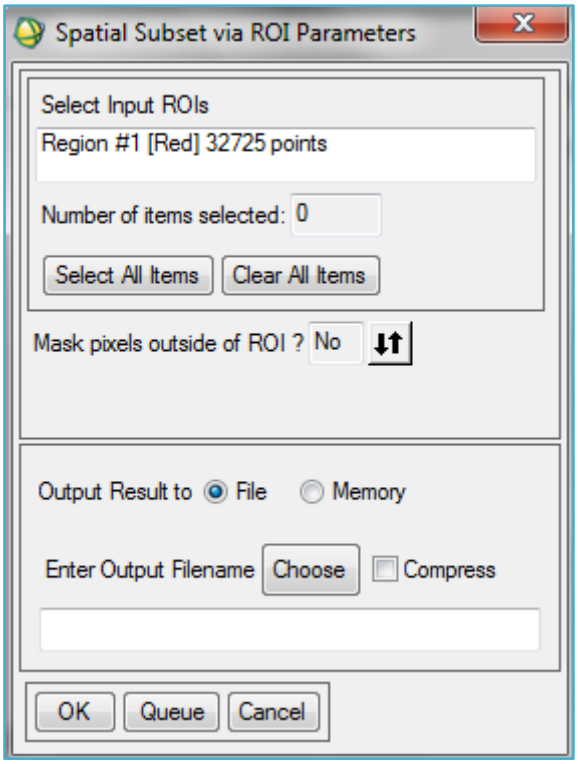


Figura 25: Spatial Subset via ROI Parameters.

4.3. – CREACIÓN DE LA MALLA

A continuación creamos una malla empleando el programa Arcgis con el fin de poder extraer la reflectividad de cada pixel perteneciente a la zona del viñedo de estudio.

Para abrir con ArcGis las imágenes recortadas debemos cambiar la extensión del fichero a .hdf.

La malla se crea a partir de la herramienta Create Fishnet (Data Management Tools -> Feature Class -> Create Fishnet). En ella nos pide el tamaño del píxel de la imagen (en función de la altitud de vuelo) y el número de filas y columnas, que se obtiene a través de ENVI, teniendo una imagen abierta en visualización: File -> Edit ENVI Header.

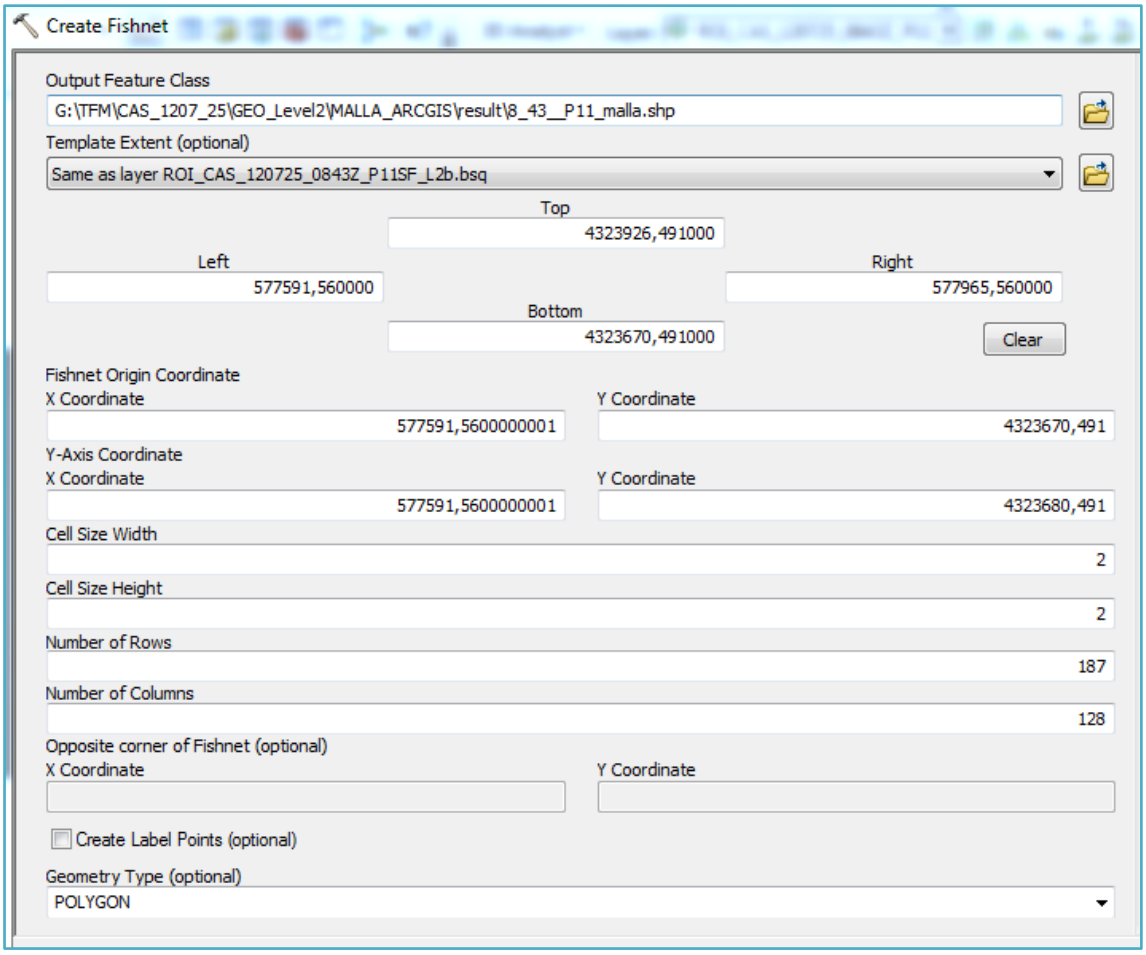


Figura 26: Herramienta Create Fishnet (ArcGis).

Una vez realizado el paso anterior, ArcGis crea una malla y una malla de centroides (ambas de tipo vectorial) en función del tamaño de píxel asignado, y cuya ubicación cubre toda la imagen. Puesto que sólo queremos tener la malla y malla de centroides correspondiente al viñedo de la zona de estudio, hacemos una selección de los registros correspondientes a dicha zona, mediante la herramienta de selección de entidades mediante un polígono.

A continuación se muestran la malla y la malla de centroides ubicadas sobre el viñedo, después de haber eliminado aquellos registros que se encuentran fuera de la zona de estudio, para posteriormente poder obtener únicamente datos de reflectancia de ésta zona, obtenidos por el sensor CASI.

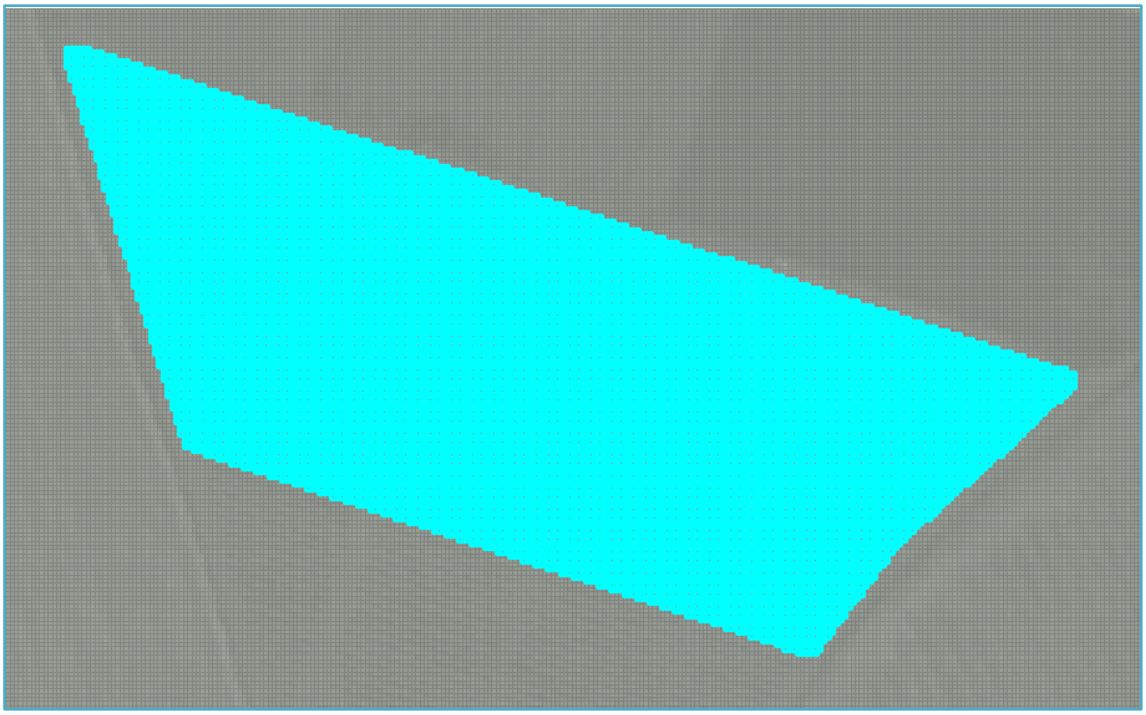


Figura 27: Malla con trasparencia, superpuesta sobre imagen CASI.

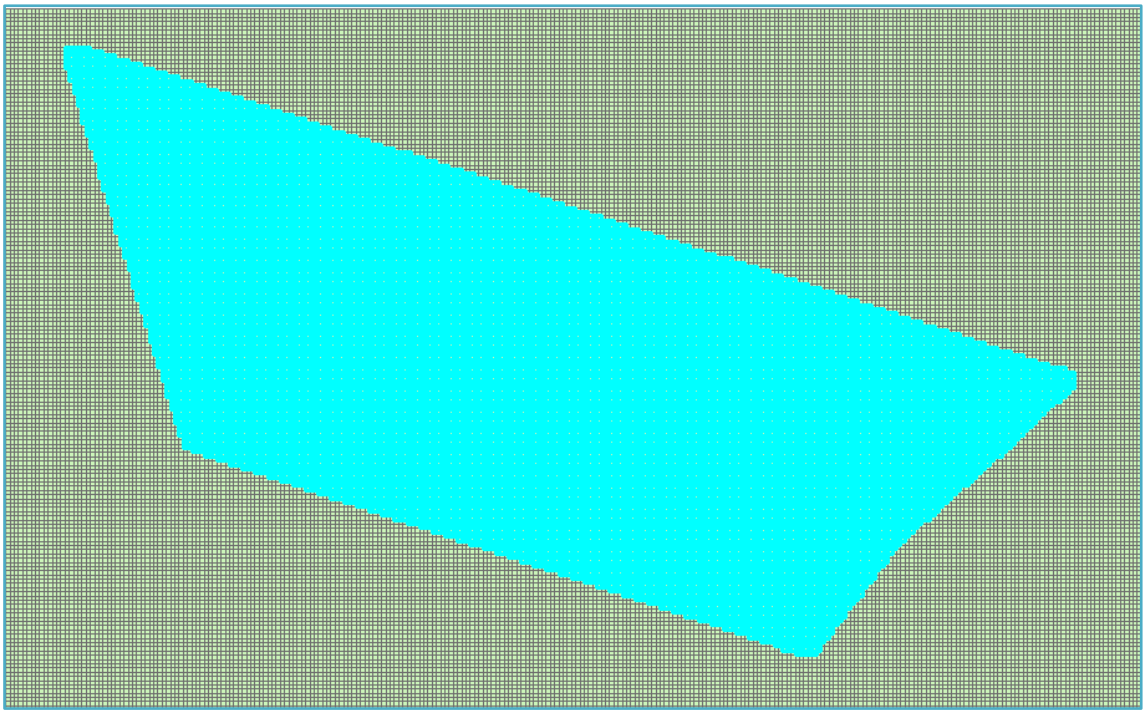


Figura 28: Malla obtenida, con los seleccionados registros correspondientes al viñedo.

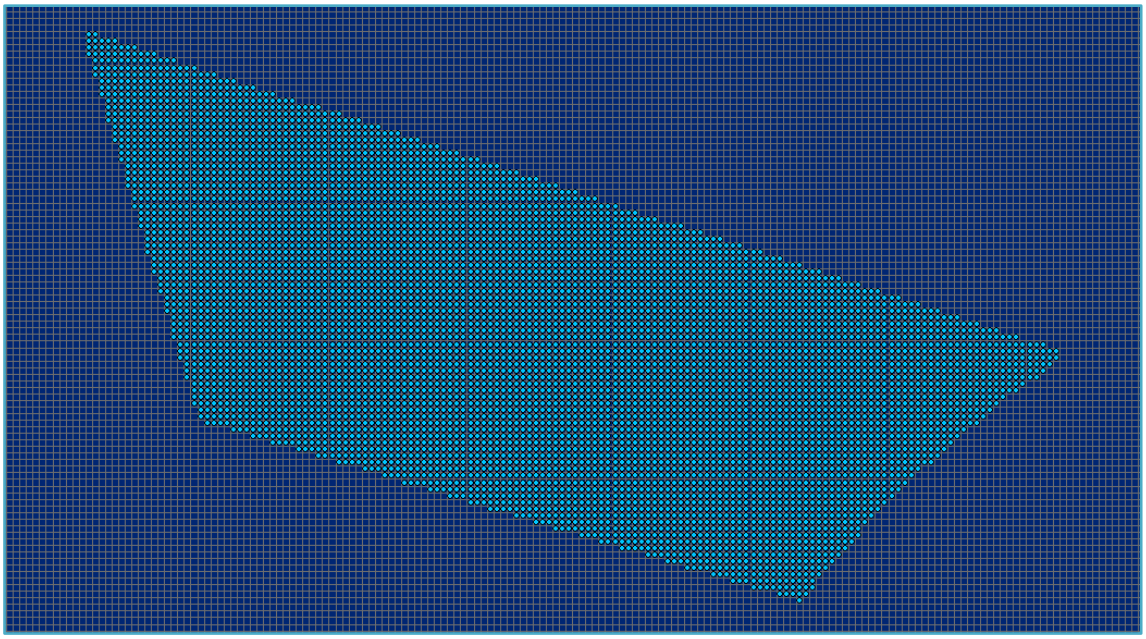


Figura 29: Malla de centroides obtenida, con los seleccionados registros correspondientes al viñedo.

Una vez realizado el proceso anterior, debemos enlazar la malla creada en ArcGis con cada una imagen de las imágenes para poder extraer la reflectividad de cada píxel. Para ello se procede desde ENVI; abrimos una de las imágenes: File -> Open Image File. Sobre ella abrimos el vectorial de centroides: File -> Open Vector File. A continuación irrumpe una ventana denominada Available Vectors List –> File -> Export Layers to ROI, seleccionando la opción convert each record of an evf to New ROI. Una vez realizado lo anterior se procede seguidamente a la extracción de reflectividades.

4.4. – EXTRACCIÓN DE REFLECTIVIDADES

El proceso de extracción de reflectividades de las imágenes obtenidas por el sensor CASI de INTA se realiza utilizando un scrip programado en IDL, proporcionado por Juan José Peón García, descargado de la librería de código de IDL. El scrip se expone a continuación:

```
; DATE: 08/22/00
;
; Modified by Jonathan Greenberg 2/18/04 to use comma separation
;   and include a header line (the band names) that other programs
;   can read.
;
; OBJECTIVE: Extract data from ROIs and saves in a format
;            compatible with other database programs.
;
; USAGE: Under ENVI prompt type rois_to_csv. Then press enter.
;        and follow the steps.
;
; *****************************************************************
pro rois_to_csv
  ;Select file name to save
 filename=dialog_pickfile(Title='Enter File Name')
 if filename eq '' then return
 Openw, lun, filename, /Get_lun
  envi_select, title='Input Filename', fid=fid, pos=pos
  if (fid eq -1) then return
  envi_file_query,fid,bname=bname,nb=nb
  bname=["ROI_Name",bname]
  printf,FORMAT='(1000(A,:,","))',lun, bname
  ;Check ROIs associated with the image
  roi_ids = envi_get_roi_ids(fid=fid, roi_names=roi_names,/Short_name)
  if (roi_ids[0] eq -1) then begin
    print, 'No regions associated with the selected file'
    return
  endif
  ; Compound widget for ROI selection
  base = widget_auto_base(title='ROI Selection')
  wm   = widget_multi(base, list=roi_names, uvalue='list', /auto)
  result = auto_wid_mng(base)
  if (result.accept eq 0) then return
  ptr = where(result.list eq 1, count)
  ; ROI data extraction
  for i=0l, count-1 do begin
     ;Initialize temp_data to hold the ROI's data
      data = envi_get_roi_data(roi_ids[ptr[i]], fid=fid, $
      pos=[0])
      temp_data = fltarr(n_elements(pos),n_elements(data))
      ;Extract the data for each ROI
       for j=0l, n_elements(pos)-1 do begin
              data = envi_get_roi_data(roi_ids[ptr[i]], fid=fid, $
              pos=pos[j])
              temp_data[j,*] = data
              help, temp_data
          endfor
       ;Prints the ROI data to filename
          for k = 0L, n_elements(temp_data[0,*])-1 do begin
              printf, FORMAT='(A,:,",",1000(F12.4,:,","))',lun, roi_names[i],
temp_data[*,k]
          endfor
       ;Returns to the next ROI
  endfor
   Free_lun, lun
   print,'Done!'
end
```

Tras asociar la malla de centroides (vectorial) a la imagen CASI a través de ENVI, se debe ejecutar el scrip a través de ENVI IDL Workbench. Tras su ejecución se obtiene un fichero de texto con un valor de reflectividad para cada uno de los puntos de la malla de centroides, que corresponde a cada píxel ubicados en el viñedo de la zona de estudio. El resultado se expone en la tabla siguiente, donde solo se muestran las 10 primeras bandas

(bandID y bandLON, número del canal, y longitud de onda, respectivamente) y 20 primeros píxeles (P0, P1, P2…) de la imagen obtenida el día 25 a las 8:43 horas, a modo de muestra.

bandID	**B001**	**B002**	**B003**	**B004**	**B005**	**B006**	**B007**	**B008**	**B009**	**B010**
bandLON	**363,9**	**366,3**	**368,8**	**371,2**	**373,6**	**376**	**378,4**	**380,9**	**383,3**	**385,7**
P0	25	25	25	25	60	138	111	139	181	235
P1	25	25	25	25	118	126	114	124	216	235
P2	25	25	25	25	152	151	121	175	194	258
P3	25	25	25	25	91	85	25	59	161	201
P4	25	25	25	25	91	85	25	59	161	201
P5	25	25	25	25	54	162	63	165	155	322
P6	25	25	25	25	92	99	71	101	129	245
P7	25	25	25	25	25	90	68	153	177	219
P8	25	25	25	31	83	138	126	110	164	228
P9	25	25	25	25	50	83	94	104	188	259
P10	25	25	25	25	118	126	114	124	216	235
P11	25	25	25	25	152	151	121	175	194	258
P12	25	25	25	46	143	214	124	140	222	292
P13	25	25	25	25	91	85	25	59	161	201
P14	25	25	25	25	54	162	63	165	155	322
P15	25	25	25	27	108	187	212	202	255	311
P16	25	25	25	25	55	160	110	121	193	258
P17	25	25	25	25	125	161	100	85	199	281
P18	25	25	25	25	73	198	109	126	240	286
P19	25	25	25	25	53	115	111	143	180	215
P20	25	25	25	25	25	72	25	39	137	168

Tabla 6: Reflectividades imagen 08:43 del 25 de Julio.

4.5. – CÁLCULO DE ESTADÍSTICOS

Para el cálculo de los estadísticos v, s, r, r2, p_valor_veg, p_valor_suelo, se emplea un scrip de RComander, desarrollado por Juan José Peón García;

```
# GER data
GERref <- read.table("C:/Nuevacarpeta/ger.txt",header=TRUE, dec=".")


# AHS data
AHSref <- read.table("C:/Nuevacarpeta/casi.txt",header=FALSE, dec=".")
AHSref <- t(AHSref)
colnames(AHSref) <- NULL
rownames(AHSref) <- NULL
AHSrefcolnames <- AHSref[1,2:dim(AHSref)[2]]
AHSrefrownames <- AHSref[2:dim(AHSref)[1],1]
AHSref <- AHSref[-1,-1]
AHSref <- as.data.frame(AHSref)
colnames(AHSref) <- AHSrefcolnames
rownames(AHSref) <- AHSrefrownames
AHSref <- AHSref[,-1]
AHSrefcolnames <- AHSrefcolnames[-1]
AHSref <- as.matrix(AHSref)
AHSref2 <- matrix(ncol=dim(AHSref)[2],nrow=dim(AHSref)[1],NA)
for(i in 1:dim(AHSref)[2])
{
AHSref2[,i]<-as.numeric(AHSref[,i])
}
AHSref <- AHSref2
AHSref <- AHSref/10000
colnames(AHSref) <- AHSrefcolnames
rownames(AHSref) <- AHSrefrownames
# LM
LMresults <- matrix(ncol=6,nrow=dim(AHSref)[2],NA)
for(i in 1:dim(AHSref)[2])
{
  LM <- lm(AHSref[,i]~GERref$ref_GER_mean_veg+GERref$ref_GER_mean_soil -1)
  LMresults[i,1] <- summary(LM)$r.squared # r2
  LMresults[i,2] <- sqrt(summary(LM)$r.squared) # r
  LMresults[i,3] <- summary(LM)$coefficients[1,1] # a (ref_GER_mean_veg)
  LMresults[i,4] <- summary(LM)$coefficients[2,1] # b (ref_GER_mean_soil)
  LMresults[i,5] <- summary(LM)$coefficients[1,4] # aPr
  LMresults[i,6] <- summary(LM)$coefficients[2,4] # bPr
  rm(LM)
  if(LMresults[i,3]<0){
    LM <- lm(AHSref[,i]~GERref$ref_GER_mean_soil -1)
    LMresults[i,1] <- summary(LM)$r.squared # r2
    LMresults[i,2] <- sqrt(summary(LM)$r.squared) # r
    LMresults[i,3] <- 0 # a (ref_GER_mean_veg)
    LMresults[i,4] <- summary(LM)$coefficients[1,1] # b (ref_GER_mean_soil)
    LMresults[i,5] <- 0 # aPr
    LMresults[i,6] <- summary(LM)$coefficients[1,4] # bPr
    rm(LM)
  }
  if(LMresults[i,4]<0){
    LM <- lm(AHSref[,i]~GERref$ref_GER_mean_veg -1)
    LMresults[i,1] <- summary(LM)$r.squared # r2
    LMresults[i,2] <- sqrt(summary(LM)$r.squared) # r
    LMresults[i,3] <- summary(LM)$coefficients[1,1] # a (ref_GER_mean_veg)
    LMresults[i,4] <- 0 # b (ref_GER_mean_soil)
    LMresults[i,5] <- summary(LM)$coefficients[1,4] # aPr
    LMresults[i,6] <- 0 # bPr
    rm(LM)
  }
}
colnames(LMresults) <- c("r2","r","a_veg","b_soil","Pr_a_veg","Pr_b_soil")
rownames(LMresults) <- AHSrefcolnames

write.table(LMresults, "C:/Nuevacarpeta/LMresults.txt",
  sep="\t", col.names=TRUE, row.names=TRUE, quote=TRUE, na="NA")
```

Los estadísticos que obtendremos son los siguientes:

- v y s las variables a analizar (vegetación y suelo)

- r (coeficiente de determinación) y r2 (coeficiente de determinación al cuadrado) , reflejan el grado de acuerdo entre las variables.

- p_valor_suelo y p_valor_veg, son los valores de contraste. Indican que con un nivel de confianza del 95% aquellos pixeles cuyo valor de contraste este por debajo del 0.05 (5% significación) serán explicativos de la variable que representan. Suelo (s) o vegetación (v)

Los estadísticos anteriores son resultado de la comparación de los valores de reflectividad de cada imagen captada por el sensor CASI, con valores de la media de los tres plots (Plot Medio).

Para obtener los resultados estadísticos, se debe proporcionar al programa por un lado los valores de Plot Medio (uno para las imágenes de 144 canales y otro para las de 288 canales), y por otro lado los valores de reflectividades de las imágenes(un archivo por imagen). El archivo resultante se denominará LM_results.txt, que son los resultados estadísticos de cada imagen, para los valores de Plot Medio.

A continuación se muestran en tablas 7, 8, 9, 10, 11 y 12, los datos de campo remuestreados para imágenes de 288 canales y para 144 canales, los datos de la imagen captada a las 8:43 del 25 de junio (288 canales) y los de la imagen de las 9:09 del 26 de junio (144 canales), y los resultados estadísticos de ambas imágenes:

BandID	Bandlon	ref_GER_mean_soil	ref_GER_mean_veg
B1	0,3639	0,0666	0,0310
B2	0,3663	0,0659	0,0303
B3	0,3688	0,0656	0,0298
B4	0,3712	0,0656	0,0294
B5	0,3736	0,0656	0,0291
B6	0,3760	0,0657	0,0288
B7	0,3784	0,0661	0,0286
B8	0,3809	0,0665	0,0284
B9	0,3833	0,0670	0,0282
B10	0,3857	0,0677	0,0282
B11	0,3881	0,0682	0,0281
B12	0,3905	0,0686	0,0278
B13	0,3930	0,0692	0,0276
B14	0,3954	0,0699	0,0276
B15	0,3978	0,0709	0,0276
B16	0,4002	0,0714	0,0276
B17	0,4026	0,0719	0,0274
B18	0,4050	0,0727	0,0273
B19	0,4075	0,0739	0,0275
B20	0,4099	0,0752	0,0278

Tabla 7: Valores de Plot Medio remuestreados para 288 canales, exponiendo 20 primeros canales a modo de muestra.

BandID	Bandlon	ref_GER_mean_soil	ref_GER_mean_veg
B1	0,3651	0,066289	0,030644
B2	0,3700	0,065659	0,029625
B3	0,3748	0,065664	0,028924
B4	0,3796	0,066266	0,028472
B5	0,3845	0,067342	0,028202
B6	0,3893	0,068394	0,027945
B7	0,3942	0,069582	0,027630
B8	0,3990	0,071122	0,027587
B9	0,4038	0,072378	0,027394
B10	0,4087	0,074553	0,027687
B11	0,4135	0,077267	0,028364
B12	0,4183	0,080289	0,029306
B13	0,4231	0,083191	0,030253
B14	0,4280	0,086525	0,031425
B15	0,4328	0,090150	0,032825
B16	0,4376	0,093278	0,033857
B17	0,4424	0,096448	0,034832
B18	0,4473	0,099818	0,035853
B19	0,4521	0,102989	0,036771
B20	0,4569	0,106031	0,037546

Tabla 8: Valores de Plot Medio remuestreados para 144 canales, exponiendo 20 primeros canales a modo de muestra.

Como se puede observar en las dos tablas anterior de valores de campo medio, hay dos campo denominados como ref_GER_mean_soil (reflectividad media del espectroradiómetro GER para el suelo) y otra columna llamada ref_GER_mean_veg (reflectividad media del espectroradiómetro GER para la vegetación). Estos datos corresponden a $\boldsymbol{\rho}$ s y $\boldsymbol{\rho}$ v de la pg. 29 de éste trabajo.

bandID	B001	B002	B003	B004	B005	B006	B007	B008	B009	B010
bandLON	0.3639	0.3663	0.3688	0.3712	0.3736	0.376	0.3784	0.3809	0.3833	0.3857
P1	25	25	25	25	60	138	111	139	181	235
P2	25	25	25	25	118	126	114	124	216	235
P3	25	25	25	25	152	151	121	175	194	258
P4	25	25	25	25	91	85	25	59	161	201
P5	25	25	25	25	91	85	25	59	161	201
P6	25	25	25	25	54	162	63	165	155	322
P7	25	25	25	25	92	99	71	101	129	245
P8	25	25	25	25	25	90	68	153	177	219
P9	25	25	25	31	83	138	126	110	164	228
P10	25	25	25	25	50	83	94	104	188	259
P11	25	25	25	25	118	126	114	124	216	235
P12	25	25	25	25	152	151	121	175	194	258
P13	25	25	25	46	143	214	124	140	222	292
P14	25	25	25	25	91	85	25	59	161	201
P15	25	25	25	25	54	162	63	165	155	322
P16	25	25	25	27	108	187	212	202	255	311
P17	25	25	25	25	55	160	110	121	193	258
P18	25	25	25	25	125	161	100	85	199	281
P19	25	25	25	25	73	198	109	126	240	286
P20	25	25	25	25	53	115	111	143	180	215

Tabla 9: Valores de reflectividad por para cada píxel, de la imagen a las 8:43 del 25 de julio, exponiendo los 10 primeros canales y 20 primeros píxeles a modo de muestra.

bandID	B001	B002	B003	B004	B005	B006	B007	B008	B009	B010
BandIon	0,3651	0,3700	0,3748	0,3796	0,3845	0,3893	0,3942	0,3990	0,4038	0,4087
P1	25	25	25	25	80	240	261	272	350	462
P2	25	25	25	25	58	188	289	270	343	423
P3	25	25	25	25	70	215	321	321	367	466
P4	25	25	25	25	25	143	258	222	265	364
P5	25	25	25	25	132	205	313	324	358	504
P6	25	25	25	25	132	205	313	324	358	504
P7	25	25	25	25	87	177	230	228	298	418
P8	25	25	25	25	62	191	274	242	272	362
P9	25	25	25	25	95	205	309	238	298	371
P10	25	25	25	25	117	283	325	271	338	474
P11	25	25	25	31	191	304	326	317	407	513
P12	25	25	25	25	69	240	274	253	358	484
P13	25	25	25	25	25	120	207	248	312	424
P14	25	25	25	25	82	243	295	288	284	391
P15	25	25	25	25	82	243	295	288	284	391
P16	25	25	25	25	50	168	250	241	277	349
P17	25	25	25	25	50	168	250	241	277	349
P18	25	25	25	25	63	116	272	229	243	331
P19	25	25	25	25	112	195	326	286	368	504
P20	25	25	25	25	142	273	260	265	348	456

Tabla 10: Valores de reflectividad por para cada píxel, de la imagen a las 9:09 del 26 de julio, exponiendo los 10 primeros canales y 20 primeros píxeles a modo de muestra.

IDENT	r2	r	a_veg	b_soil	Pr_a_veg	Pr_b_soil
P1	0.99518668	0.99759043	0.14345842	0.94646339	3.3006361E-14	1.3944195E-168
P2	0.99498459	0.99748914	0.23460728	0.80344756	4.0888051E-33	5.0826301E-155
P3	0.99482585	0.99740957	0.21445028	0.80713809	8.4844709E-29	3.0538348E-155
P4	0.99519673	0.99759547	0.22661288	0.80922238	1.6109198E-32	2.1060056E-158
P5	0.99519673	0.99759547	0.22661288	0.80922238	1.6109198E-32	2.1060056E-158
P6	0.99557707	0.99778609	0.10706191	0.99615663	3.2830722E-09	2.6101302E-177
P7	0.99508364	0.99753879	0.25922642	0.80886018	1.7088849E-37	4.9642794E-154
P8	0.99616686	0.99808159	0.1025038	0.93770764	1.3491059E-10	1.4077118E-185
P9	0.99571344	0.99785442	0.18843722	0.86216907	6.4785499E-26	8.3055476E-170
P10	0.99514281	0.99756845	0.21919391	0.85784745	8.8325029E-29	1.1894550E-159
P11	0.99498459	0.99748914	0.23460728	0.80344756	4.0888051E-33	5.0826301E-155
P12	0.99482585	0.99740957	0.21445028	0.80713809	8.4844709E-29	3.0538348E-155
P13	0.99479007	0.99739163	0.26260335	0.80030254	6.3589062E-37	3.6055994E-150
P14	0.99519673	0.99759547	0.22661288	0.80922238	1.6109198E-32	2.1060056E-158
P15	0.99557707	0.99778609	0.10706191	0.99615663	3.2830722E-09	2.6101302E-177
P16	0.99545781	0.99772632	0	1.00918459	0	0
P17	0.99458841	0.99729053	0.33744731	0.67212347	9.2302175E-56	4.2764804E-136
P18	0.99535926	0.99767693	0.34751508	0.71188165	5.3556541E-60	1.4324015E-145
P19	0.99484435	0.99741884	0.27623166	0.77018244	4.1631360E-41	1.4977316E-148
P20	0.99606978	0.99803296	0.15810855	0.94872752	3.5965907E-19	3.6678028E-179

Tabla 11: Resultados estadísticos para el Plot Medio, de la imagen captada a las 8:43 horas del días 25 de julio, exponiendo los 10 primeros canales y 20 primeros píxeles a modo de muestra.

IDENT	r2	r	a_veg	b_soil	Pr_a_veg	Pr_b_soil
P1	0.9953883	0.9976915	0.1835041	0.9807575	1.42656E-10	2.53626E-84
P2	0.9947051	0.9973490	0.3397153	0.8365695	1.17702E-23	3.33736E-72
P3	0.9942858	0.9971388	0.1646803	0.9682082	6.14078E-08	7.19052E-79
P4	0.9947727	0.9973829	0.1664232	1.0151161	4.35999E-08	1.14897E-81
P5	0.9964347	0.9982158	0.1017706	1.0556938	2.73393E-05	1.07747E-95
P6	0.9964347	0.9982158	0.1017706	1.0556938	2.73393E-05	1.07747E-95
P7	0.9942381	0.9971149	0.3928553	0.7280413	3.55496E-29	1.58008E-65
P8	0.9932730	0.9966308	0.4774322	0.6050137	1.03435E-35	1.95445E-54
P9	0.9934047	0.9966969	0.4013559	0.7669401	4.85195E-26	2.14799E-62
P10	0.9945363	0.9972644	0.1996387	0.9432739	6.60565E-11	1.76586E-78
P11	0.9959407	0.9979683	0.0734792	1.0376691	2.79231E-03	5.09626E-93
P12	0.9961102	0.9980532	0.0735256	1.1092905	4.07182E-03	1.77416E-94
P13	0.9954588	0.9977268	0.1505514	1.0295495	1.00765E-07	1.83647E-86
P14	0.9957485	0.9978720	0.3517048	0.7656187	1.29039E-30	1.52005E-76
P15	0.9957485	0.9978720	0.3517048	0.7656187	1.29039E-30	1.52005E-76
P16	0.9925407	0.9962634	0.4077177	0.7239941	1.17691E-25	0
P17	0.9925407	0.9962634	0.4077177	0.7239941	1.17691E-25	5.98138E-58
P18	0.9938250	0.9969077	0.4766607	0.6365180	3.54823E-36	1.09919E-57
P19	0.9958003	0.9978979	0.0784861	1.0759907	2.51453E-03	6.31587E-92
P20	0.9956673	0.9978313	0.1141865	1.0489522	2.12548E-05	1.98270E-89

Tabla 11: Resultados estadísticos para el Plot Medio, de la imagen captada a las 9:09 horas del días 26 de julio, exponiendo los 10 primeros canales y 20 primeros píxeles a modo de muestra

4.6. – ELABORACIÓN DE MAPAS

Para conseguir una mayor comprensión de los datos obtenidos se elaboraron una serie de mapas donde se puede observar cómo varían los estadísticos a lo largo de la superficie del viñedo, y así comprobar si las tres muestras tomadas en campo son representativas del total, a través de los valores de Plot Medio.

La elaboración de los mapas se ha llevado a cabo a través del software ArcGis, para lo cual fue necesario importar las tablas Excel con los datos estadísticos, y asociar dichos estadísticos a la malla previamente creada, a través de una unión de tablas.

Disponemos de un total de 10 imágenes (5 del día 25/07 y 5 del 26/07), y hemos obtenido un total de 6 estadísticos para cada imagen, a partir de la comparación de los

datos CASI con los datos de Plot Medio (media de los tres plots). Al final el resultado es un total de 60 mapas (seis por imagen)

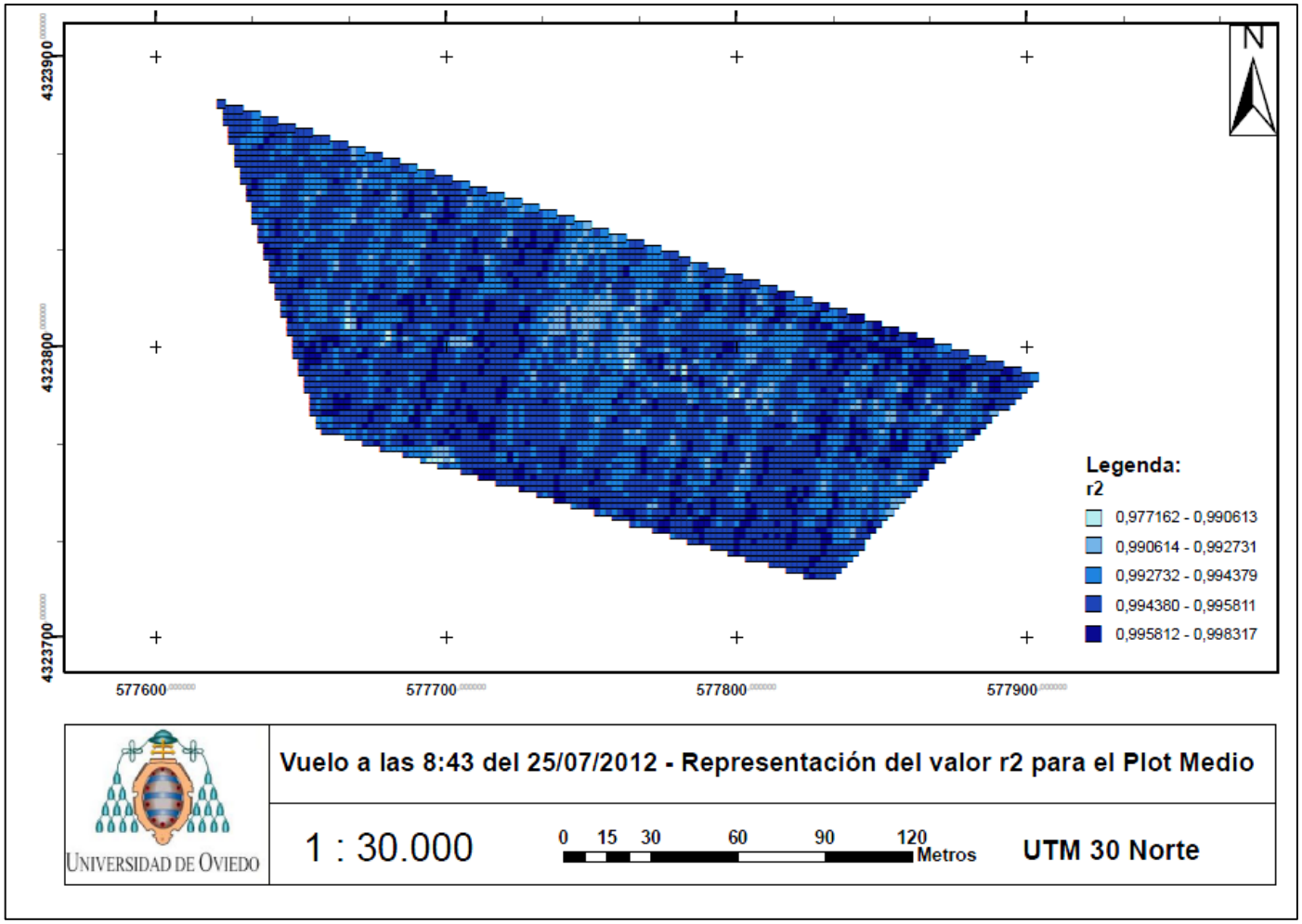
Además se han elaborado un mapa con el índice de vegetación (NDVI) para cada imagen, con el fin de tener una comparación de los píxeles que son considerados estadísticamente como hoja de viñedo y de ésta manera asegurarnos de la fiabilidad de los cálculos obtenidos.

5.- RESULTADOS

A continuación se muestran los mapas del vuelo de las 08:43 horas, del 25 de julio de 2012, y para el vuelo de las 9:09 horas del 26 de julio de 2012. Se han elegido éstas dos imágenes por ser imágenes obtenidas en vuelos a diferente hora, diferente día y distinta resolución espacial (2m. y 1,25 m. respectivamente). Los mapas para el resto de imágenes y estadísticos están disponibles en el Anexo I de éste trabajo.

Como se puede observar más abajo, los valores de r como de r^2 son muy elevados en cada una de las imágenes, para el Plot Medio lo que nos da la idea de una alta correlación de los datos entre los obtenidos en campo (espectroradiómetro GER) y los obtenidos por el sensor CASI. El estadístico V es bastante elevado en todo el viñedo, con la excepción de dos hileras correspondientes con dos caminos donde hay suelo desnudo. Si se observa el valor S, se ve que aumenta mucho en dichas zonas de suelo desnudo, aunque también es visible dicho aumento en otras zonas, debido al carácter heterogéneo de un cultivo como es un viñedo.

En cuanto a los valores de p para vegetación y para suelo, se observa que con un 95% de confianza y con un nivel de significación del 5%, la variable V es explicativa de la vegetación en prácticamente todo el viñedo y en las zona donde se sitúa el camino (suelo desnudo), y la variable S es explicativa para todos los píxeles del viñedo.



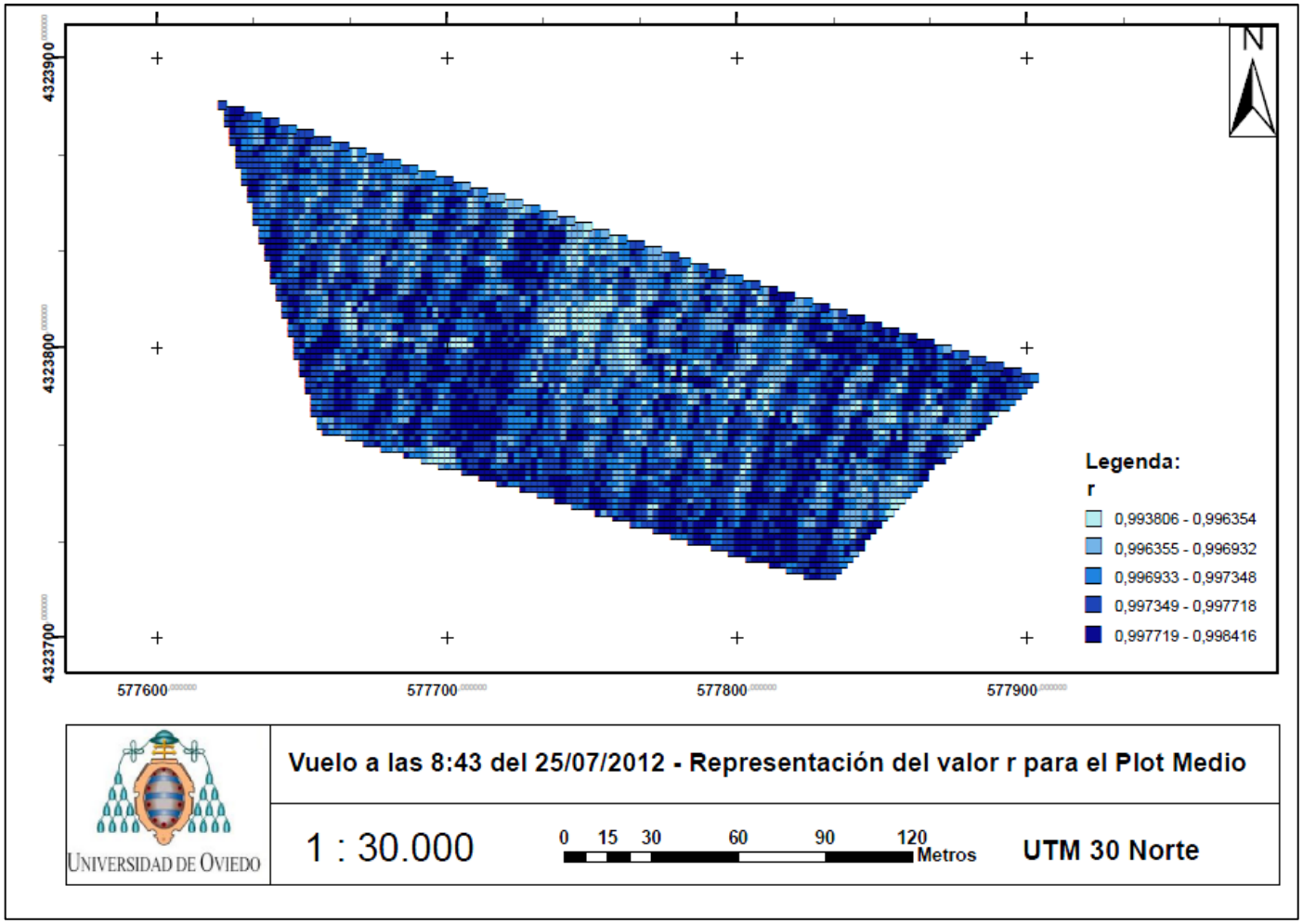
UNIVERSIDAD DE OVIEDO

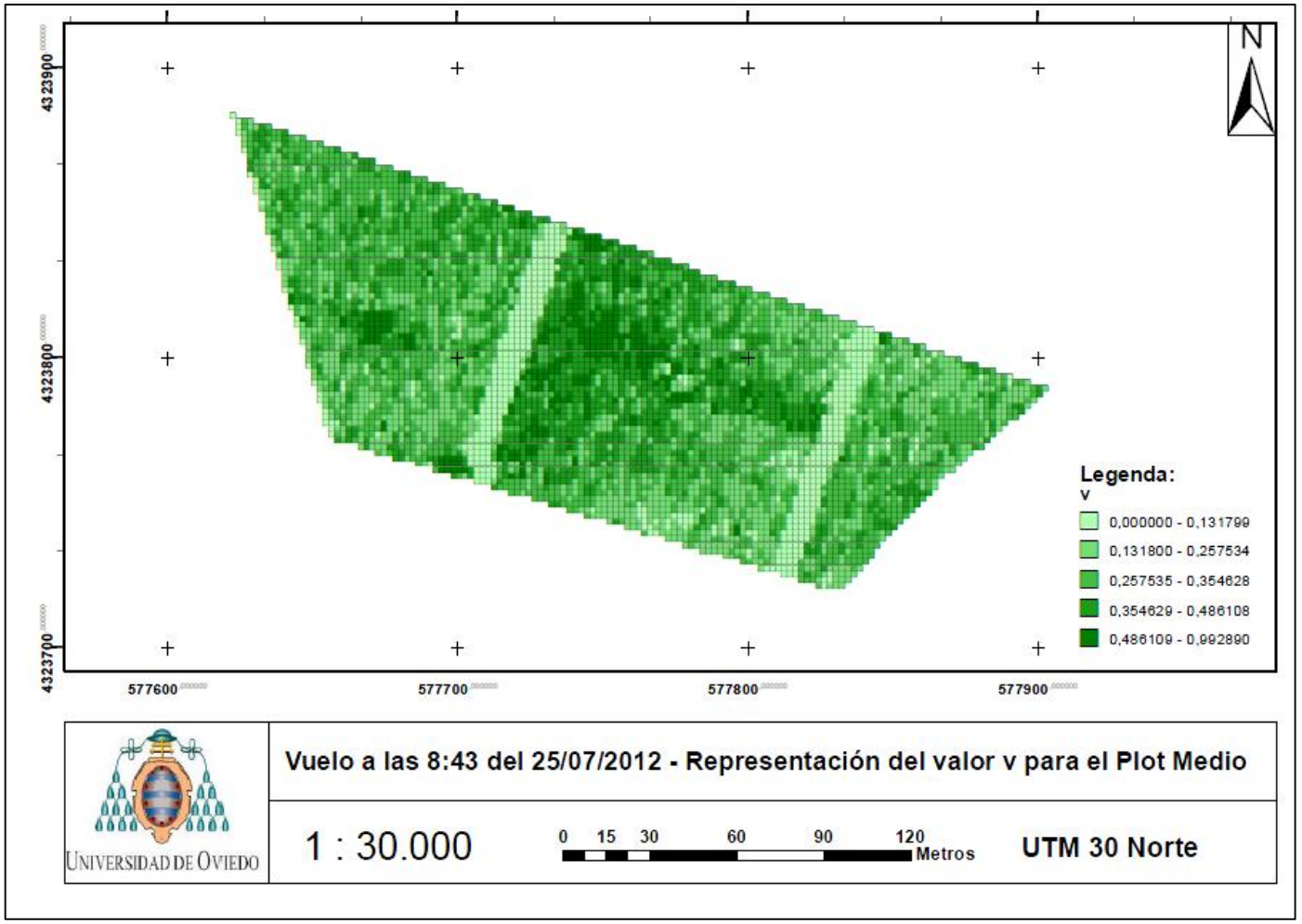
Vuelo a las 8:43 del 25/07/2012 - Representación del valor r2 para el Plot Medio

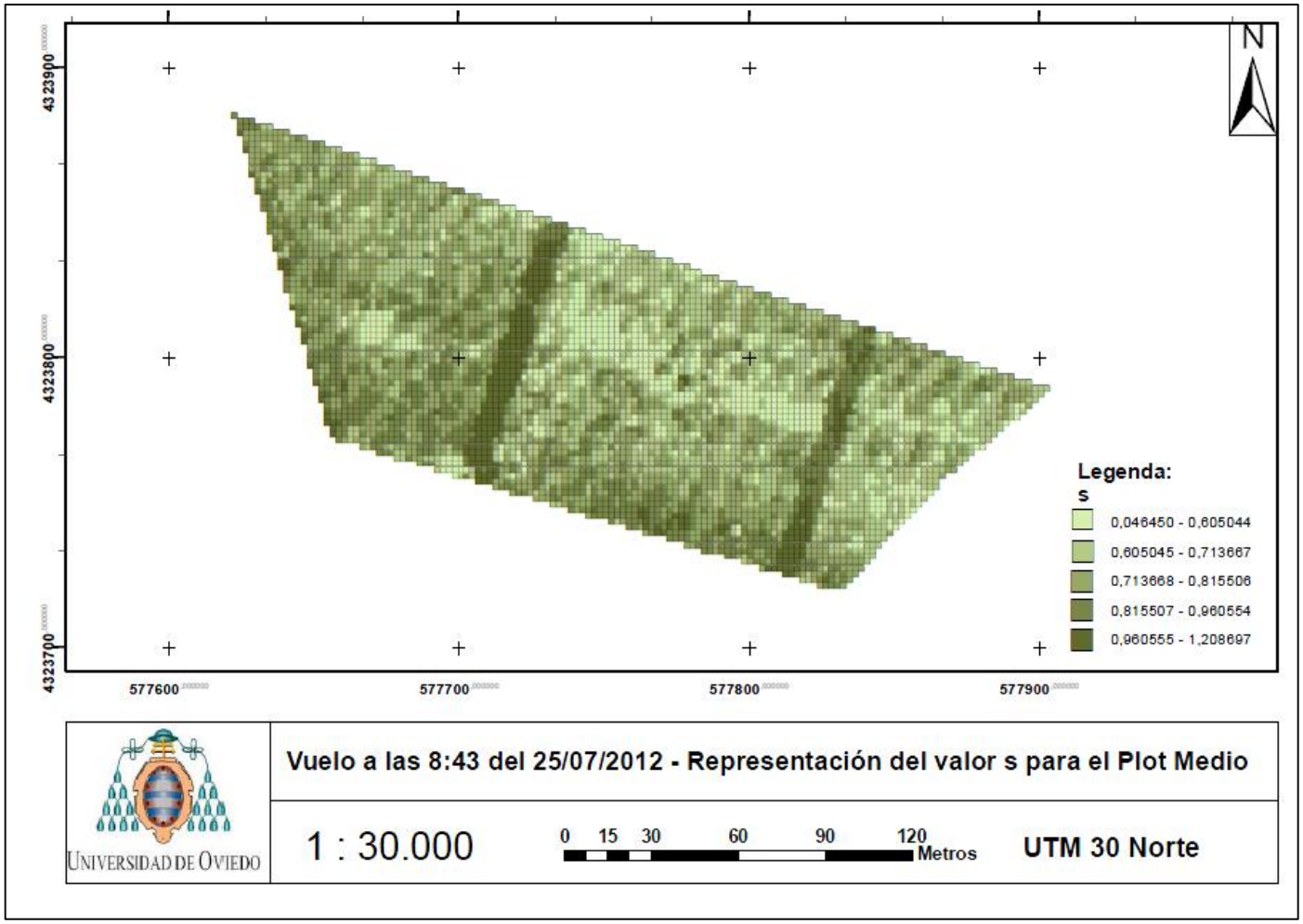
1 : 30.000

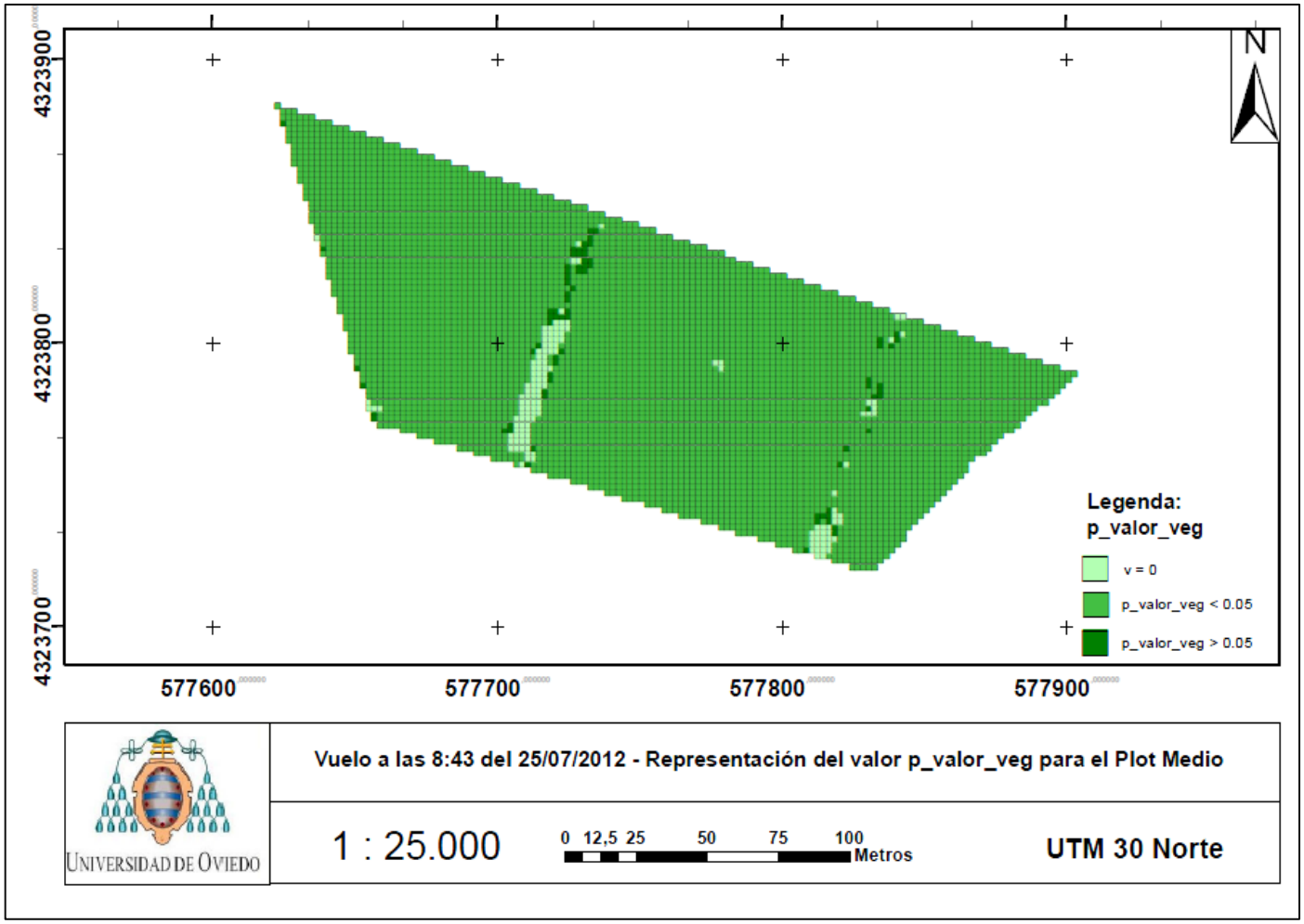
0 15 30 60 90 120 Metros

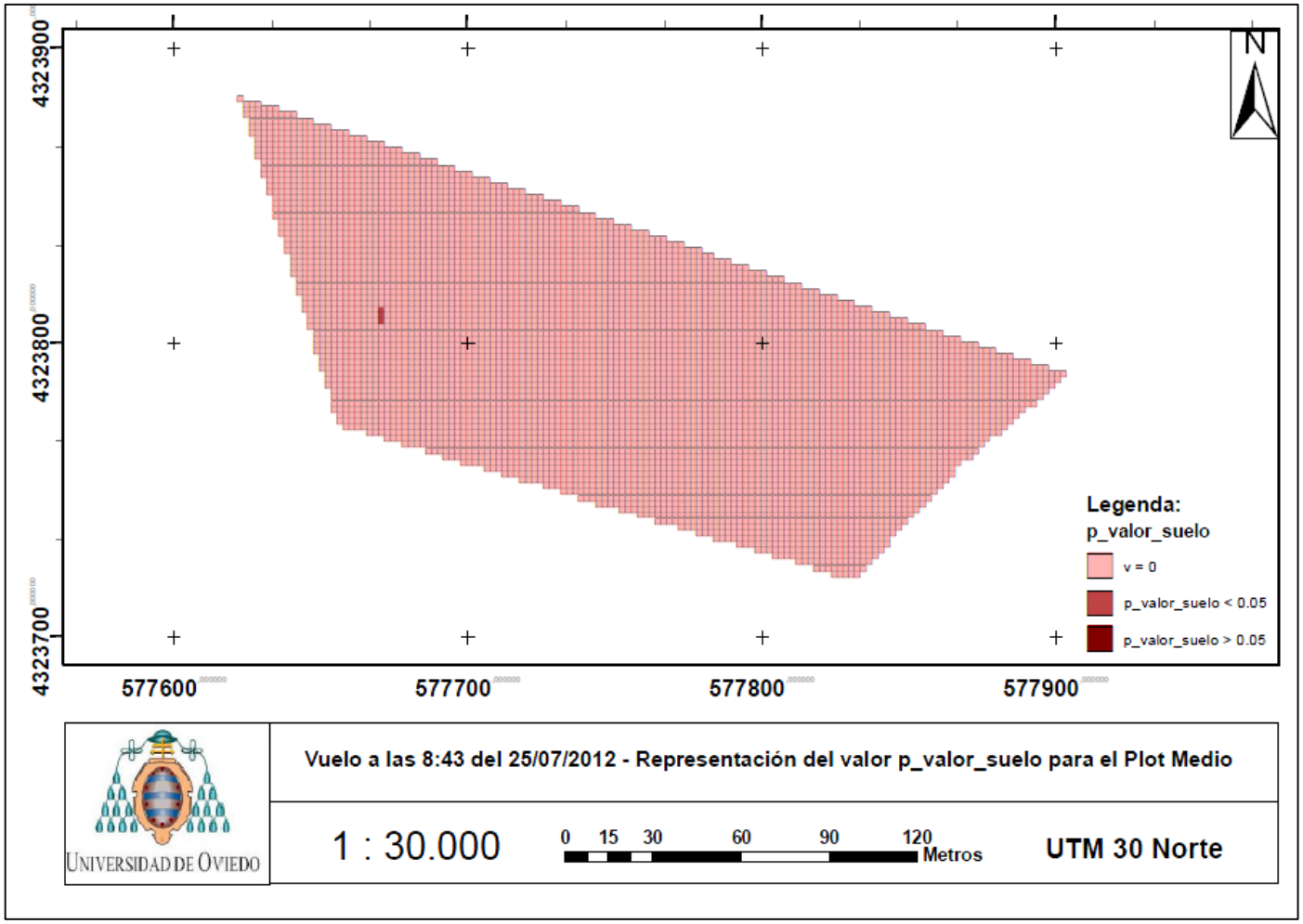
UTM 30 Norte

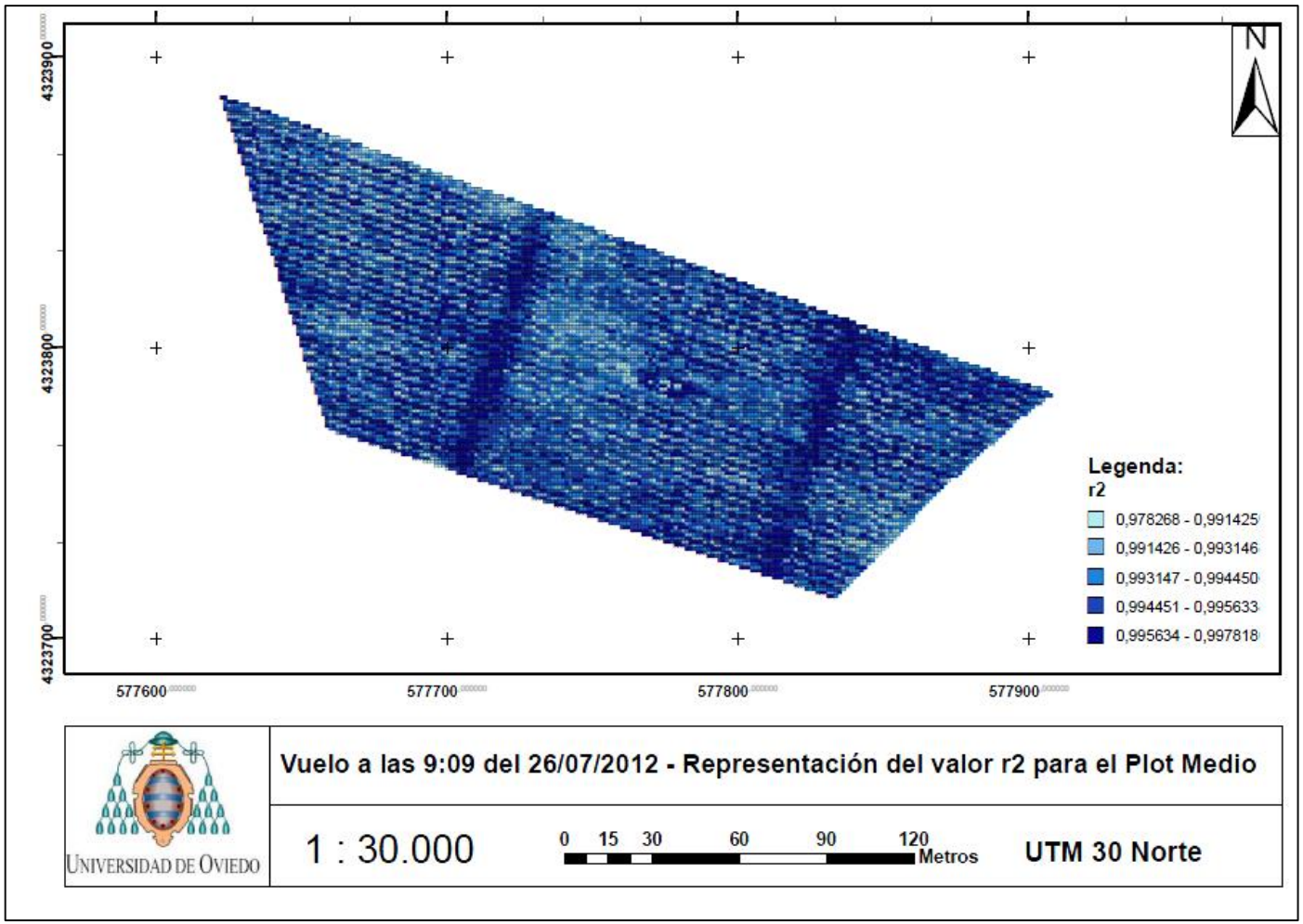

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r
0,993806 - 0,996354
0,996355 - 0,996932
0,996933 - 0,997348
0,997349 - 0,997718
0,997719 - 0,998416
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:43 del 25/07/2012 - Representación del valor r para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

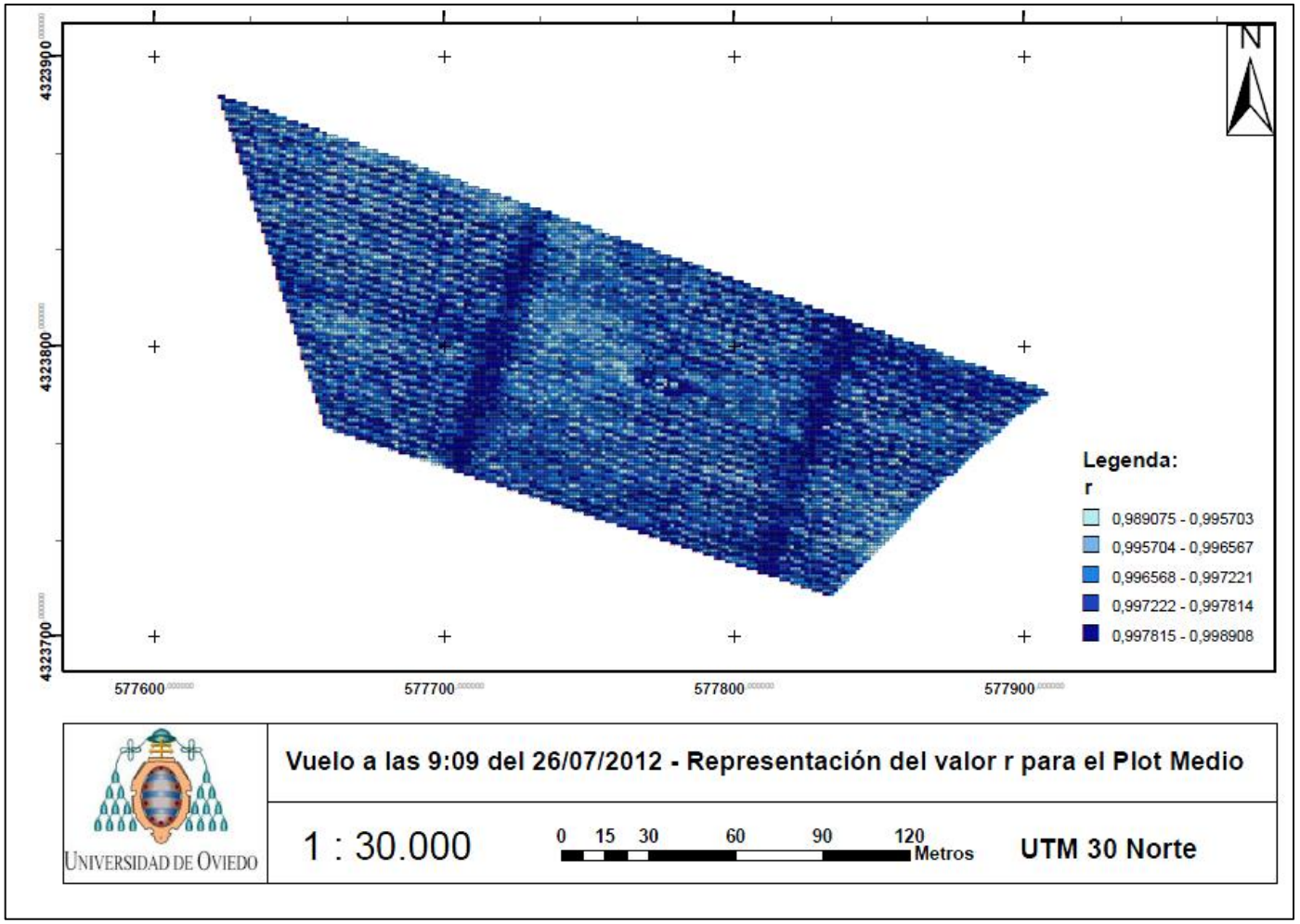

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
v
0,000000 - 0,131799
0,131800 - 0,257534
0,257535 - 0,354628
0,354629 - 0,486108
0,486109 - 0,992890
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:43 del 25/07/2012 - Representación del valor v para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

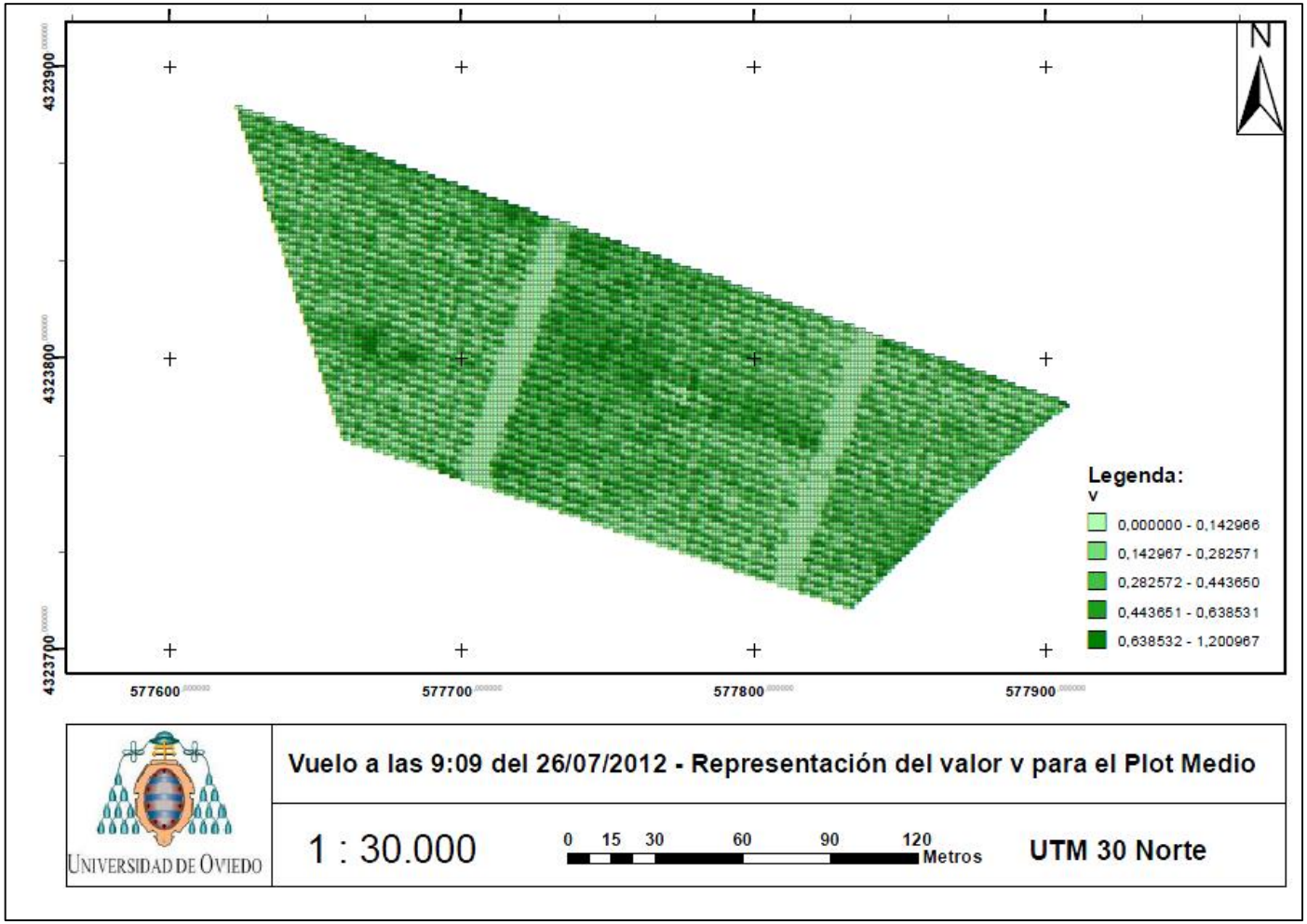

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
s
0,046450 - 0,605044
0,605045 - 0,713667
0,713668 - 0,815506
0,815507 - 0,960554
0,960555 - 1,208697
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:43 del 25/07/2012 - Representación del valor s para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

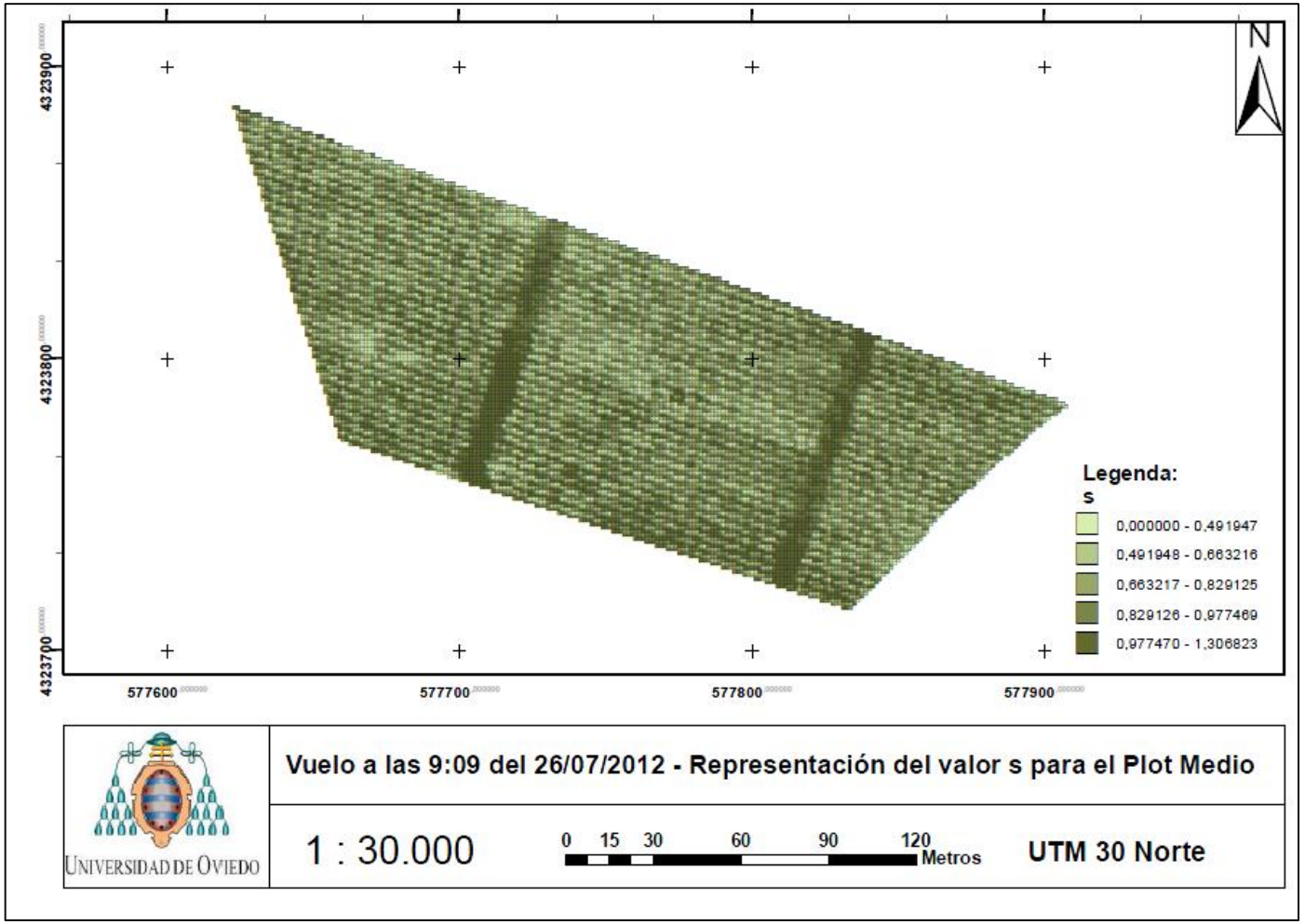

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_veg
v = 0
p_valor_veg < 0.05
p_valor_veg > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:43 del 25/07/2012 - Representación del valor p_valor_veg para el Plot Medio
1 : 25.000
0 12,5 25 50 75 100
Metros
UTM 30 Norte

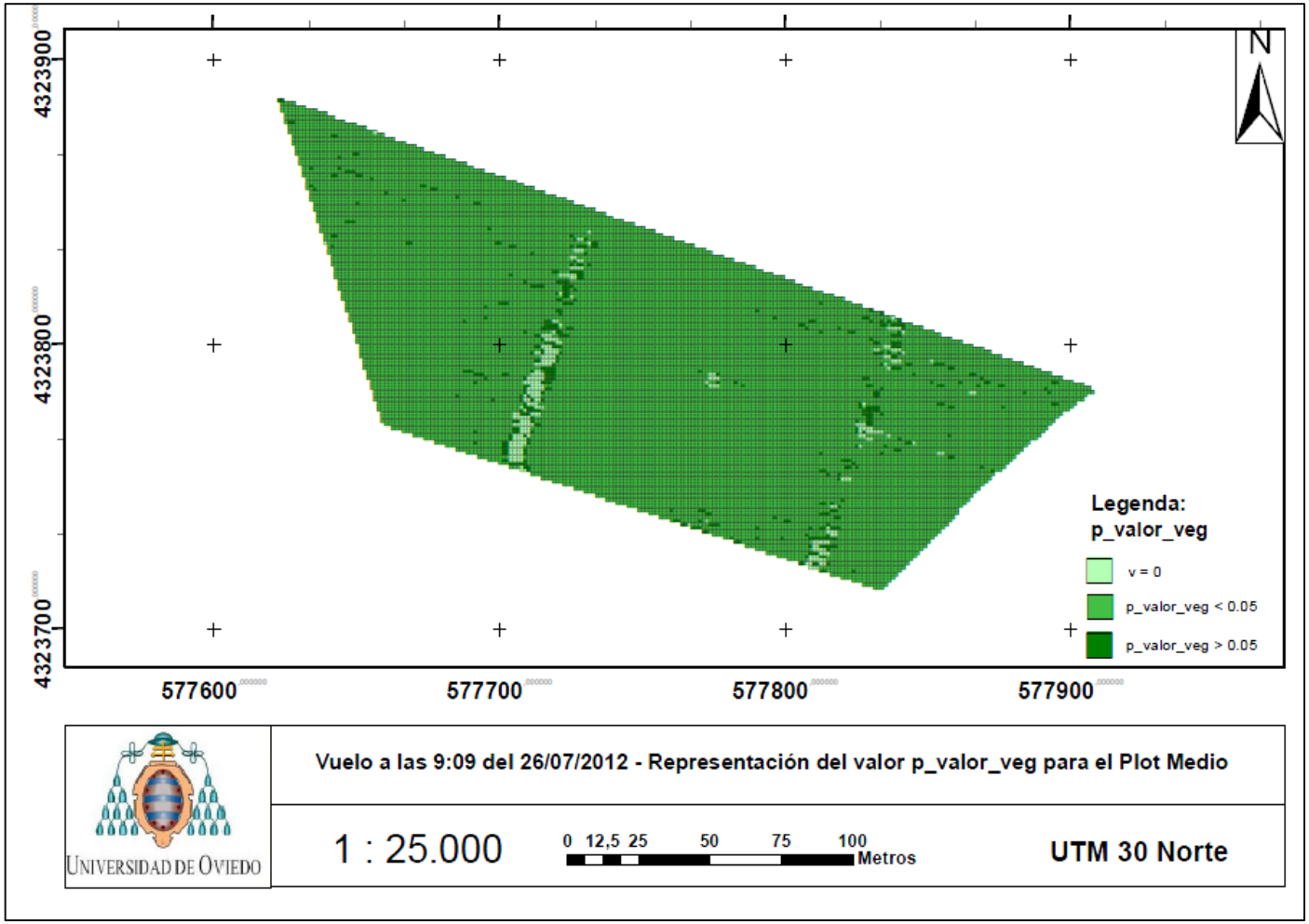

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_suelo
v = 0
p_valor_suelo < 0.05
p_valor_suelo > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:43 del 25/07/2012 - Representación del valor p_valor_suelo para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

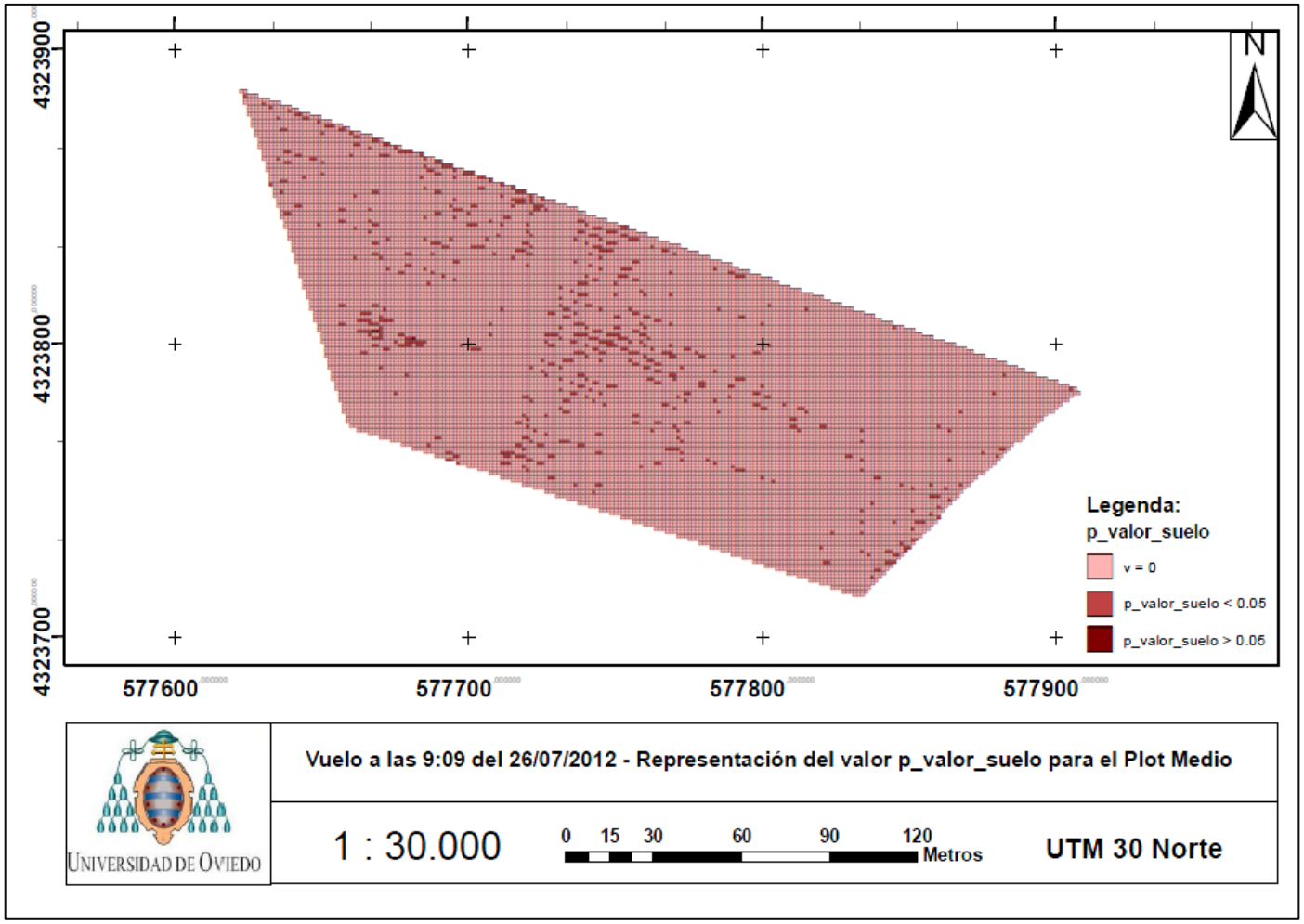

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r2
0,978268 - 0,991425
0,991426 - 0,993146
0,993147 - 0,994450
0,994451 - 0,995633
0,995634 - 0,997818
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:09 del 26/07/2012 - Representación del valor r2 para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte


N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r
0,989075 - 0,995703
0,995704 - 0,996567
0,996568 - 0,997221
0,997222 - 0,997814
0,997815 - 0,998908
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:09 del 26/07/2012 - Representación del valor r para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

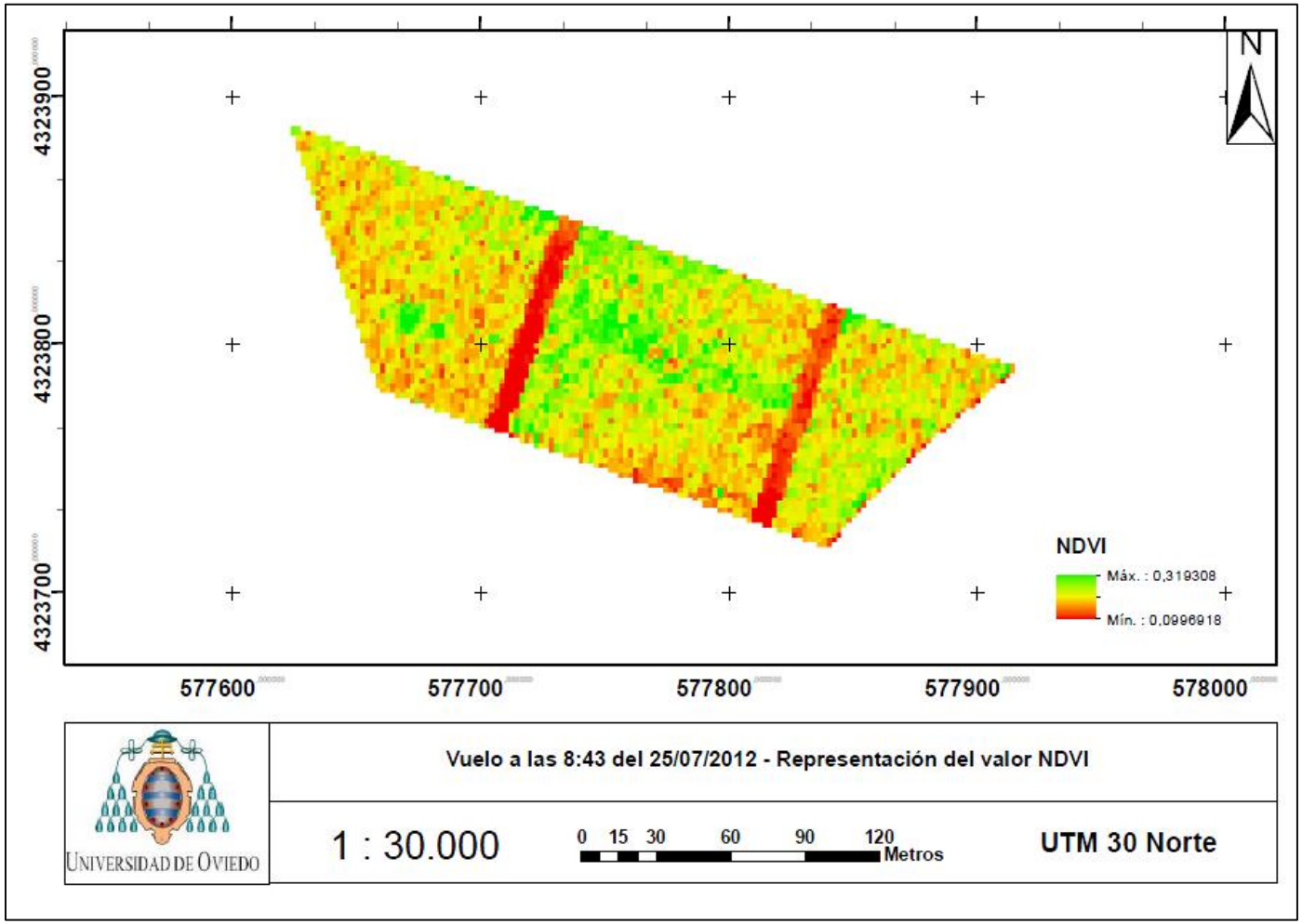

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
v
0,000000 - 0,142966
0,142967 - 0,282571
0,282572 - 0,443650
0,443651 - 0,638531
0,638532 - 1,200967
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:09 del 26/07/2012 - Representación del valor v para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

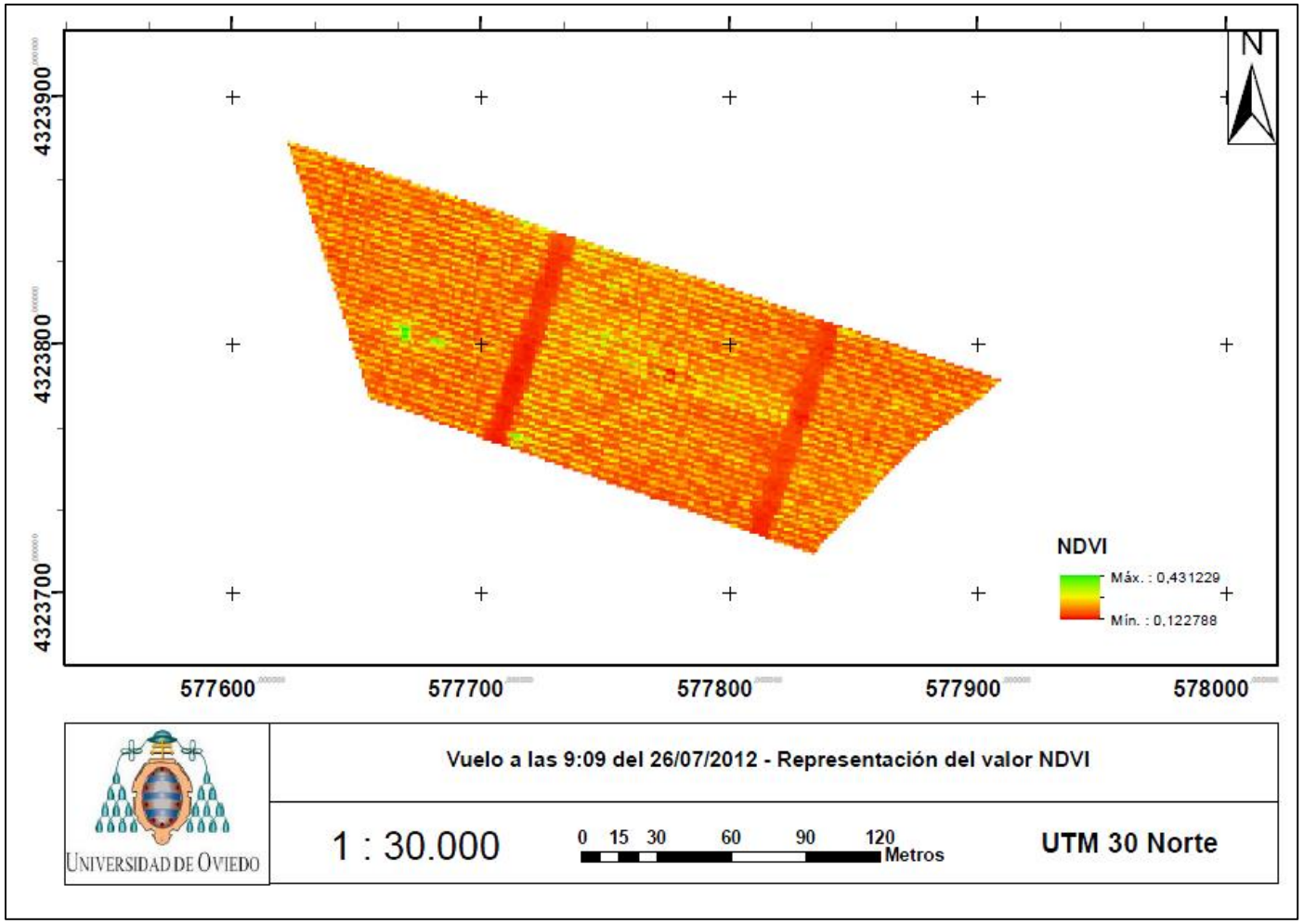

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
s
0,000000 - 0,491947
0,491948 - 0,663216
0,663217 - 0,829125
0,829126 - 0,977469
0,977470 - 1,306823
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:09 del 26/07/2012 - Representación del valor s para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte


4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_veg
v = 0
p_valor_veg < 0.05
p_valor_veg > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:09 del 26/07/2012 - Representación del valor p_valor_veg para el Plot Medio
1 : 25.000
0 12,5 25 50 75 100
Metros
UTM 30 Norte


4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_suelo
v = 0
p_valor_suelo < 0.05
p_valor_suelo > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:09 del 26/07/2012 - Representación del valor p_valor_suelo para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

En los mapas siguientes se muestran la representación del valor NDVI para las imágenes del 25 de julio de 2012 a las 08:43 y el del 26 de julio de 2012 a las 09:09 horas). Observando dichos mapas se puede apreciar que las zonas de camino son aquellas de color rojo, donde los valores de NDVI son los más bajos, indicando un índice de vegetación bajo. En comparación, los píxeles de color verde poseen un valor de NDVI más elevado, lo que indica que dichos píxeles poseen en su mayor parte vegetación. Por otra parte los píxeles de color amarillento tienen un valor de NDVI intermedio, lo que indica que en dichos píxeles existe una mezcla de vegetación y suelo desnudo. Los mapas de ambas imágenes se exponen a continuación:


N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
578000
NDVI
Máx. : 0,319308
Mín. : 0,0996918
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:43 del 25/07/2012 - Representación del valor NDVI
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte


N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
578000
NDVI
Máx. : 0,431229
Mín. : 0,122788
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:09 del 26/07/2012 - Representación del valor NDVI
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

También se han elaborado gráficos de dispersión donde se representa el índice de vegetación (respecto al Plot Medio) frente al valor de V. El objetivo es analizar como varía la variable NDVI en función de la variable V. Se trata entonces de un problema de regresión en el que se obtiene una fórmula que permite describir la relación entre las dos variables. El diagrama de dispersión permite detectar visualmente si existe relación entre las dos variables y el coeficiente de determinación r^2 permite cuantificar la bondad del ajuste [9]. En éste caso, se observa una relación muy clara ya que los puntos se aproximan bastante a las rectas de regresión.

Por último, para cada uno de los archivos correspondientes a los resultados estadísticos obtenidos para las imágenes, se realizó a través de ArcGis una selección por atributos de diferentes consultas muy útiles para dar validez a los datos;

- Píxeles para los cuales V es mayor que 0 (los píxeles donde el valor es 0, la variable V no está definida), y p_valor_veg sea menor que 0,05. La expresión a introducir es la siguiente:

  "a_veg" > 0 AND "Pr_a_veg" <0.05 (siendo “a_veg” valor V)

- Píxeles para los que V es mayor que 0 (píxeles donde V es igual a 0, la variable V no está definida), y p_valor_veg sea mayor que 0.05. La expresión es la siguiente:

  "a_veg" > 0 AND "Pr_a_veg" >0.05 (siendo “a_veg” valor V)

- Los pixeles para los cuáles V es igual a 0;

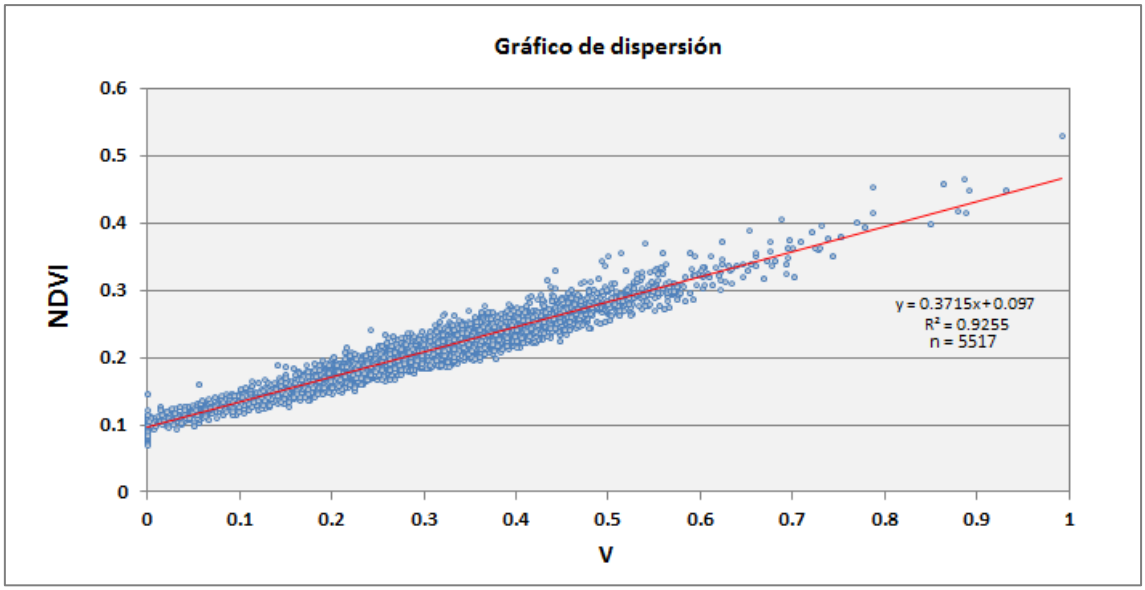
  "a_veg" = 0 (siendo “a_veg” valor V)

- Los píxeles para los que S es mayor que 0 y p_valor_suelo sea menor que 0.05. La expresión es la siguiente:

  "b_soil" > 0 AND "Pr_b_soil" <0.05 (siendo “b_soil” valor S)

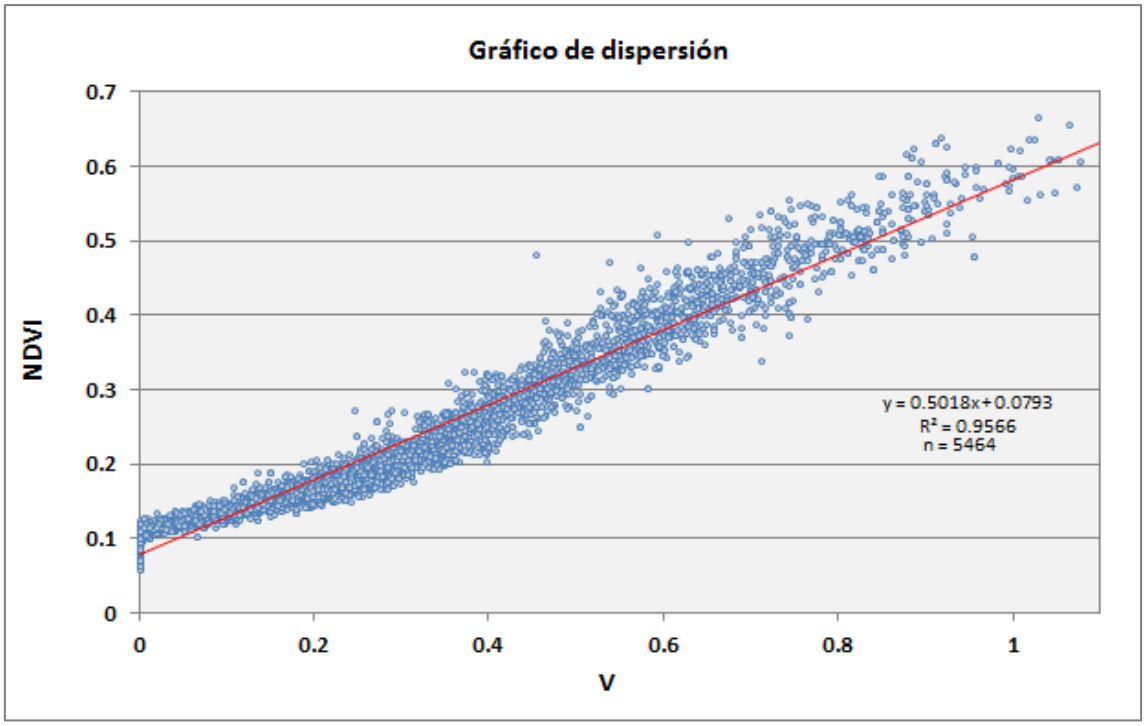
Los datos obtenidos en éstas consultas de atributos, se expresan a continuación, junto a los gráficos de regresión de NDVI frente V, en forma de tabla denominada “distribución de píxeles”.

Vuelo de las 08:43 del 25 de julio de 2012



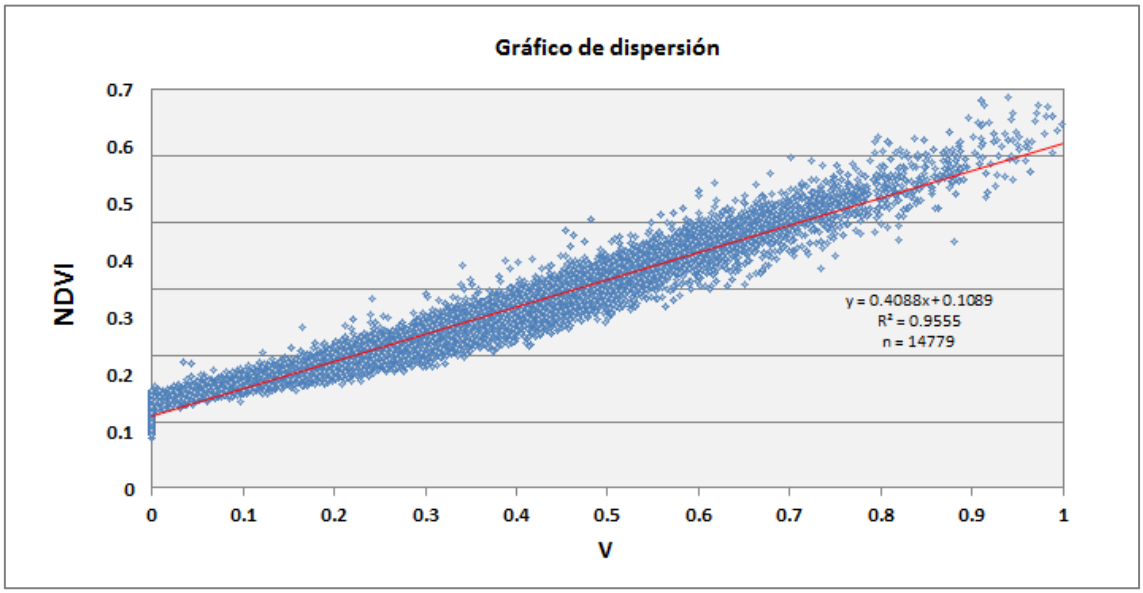
DISTRIBUCIÓN DE PÍXELES		
8:43	**Número de píxeles**	**Porcentaje**
v > 0 y p_valor_veg<0.05	5300	96.066
v > 0 y p_valor_veg > 0.05	77	1.395
v = 0	140	2.537
s > 0 y p_valor_suelo < 0.05	5517	100

Vuelo de las 08:51 del 25 de julio de 2012



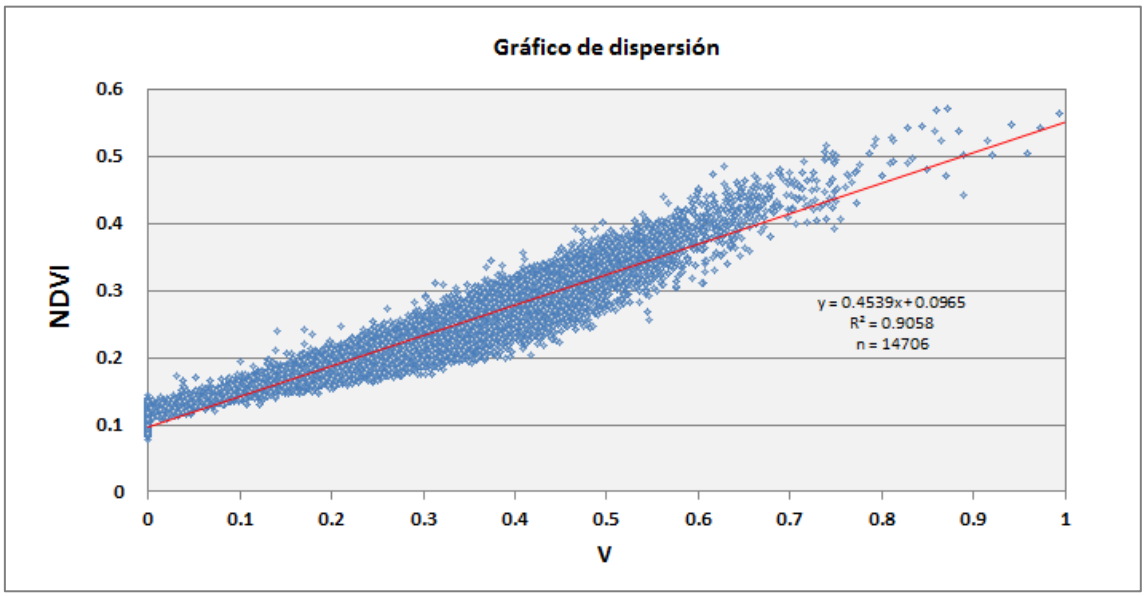
DISTRIBUCIÓN DE PÍXELES		
8:51	**Número de píxeles**	**Porcentaje**
v > 0 y p_valor_veg<0.05	5055	92.514
v > 0 y p_valor_veg > 0.05	174	3.184
v = 0	235	4.3
s > 0 y p_valor_suelo < 0.05	5451	99.762

Vuelo de las 09:02 del 25 de julio de 2012



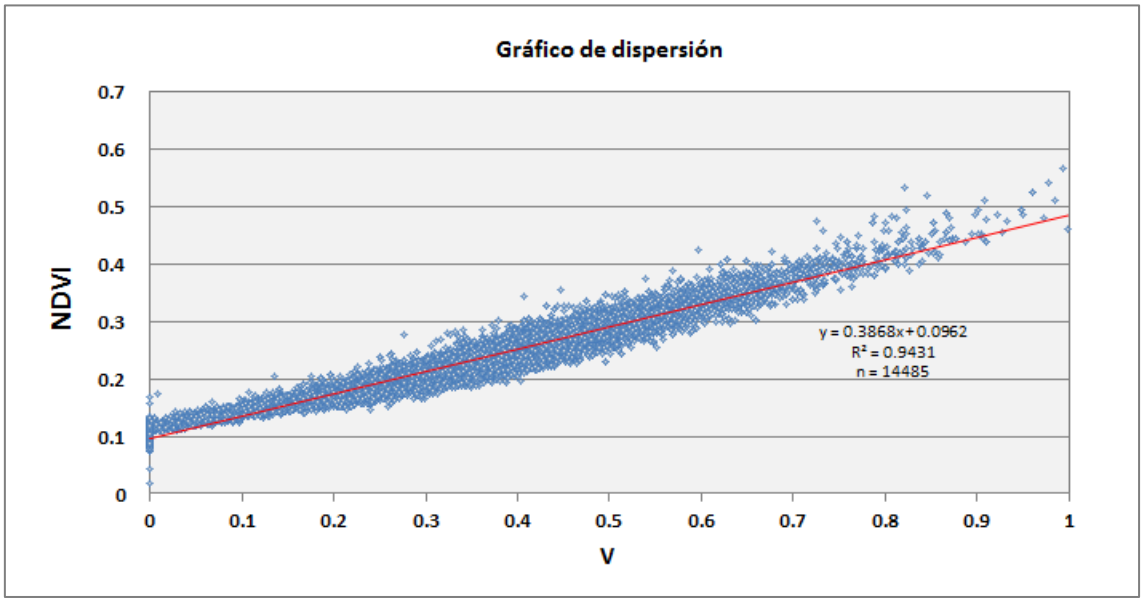
DISTRIBUCIÓN DE PÍXELES		
9:02	**Número de píxeles**	**Porcentaje**
v > 0 y p_valor_veg<0.05	13895	94.018
v > 0 y p_valor_veg > 0.05	528	3.572
v = 0	356	2.408
s > 0 y p_valor_suelo < 0.05	14774	99.966

Vuelo de las 09:11 del 25 de julio de 2012



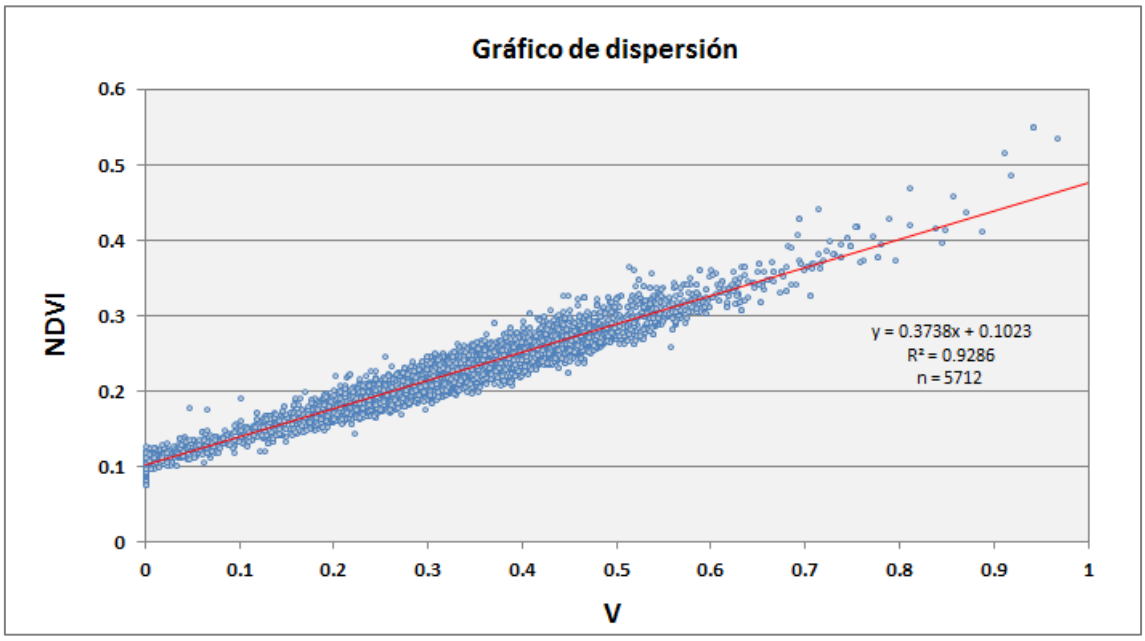
DISTRIBUCIÓN DE PÍXELES		
9:11	**Número de píxeles**	**Porcentaje**
v > 0 y p_valor_veg<0.05	14200	96.559
v > 0 y p_valor_veg > 0.05	306	2.08
v = 0	200	1.359
s > 0 y p_valor_suelo < 0.05	14705	99.993

Vuelo de las 09:46 del 25 de julio de 2012



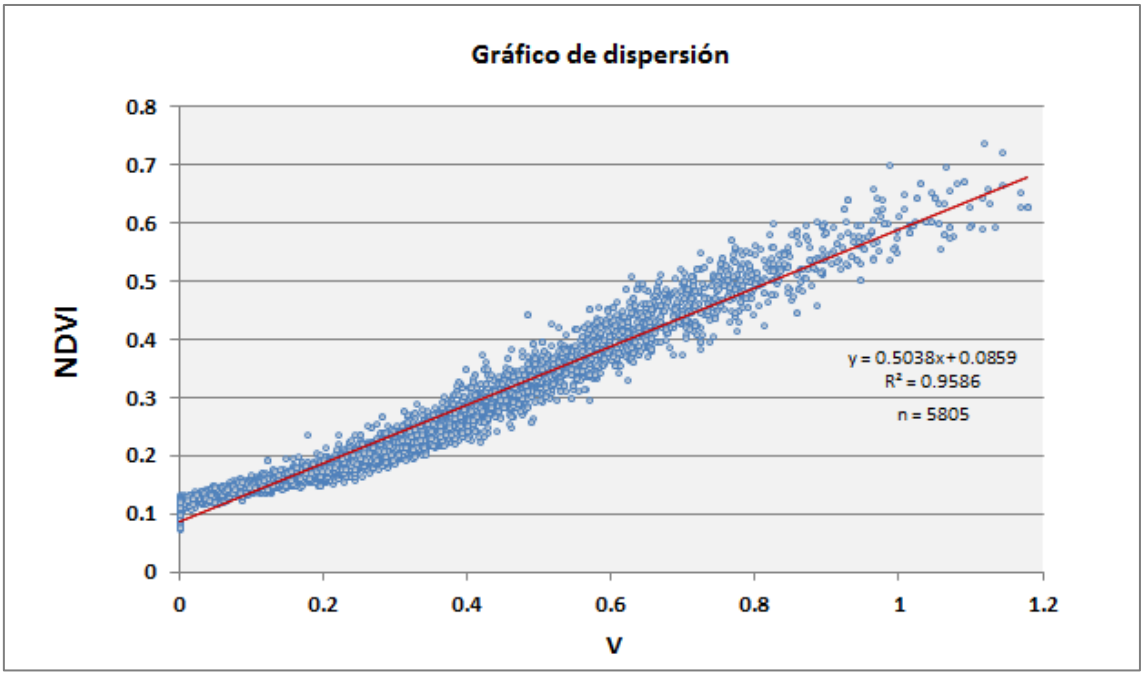
DISTRIBUCIÓN DE PÍXELES		
9:46	**Número de píxeles**	**Porcentaje**
v > 0 y p_valor_veg<0.05	13980	96.513
v > 0 y p_valor_veg > 0.05	276	1.905
v = 0	229	1.58
s > 0 y p_valor_suelo < 0.05	14480	99.965

Vuelo de las 08:44 del 26 de julio de 2012



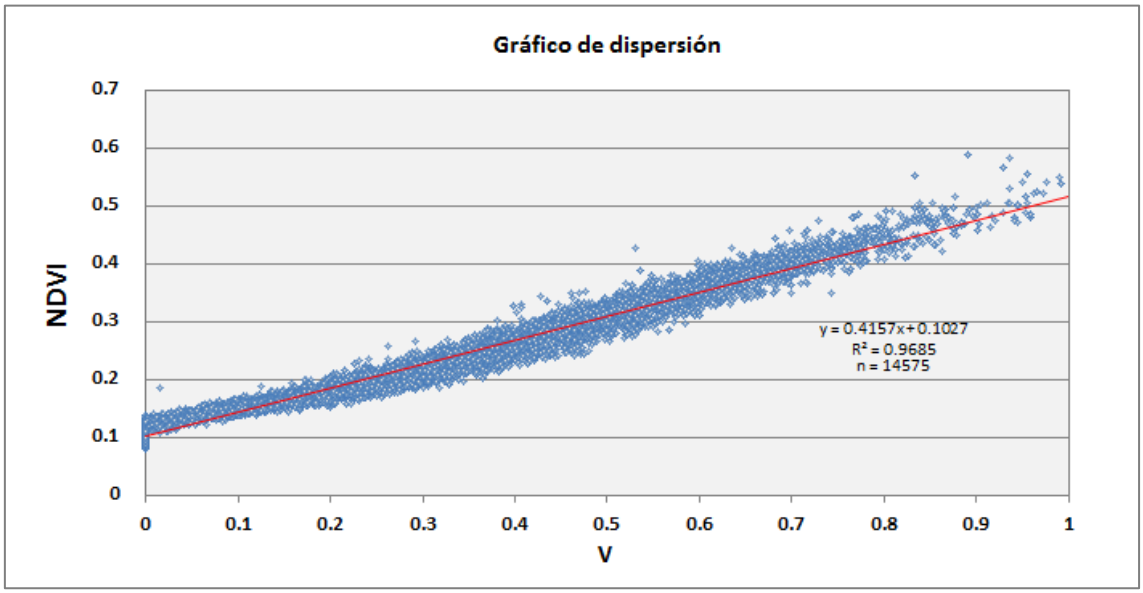
DISTRIBUCIÓN DE PÍXELES		
8:44	**Número de píxeles**	**Porcentaje**
v > 0 y p_valor_veg<0.05	5492	96,148 %
v > 0 y p_valor_veg > 0.05	100	1,75 %
v = 0	120	2,1 %
s > 0 y p_valor_suelo < 0.05	5711	99,982 %

Vuelo de las 08:53 del 26 de julio de 2012



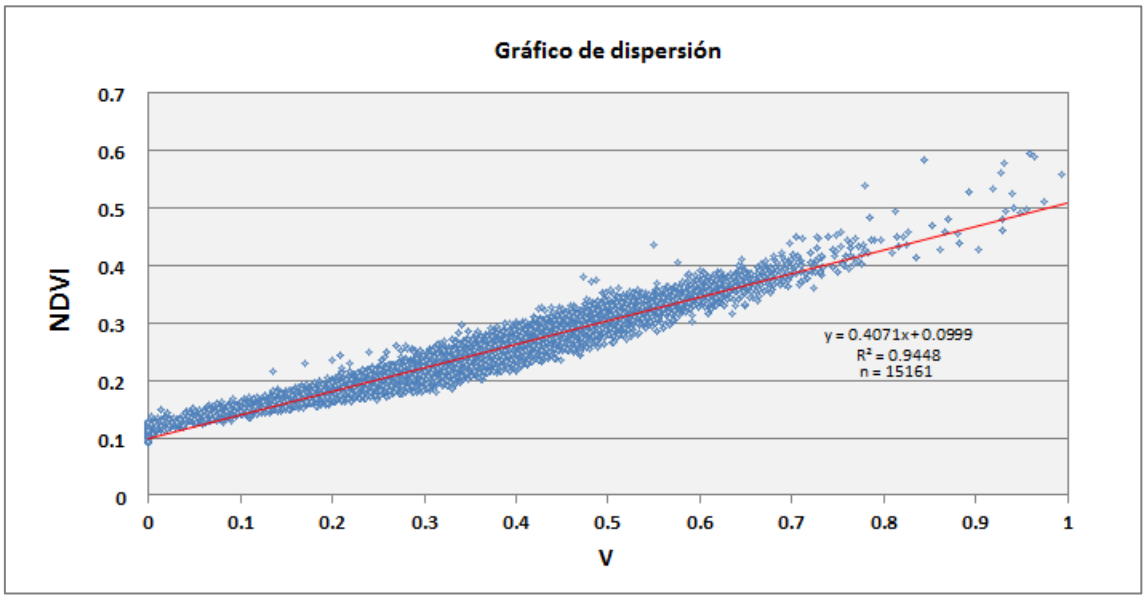
DISTRIBUCIÓN DE PÍXELES		
8:53	**Número de píxeles**	**Porcentaje**
v > 0 y p_valor_veg<0.05	5525	95.1765
v > 0 y p_valor_veg > 0.05	137	2.36
v = 0	143	2.463
s > 0 y p_valor_suelo < 0.05	5777	99.517

Vuelo de las 09:09 del 26 de julio de 2012



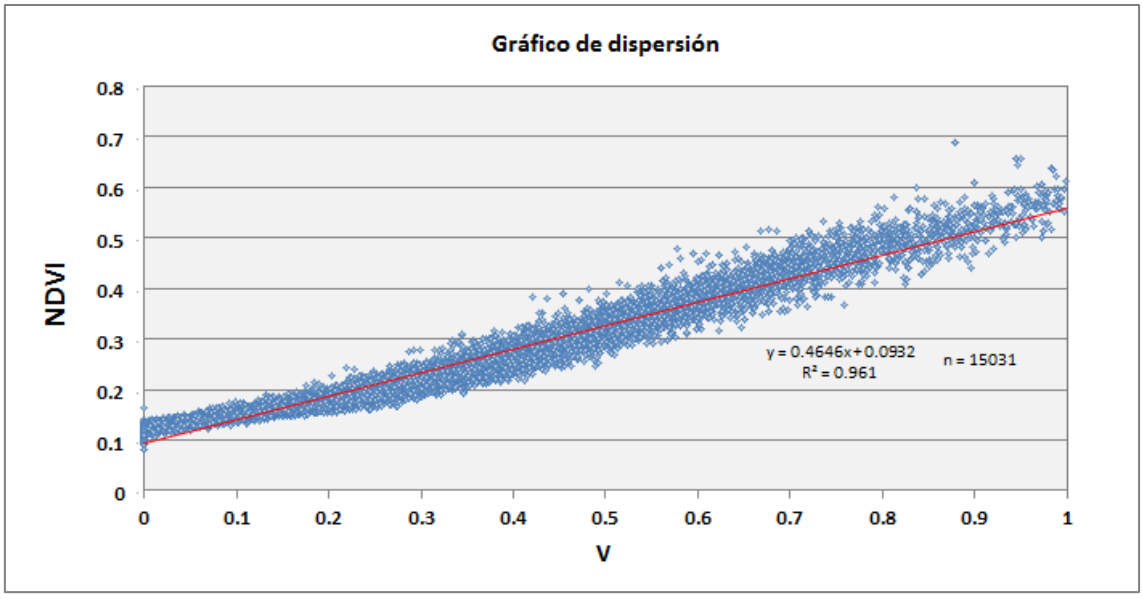
DISTRIBUCIÓN DE PÍXELES		
9:09	**Número de píxeles**	**Porcentaje**
v > 0 y p_valor_veg<0.05	13840	94.957
v > 0 y p_valor_veg > 0.05	466	3.197
v = 0	269	1.845
s > 0 y p_valor_suelo < 0.05	14568	99.951

Vuelo de las 09:19 del 26 de julio de 2012



DISTRIBUCIÓN DE PÍXELES		
9:19	**Número de píxeles**	**Porcentaje**
v > 0 y p_valor_veg<0.05	14743	97.242
v > 0 y p_valor_veg > 0.05	266	1.754
v = 0	152	1.0025
s > 0 y p_valor_suelo < 0.05	15157	99.973

Vuelo de las 09:40 del 26 de julio de 2012



DISTRIBUCIÓN DE PÍXELES		
9:40	**Número de píxeles**	**Porcentaje**
v > 0 y p_valor_veg<0.05	14094	93.766
v > 0 y p_valor_veg > 0.05	479	3.186
v = 0	458	3.047
s > 0 y p_valor_suelo < 0.05	14968	99.58

6- CONCLUSIONES:

Observando los gráficos de dispersión de las 10 imágenes con las que se ha trabajado en este proyecto se aprecia la alta correlación existente entre v y el índice de vegetación (NDVI) ya que r2 tiene un valor superior al 0.9 en todos los casos.

En la Tabla 12 expuesta a continuación se representa la distribución de los pixeles para todas las imágenes en forma de porcentaje, donde se puede observar que S es explicativa para todos los pixeles del viñedo en la imagen de las 8:43 del 25 de julio, y para casi todos los píxeles del resto de imágenes, siendo dicho valor superior a 99,5% en dichas imágenes restantes. La media de dicho valor para todas las imágenes es de 99,87%.

La variable V lo es para la mayor parte, siendo la media para todas las imágenes de un 95,29%. Los pixeles para los que el valor de V no está definido es bastante bajo (v = 0- > 2,25% de media) y lo mismo ocurre para los que V no es explicativa, es decir el p_valor_veg tiene un valor superior 0.05, donde la media de dicho valor para todas las imágenes es de 2,44%.

Estudiando los datos de todas las imágenes podemos concluir que los datos tomados por el sensor CASI del INTA son completamente válidos, independientemente de la resolución espacial de la imagen, para la discriminación entre las distintas cubiertas suelo y vegetación. Ya que el porcentaje de pixeles para los que V es explicativa supera el 92,5% en todas las imágenes y S lo es para más del 99,5% de ellas.

DISTRIBUCIÓN DE PÍXELES EN PORCENTAJES				
Imagen	v > 0 y p_valor_veg<0.05	v > 0 y p_valor_veg > 0.05	v = 0	s > 0 y p_valor_suelo < 0.05
25/07/12, 08:43	96.066	1.395	2.537	100
25/07/12, 08_51	92.514	3.184	4.3	99.762
25/07/12, 09:02	94.018	3.572	2.408	99.966
25/07/12, 09:11	96.559	2.08	1.359	99.993
25/07/12, 09:46	96.513	1.905	1.58	99.965
26/07/12, 08:44	96.148	1.75	2.1	99.982
26/07/12, 08:53	95.1765	2.36	2.463	99.517
26/07/12, 09:09	94.957	3.197	1.845	99.951
26/07/12, 09:19	97.242	1.754	1.0025	99.973
26/07/12, 09:40	93.766	3.186	3.047	99.58
MEDIA	**95.2959**	**2.4383**	**2.26415**	**99.8689**

Tabla 12: Distribución de píxeles para todas las imágenes.

7- BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA:

[1] Apuntes asignatura Georreferenciación de imágenes. Autores: Silverio García Cortés y Carlos Cabo.

[2] http://www.academia.edu/7325566/APLICACIONES_DE_IM%C3%81GENES_HIPREESPECTRALES_AEROPORTADAS_EN_BOSQUE_DE_CHILE

[3] J. F. Calleja, C. Hellamann, G. Mendiguren and S. Punalekar. Relating hypespectral ground measurementnes to airborne data in a complex, discontinuos canopy. REFLEX campaign acquition report, 2013.

[4] CASI_products_spec_v1.1.doc

[5] http://www.itres.com/casi-1500/

[6] **http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.isprs.org%2Fproceedings%2F2005%2Fsemana_geomatica05%2Ffront%2Fabstracts%2FDimecres9%2FR16.pdf&ei=F2qZVcqPJYPzULy3iOgL&usg=AFQjCNG7T8sQux7xQ2nrVbUNcdBkil00_w&sig2=QtPXsMhKqpkZQxszRxTGRg&bvm=bv.96952980,d.d24** **("CARACTERIZACIÓN DEL SENSOR HIPERESPECTRAL AHS PARA LA GEORREFERENCIACIÓN DIRECTA DE IMÁGENES A PARTIR DE UN SISTEMA INERCIAL GPS/IMU")**

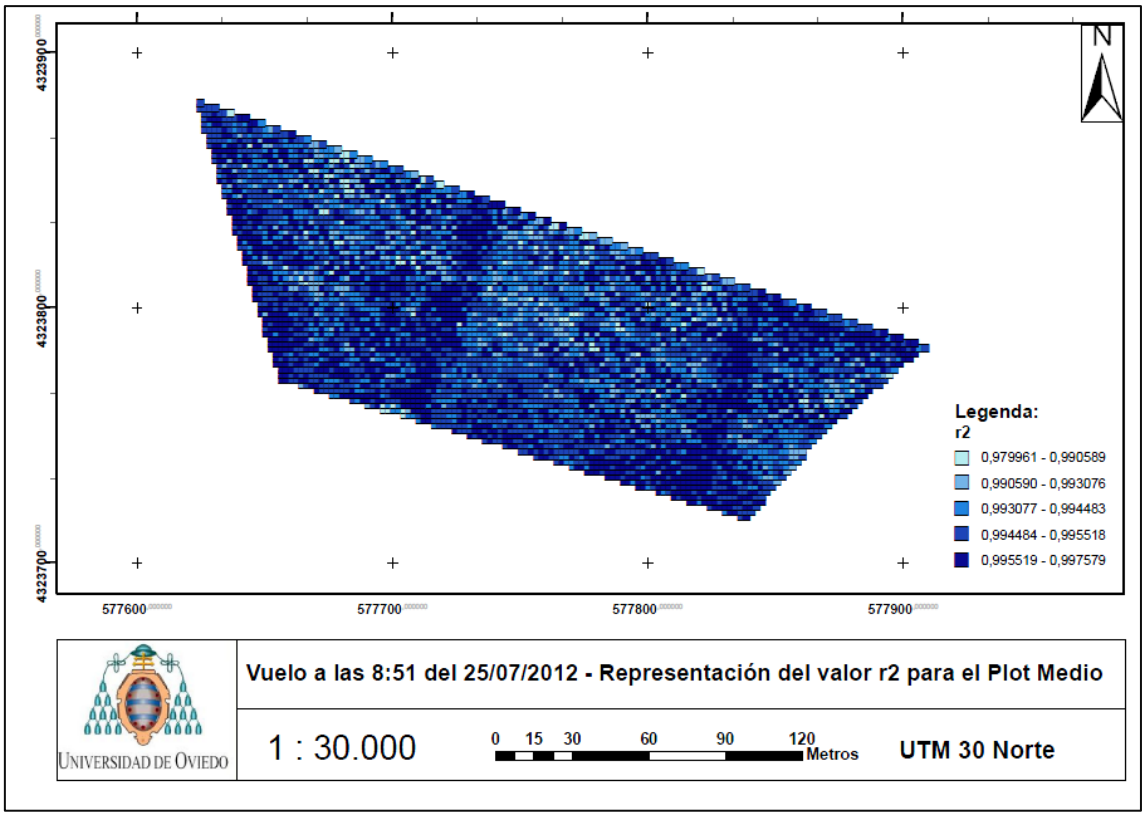
[7]

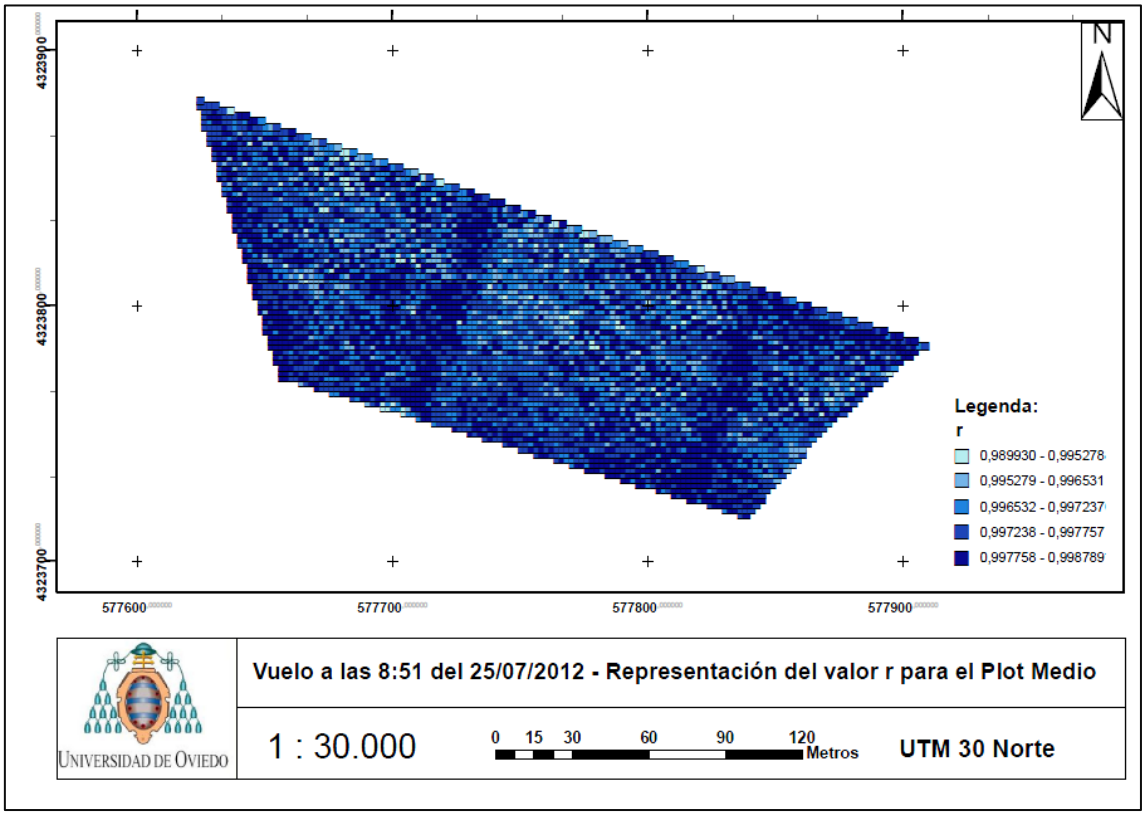
http://crepadweb.cec.inta.es/es/npoc/adquisicion_sanp.html

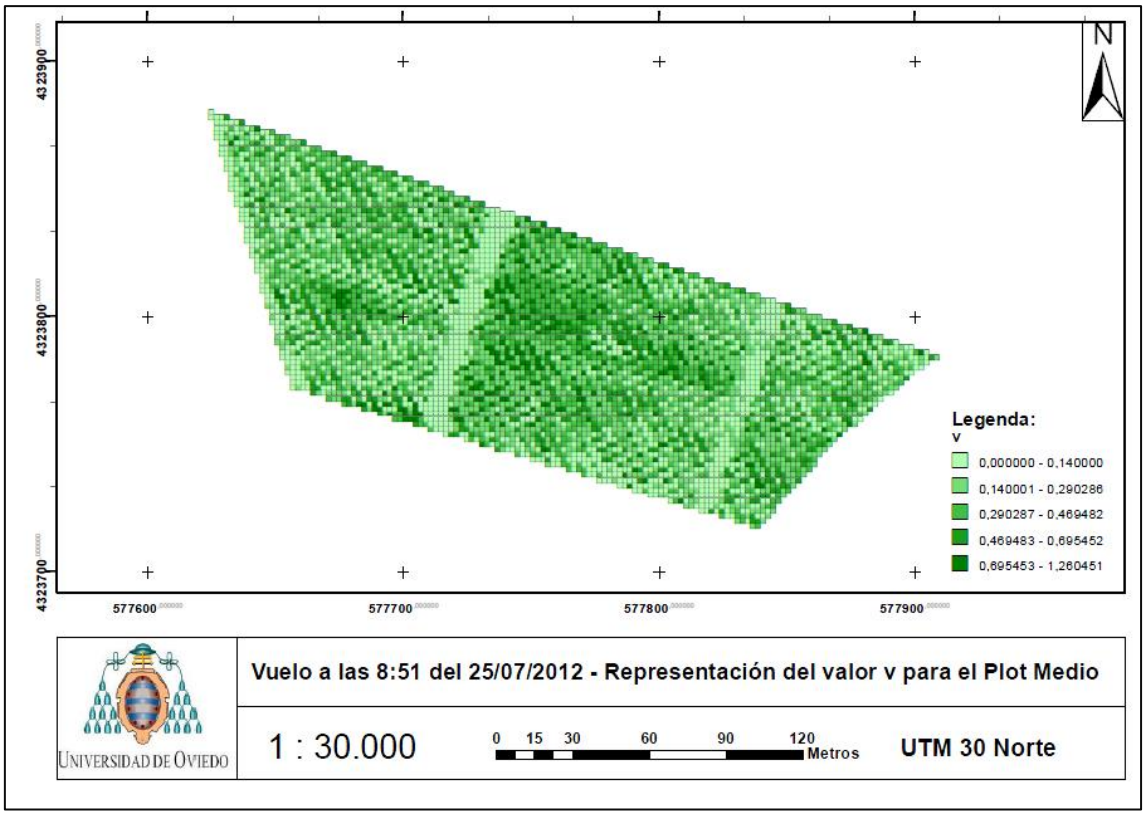
[8] Estadística descriptiva y diferencial. Autor: Manuel Córdoba Zamora. Quinta edición.

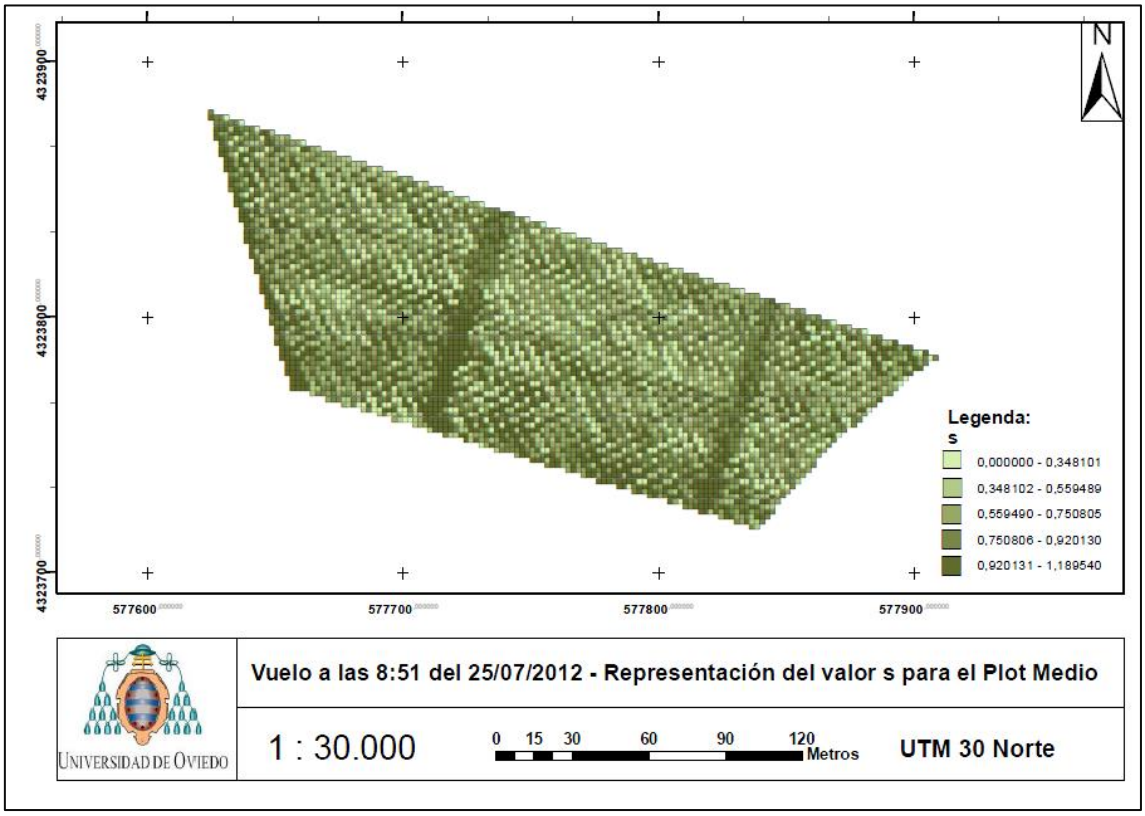
[9] Apuntes Estadística. Autores: Gil González y Ana Colubi.

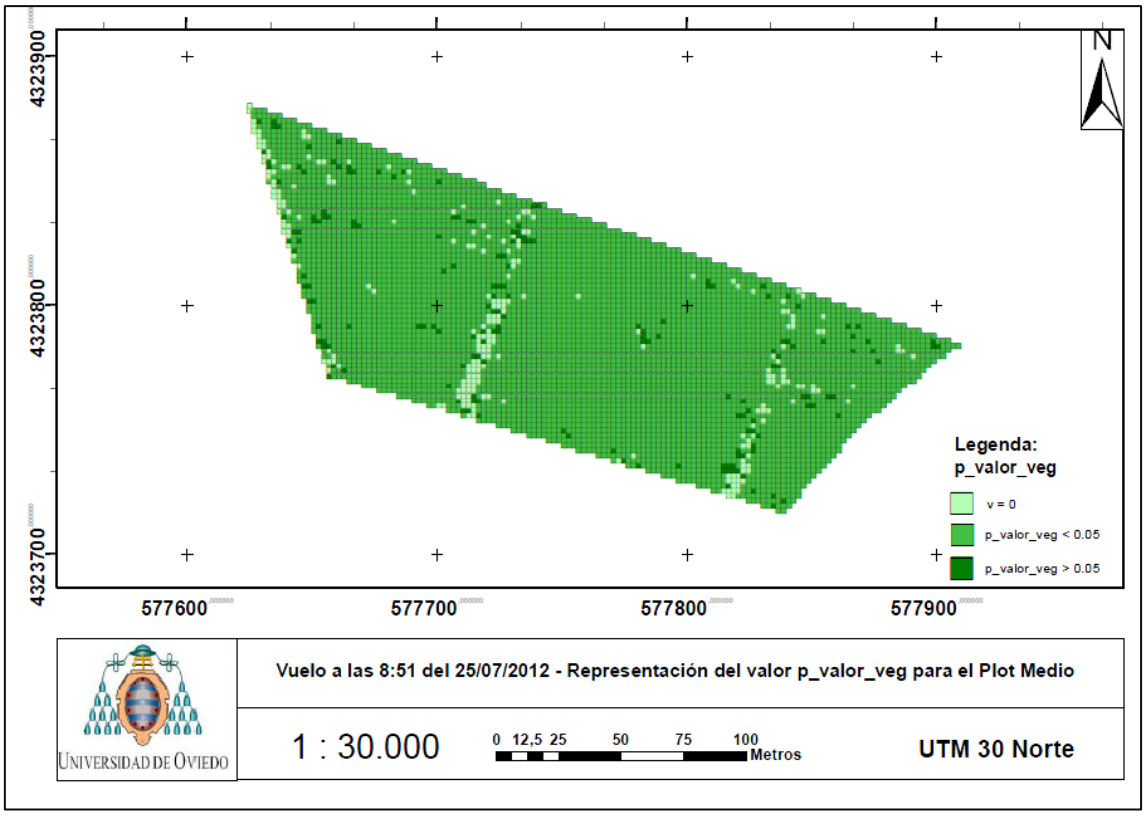
Anexo I

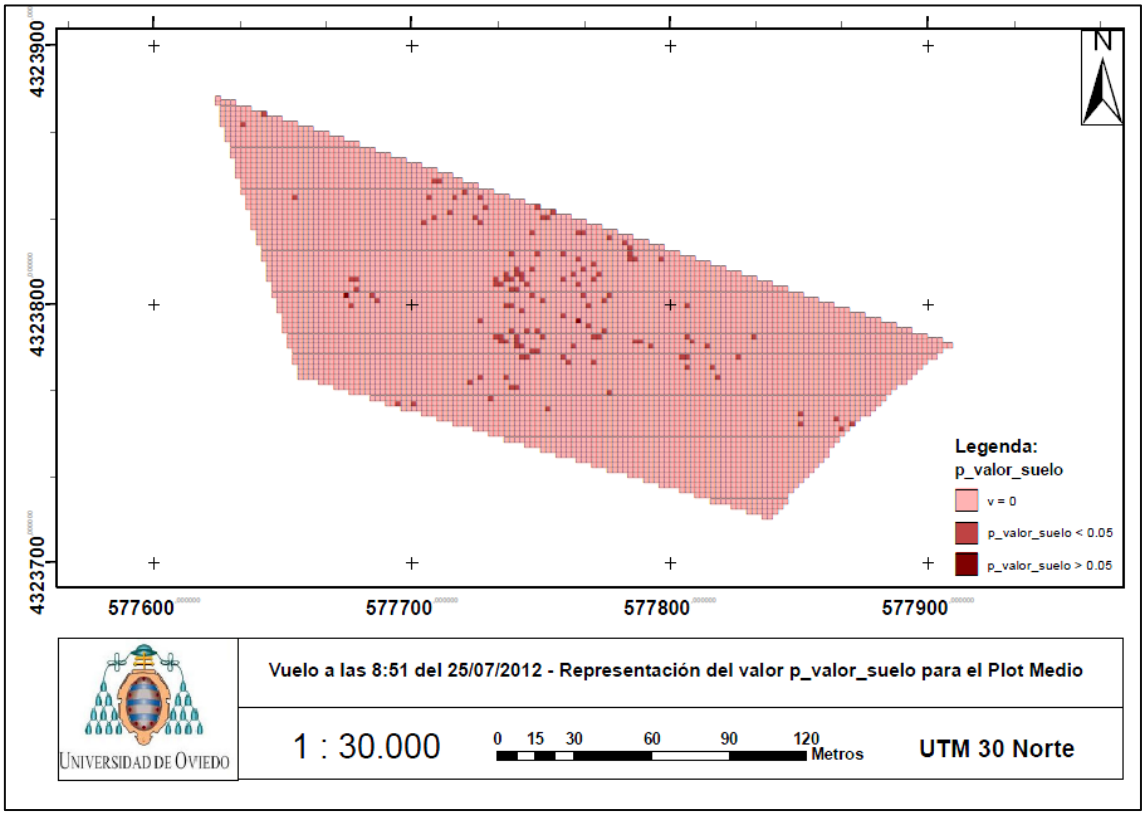

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r2
0,979961 - 0,990589
0,990590 - 0,993076
0,993077 - 0,994483
0,994484 - 0,995518
0,995519 - 0,997579
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:51 del 25/07/2012 - Representación del valor r2 para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

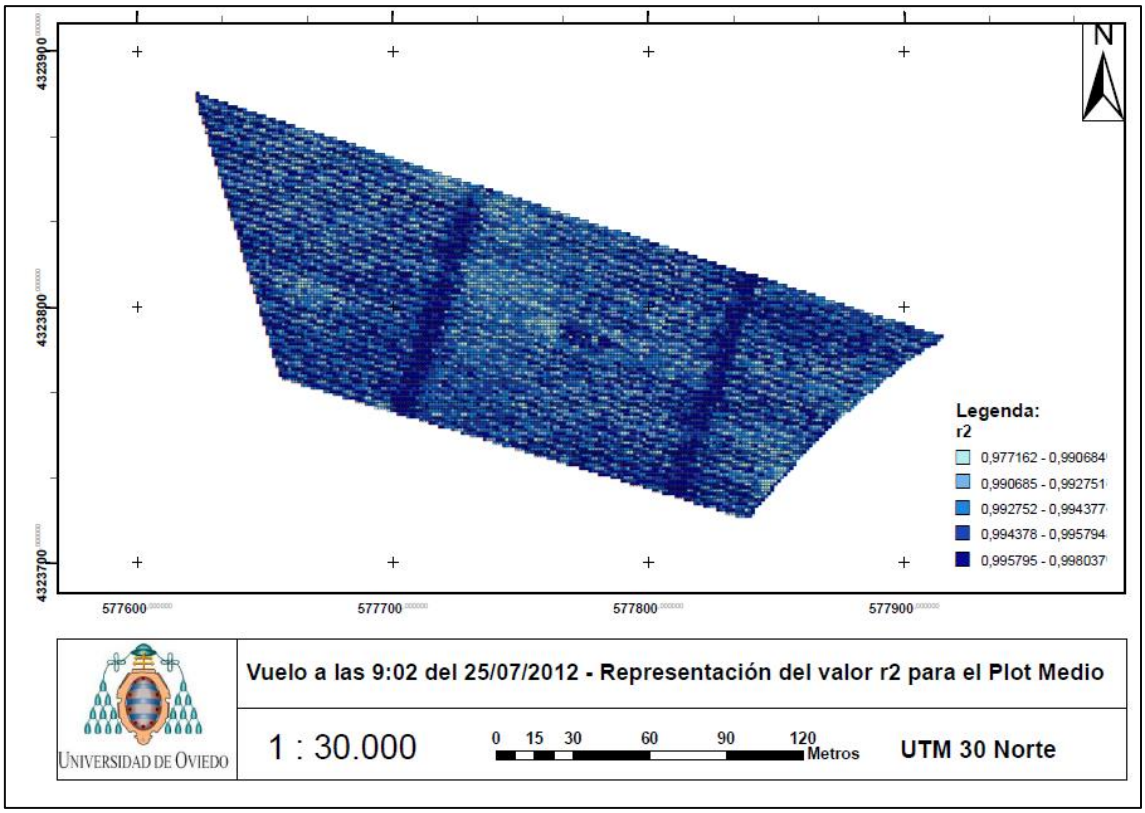

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r
0,989930 - 0,995278
0,995279 - 0,996531
0,996532 - 0,997237
0,997238 - 0,997757
0,997758 - 0,998789
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:51 del 25/07/2012 - Representación del valor r para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

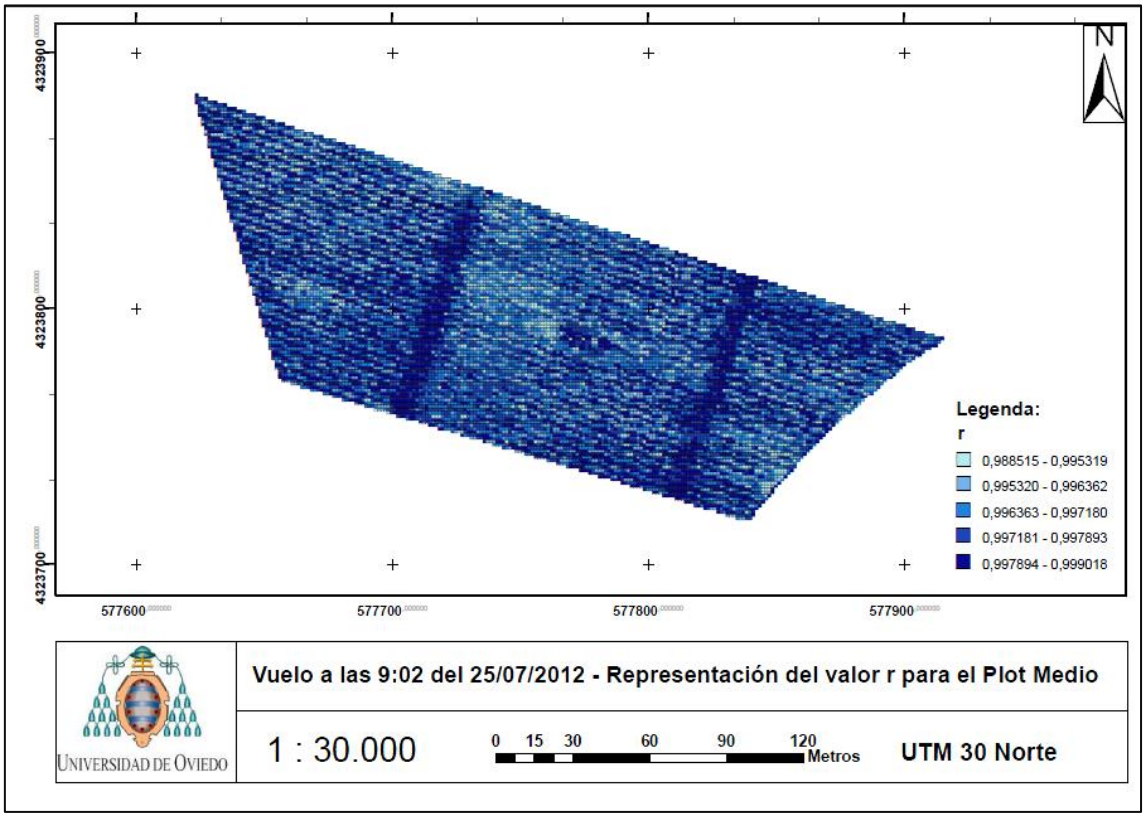

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
v
0,000000 - 0,140000
0,140001 - 0,290286
0,290287 - 0,469482
0,469483 - 0,695452
0,695453 - 1,260451
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:51 del 25/07/2012 - Representación del valor v para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

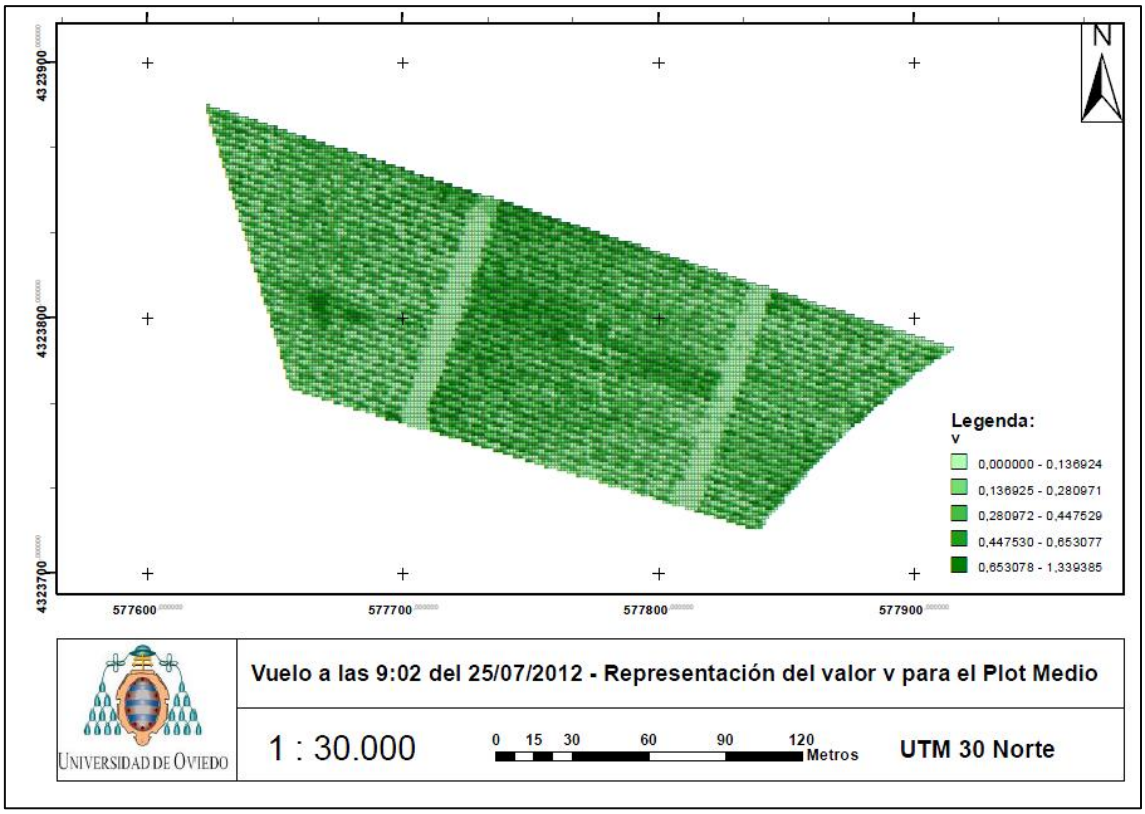

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
s
0,000000 - 0,348101
0,348102 - 0,559489
0,559490 - 0,750805
0,750806 - 0,920130
0,920131 - 1,189540
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:51 del 25/07/2012 - Representación del valor s para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

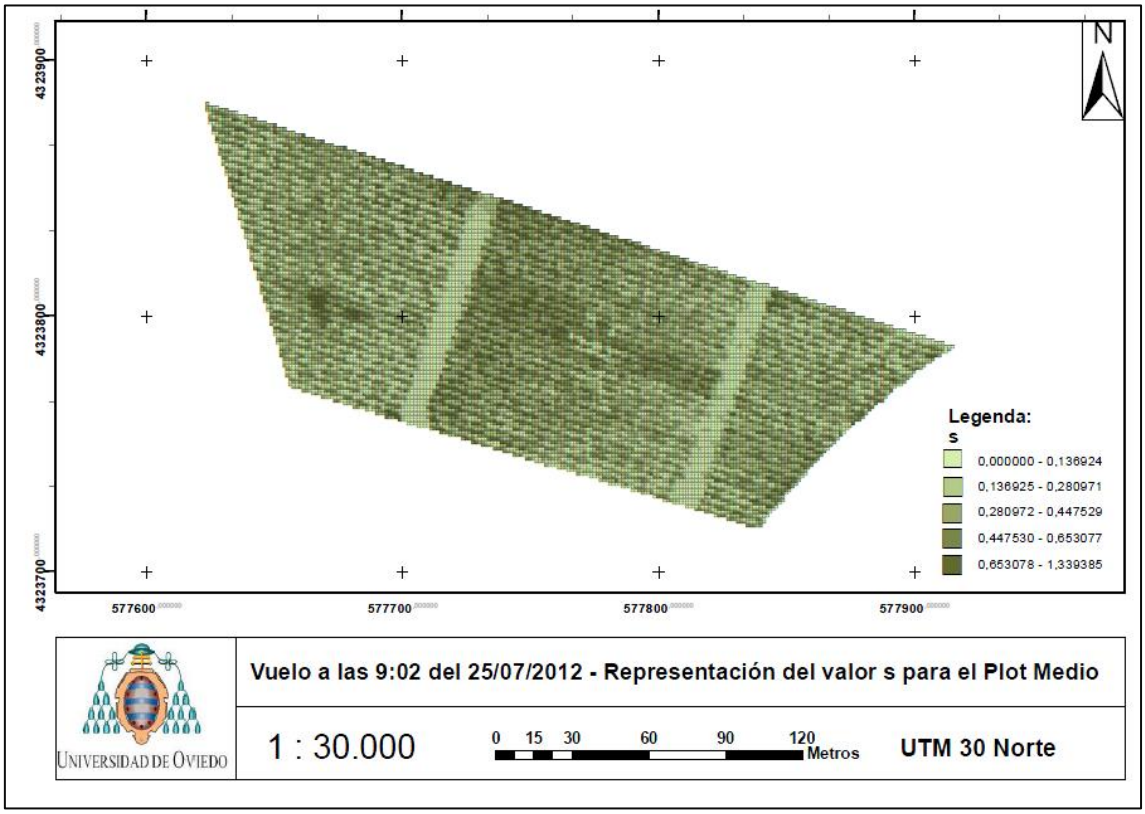

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_veg
v = 0
p_valor_veg < 0.05
p_valor_veg > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:51 del 25/07/2012 - Representación del valor p_valor_veg para el Plot Medio
1 : 30.000
0 12,5 25 50 75 100
Metros
UTM 30 Norte

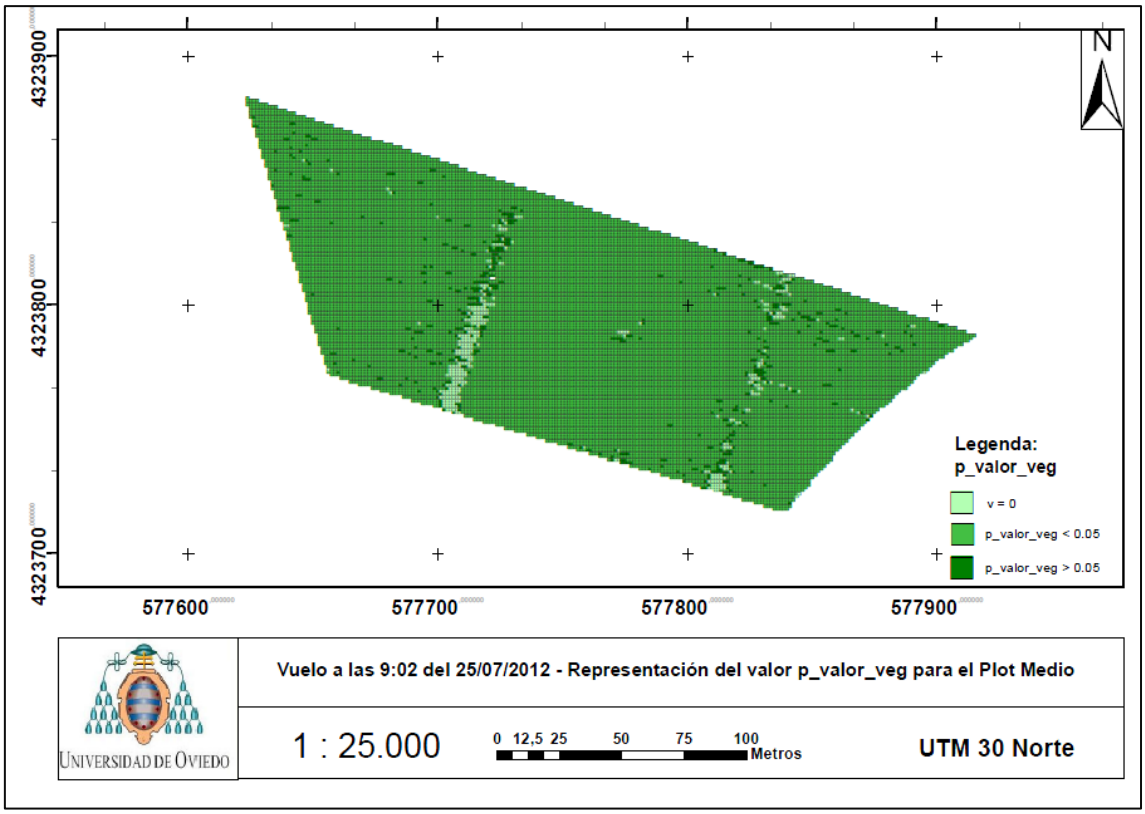

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_suelo
v = 0
p_valor_suelo < 0.05
p_valor_suelo > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:51 del 25/07/2012 - Representación del valor p_valor_suelo para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

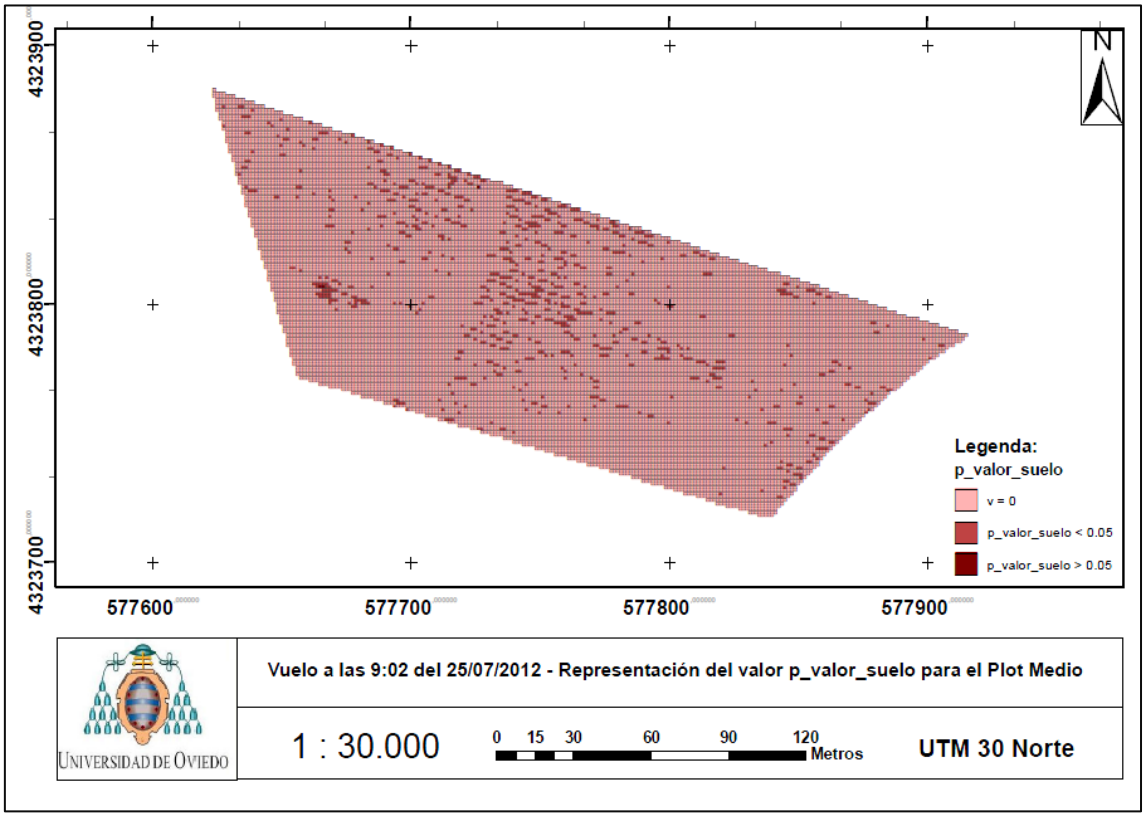

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r2
0,977162 - 0,990684
0,990685 - 0,992751
0,992752 - 0,994377
0,994378 - 0,995794
0,995795 - 0,998037
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:02 del 25/07/2012 - Representación del valor r2 para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

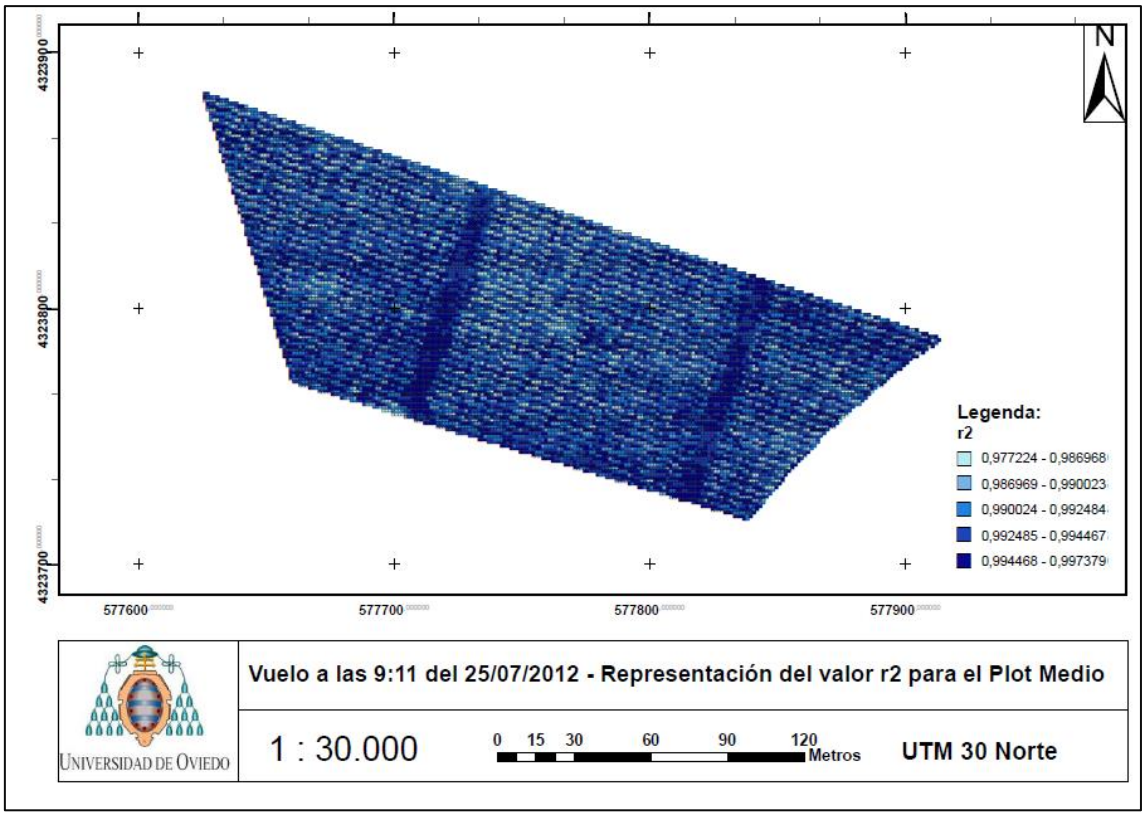

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r
0,988515 - 0,995319
0,995320 - 0,996362
0,996363 - 0,997180
0,997181 - 0,997893
0,997894 - 0,999018
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:02 del 25/07/2012 - Representación del valor r para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

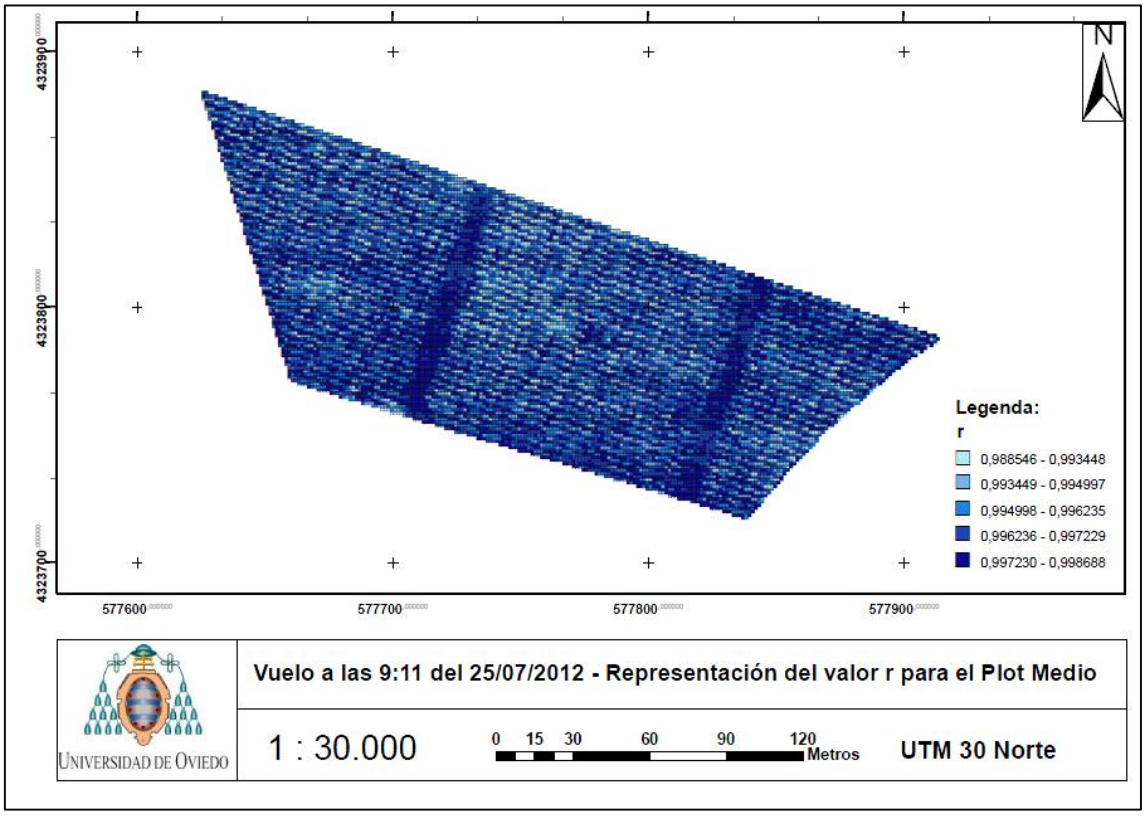

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
v
0,000000 - 0,136924
0,136925 - 0,280971
0,280972 - 0,447529
0,447530 - 0,653077
0,653078 - 1,339385
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:02 del 25/07/2012 - Representación del valor v para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

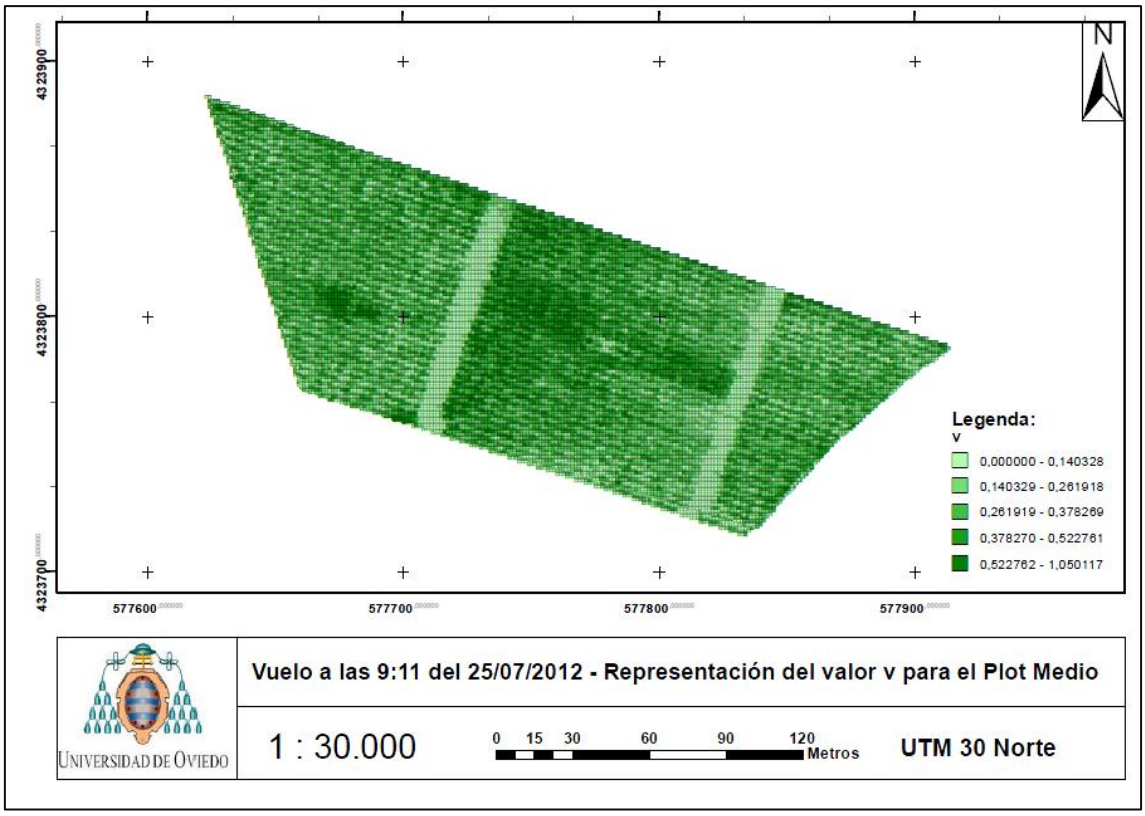

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
s
0,000000 - 0,136924
0,136925 - 0,280971
0,280972 - 0,447529
0,447530 - 0,653077
0,653078 - 1,339385
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:02 del 25/07/2012 - Representación del valor s para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

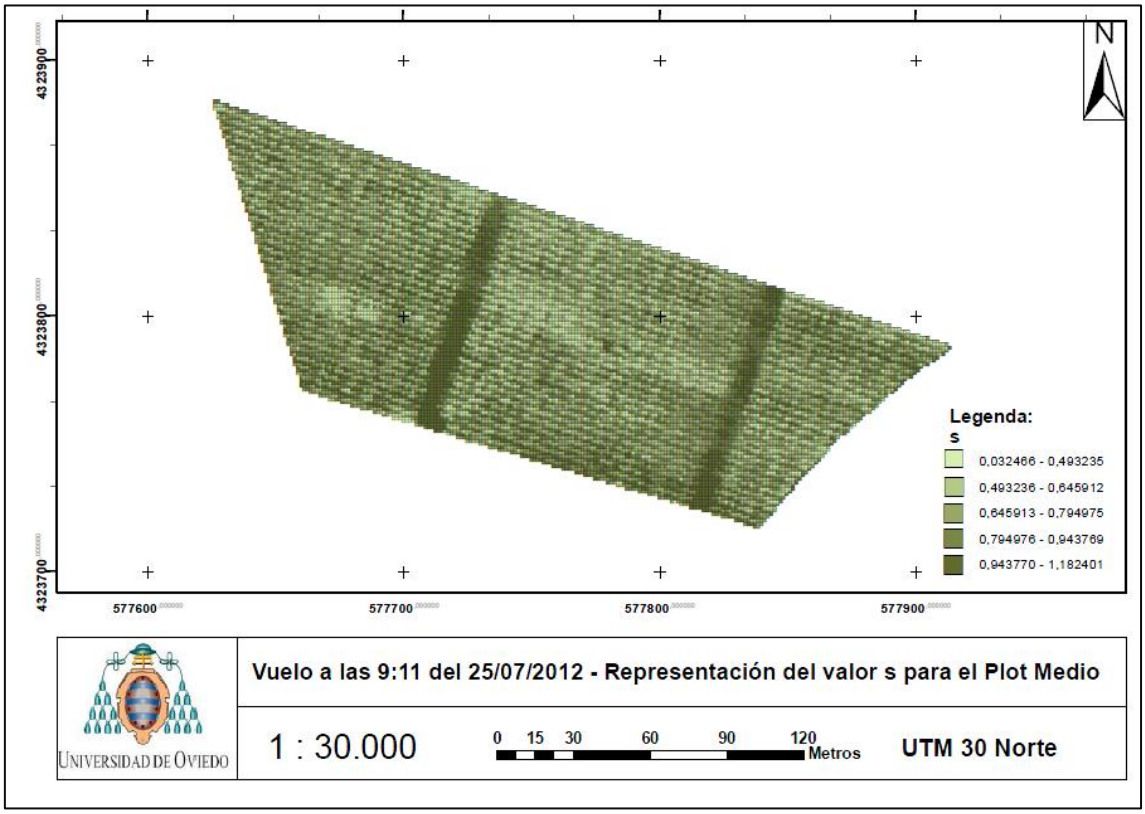

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_veg
v = 0
p_valor_veg < 0.05
p_valor_veg > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:02 del 25/07/2012 - Representación del valor p_valor_veg para el Plot Medio
1 : 25.000
0 12,5 25 50 75 100
Metros
UTM 30 Norte

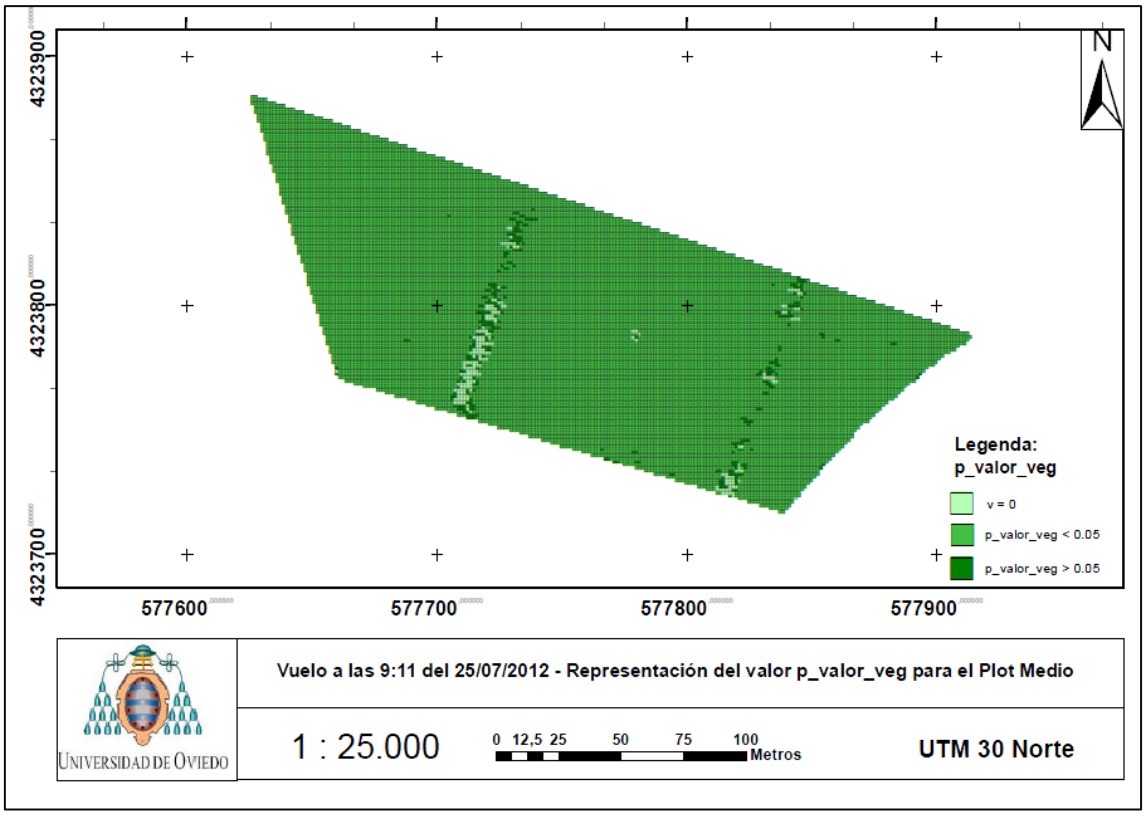

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_suelo
v = 0
p_valor_suelo < 0.05
p_valor_suelo > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:02 del 25/07/2012 - Representación del valor p_valor_suelo para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

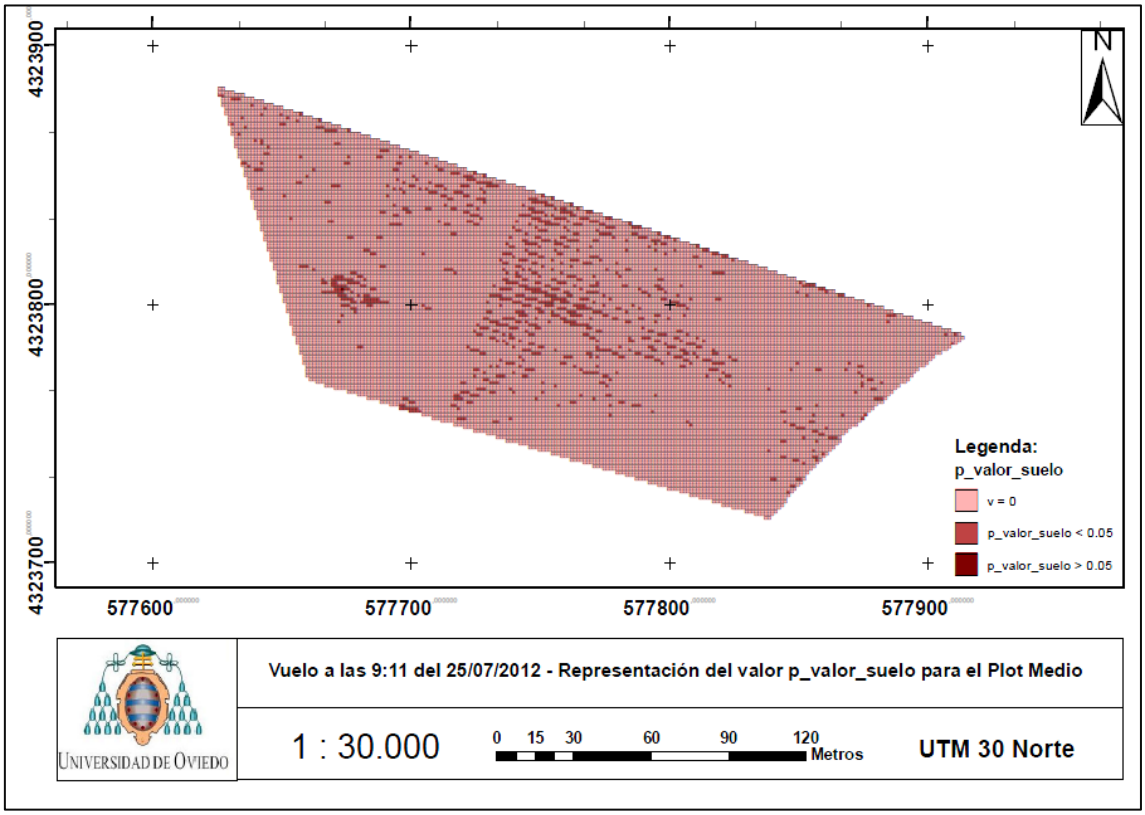

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r2
0,977224 - 0,986968
0,986969 - 0,990023
0,990024 - 0,992484
0,992485 - 0,994467
0,994468 - 0,997379
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:11 del 25/07/2012 - Representación del valor r2 para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

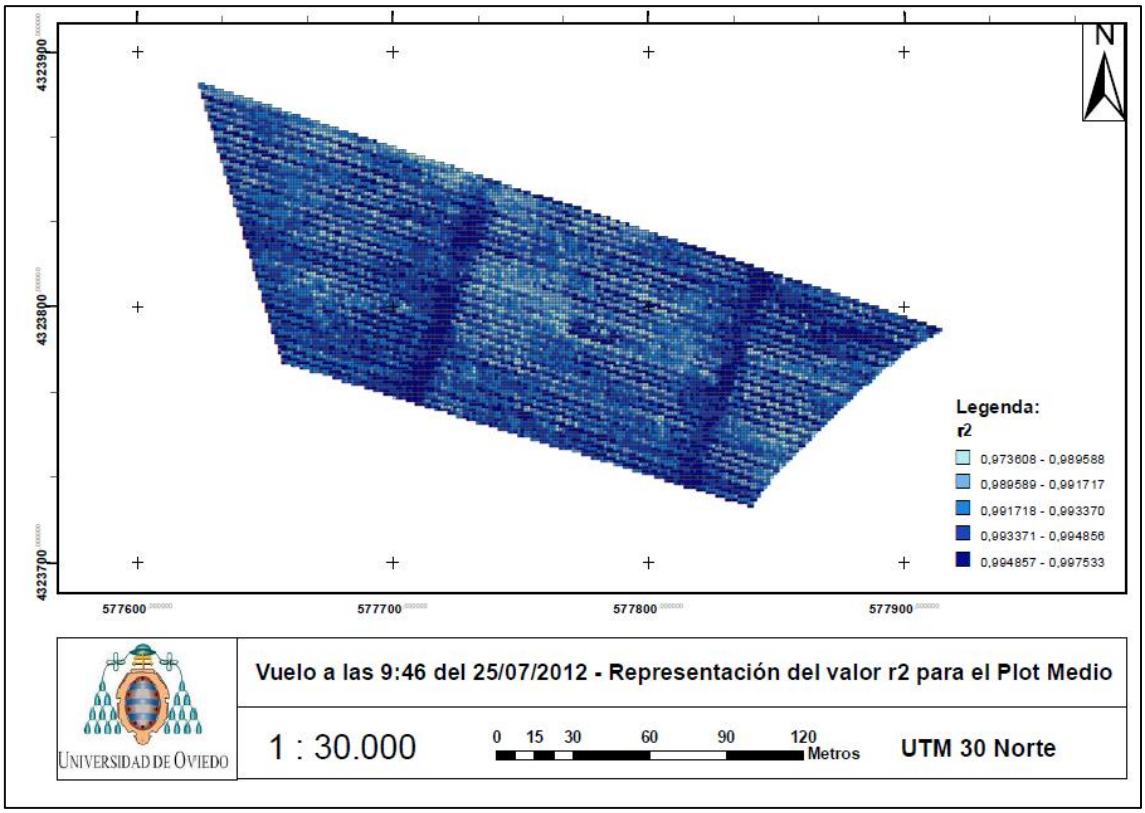

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r
0,988546 - 0,993448
0,993449 - 0,994997
0,994998 - 0,996235
0,996236 - 0,997229
0,997230 - 0,998688
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:11 del 25/07/2012 - Representación del valor r para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

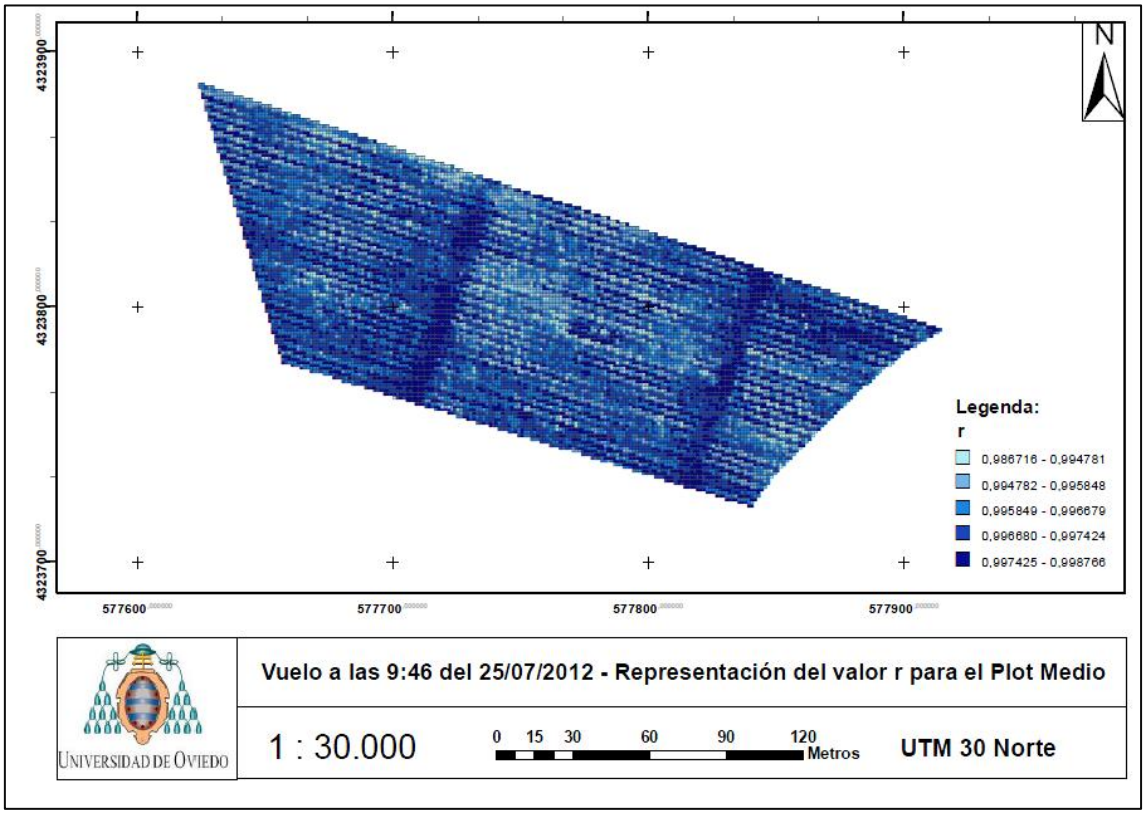

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
v
0,000000 - 0,140328
0,140329 - 0,261918
0,261919 - 0,378269
0,378270 - 0,522761
0,522762 - 1,050117
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:11 del 25/07/2012 - Representación del valor v para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

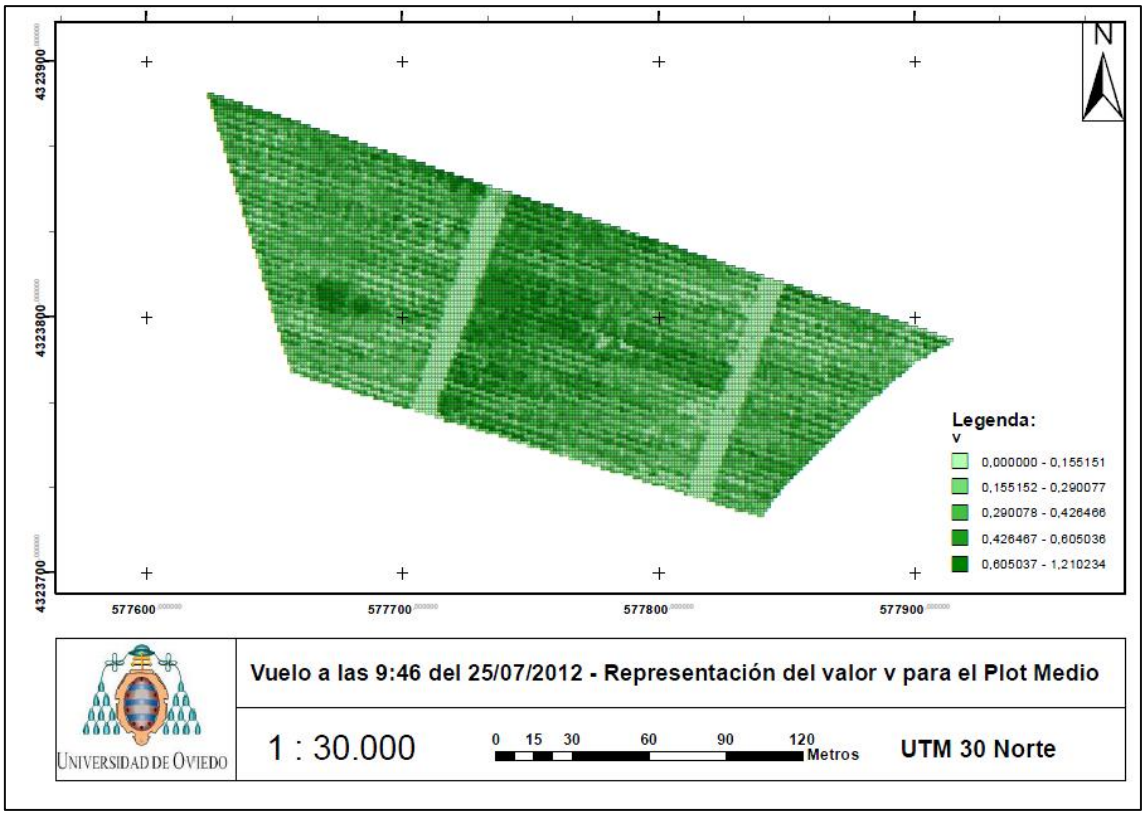

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
s
0,032466 - 0,493235
0,493236 - 0,645912
0,645913 - 0,794975
0,794976 - 0,943769
0,943770 - 1,182401
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:11 del 25/07/2012 - Representación del valor s para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

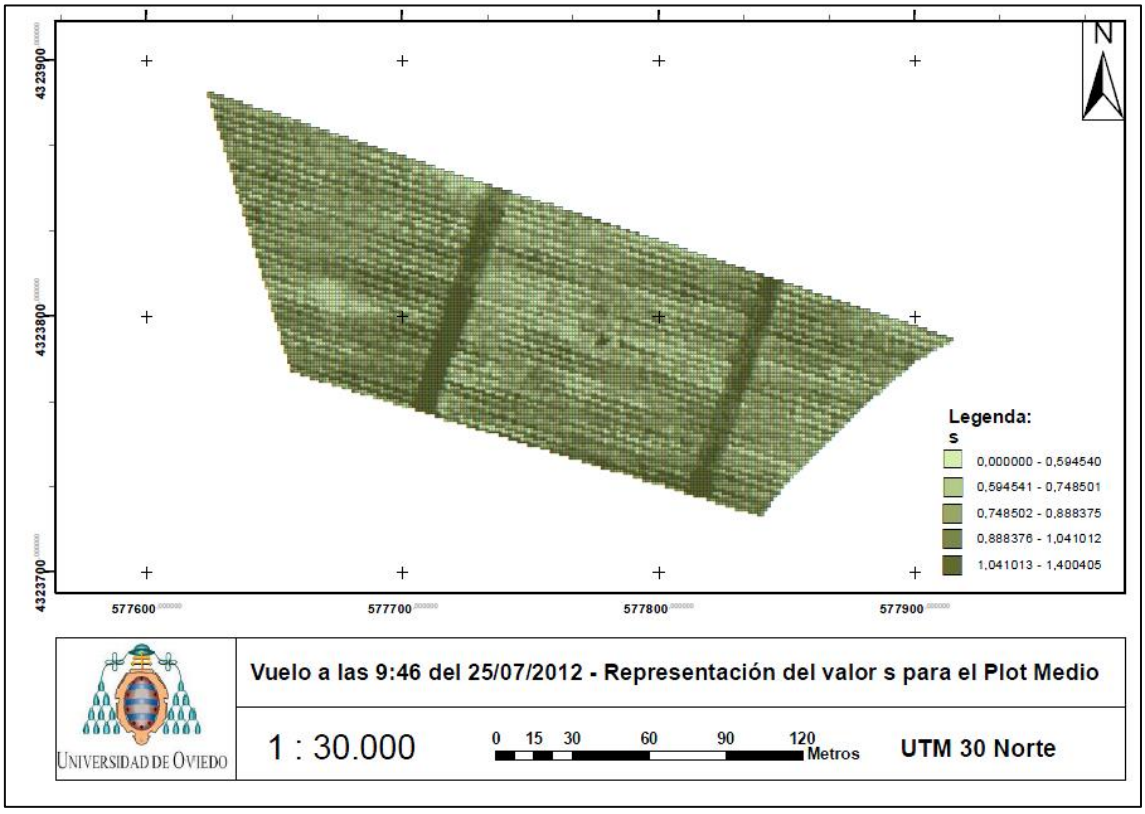

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_veg
v = 0
p_valor_veg < 0.05
p_valor_veg > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:11 del 25/07/2012 - Representación del valor p_valor_veg para el Plot Medio
1 : 25.000
0 12,5 25 50 75 100
Metros
UTM 30 Norte

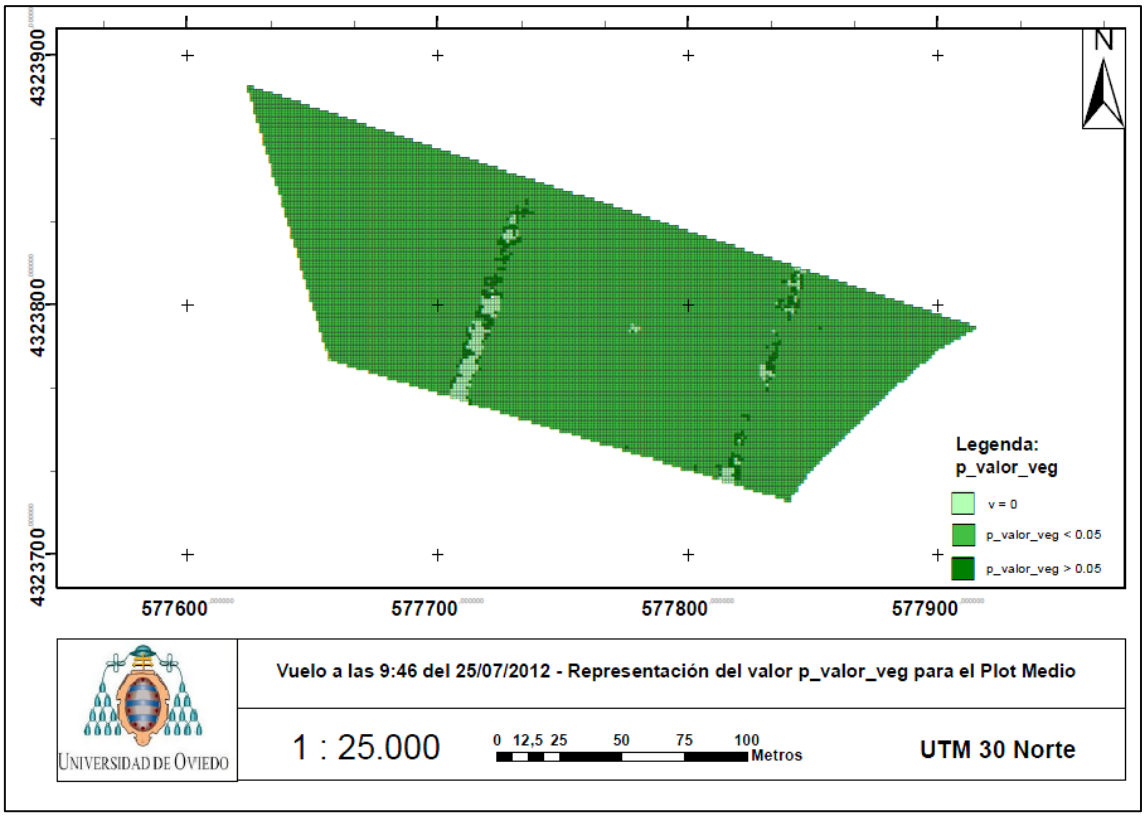

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_suelo
v = 0
p_valor_suelo < 0.05
p_valor_suelo > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:11 del 25/07/2012 - Representación del valor p_valor_suelo para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

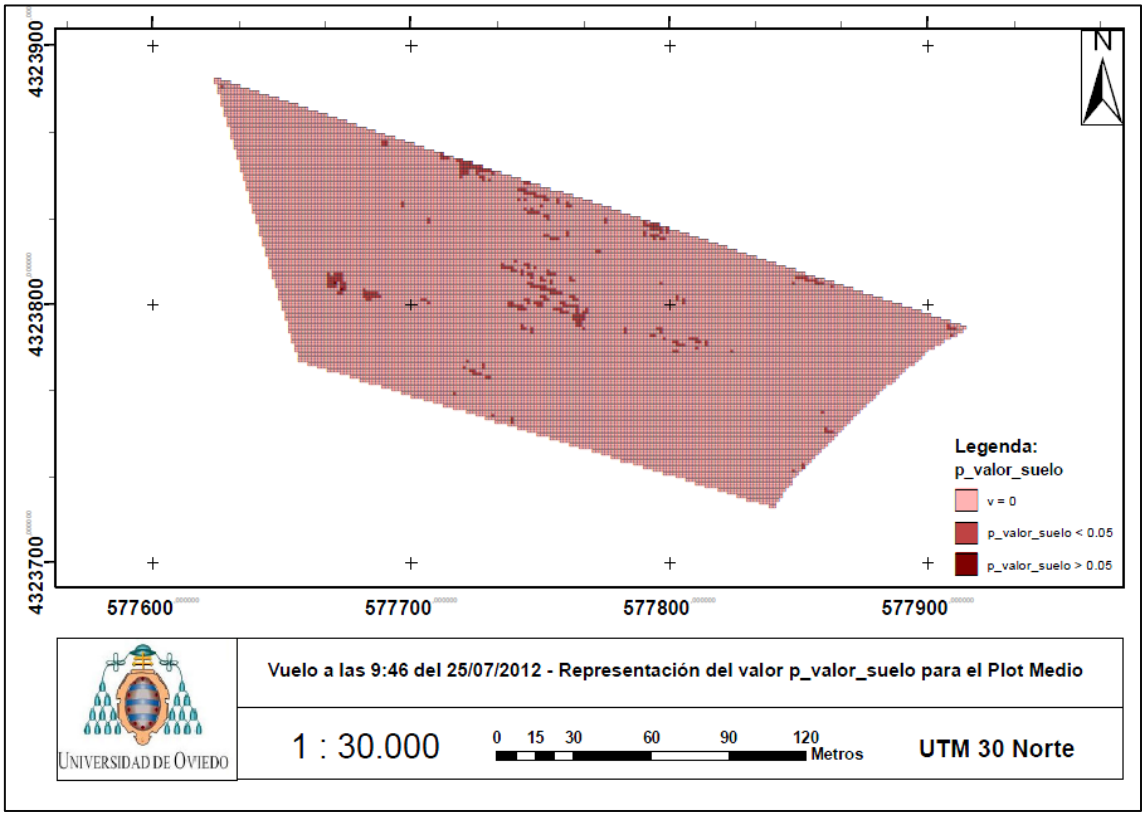

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r2
0,973608 - 0,989588
0,989589 - 0,991717
0,991718 - 0,993370
0,993371 - 0,994856
0,994857 - 0,997533
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:46 del 25/07/2012 - Representación del valor r2 para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

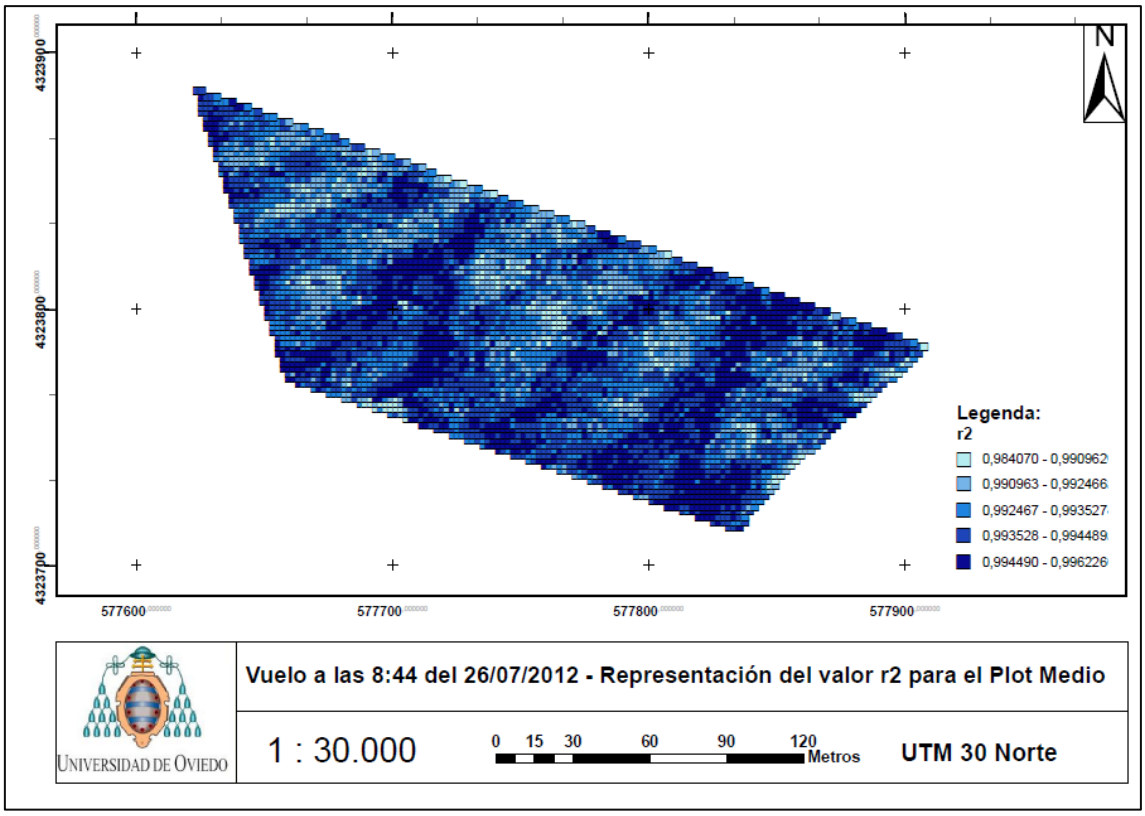

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r
0,986716 - 0,994781
0,994782 - 0,995848
0,995849 - 0,996679
0,996680 - 0,997424
0,997425 - 0,998766
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:46 del 25/07/2012 - Representación del valor r para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

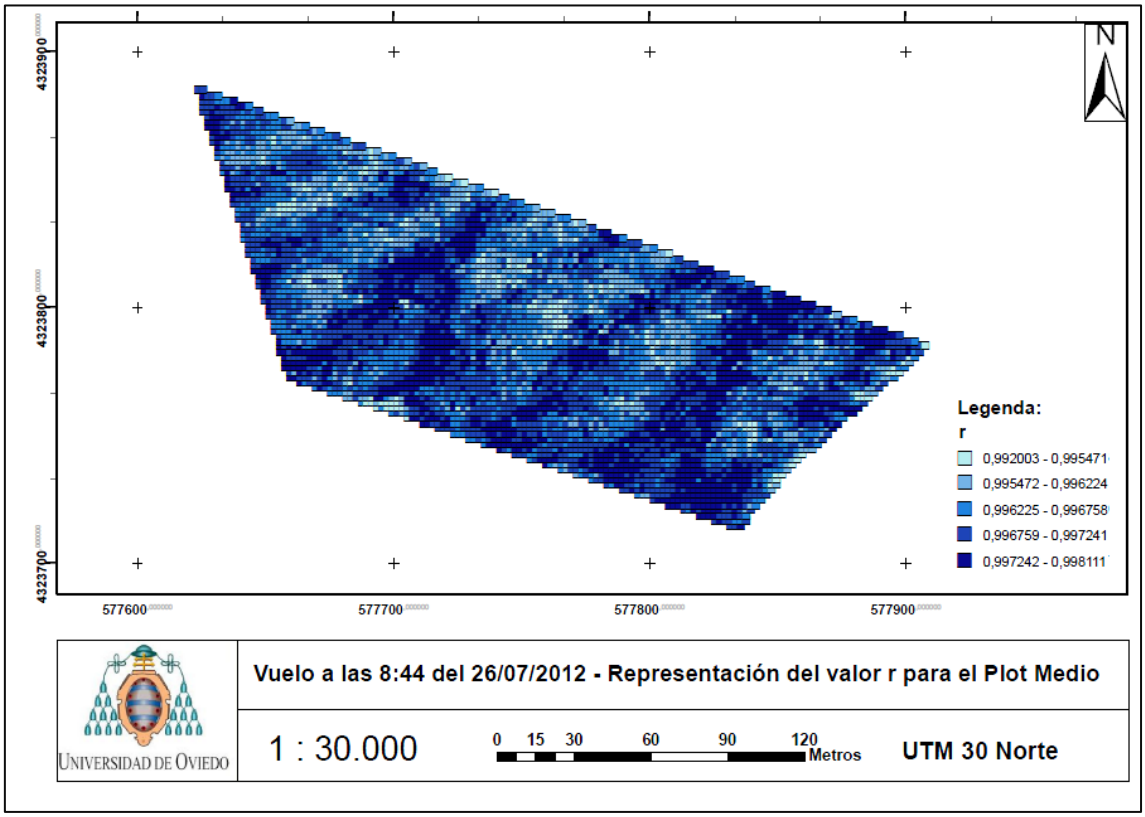

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
v
0,000000 - 0,155151
0,155152 - 0,290077
0,290078 - 0,426466
0,426467 - 0,605036
0,605037 - 1,210234
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:46 del 25/07/2012 - Representación del valor v para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120 Metros
UTM 30 Norte

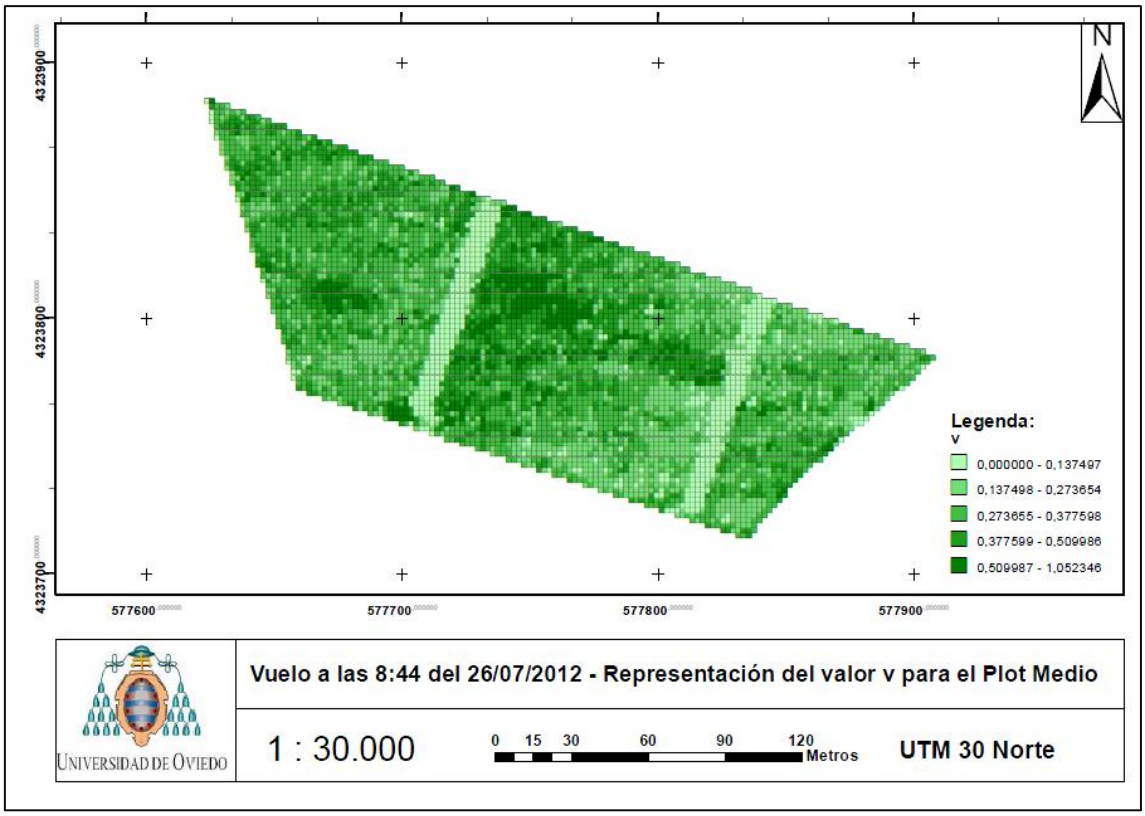

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
s
0,000000 - 0,594540
0,594541 - 0,748501
0,748502 - 0,888375
0,888376 - 1,041012
1,041013 - 1,400405
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:46 del 25/07/2012 - Representación del valor s para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120 Metros
UTM 30 Norte

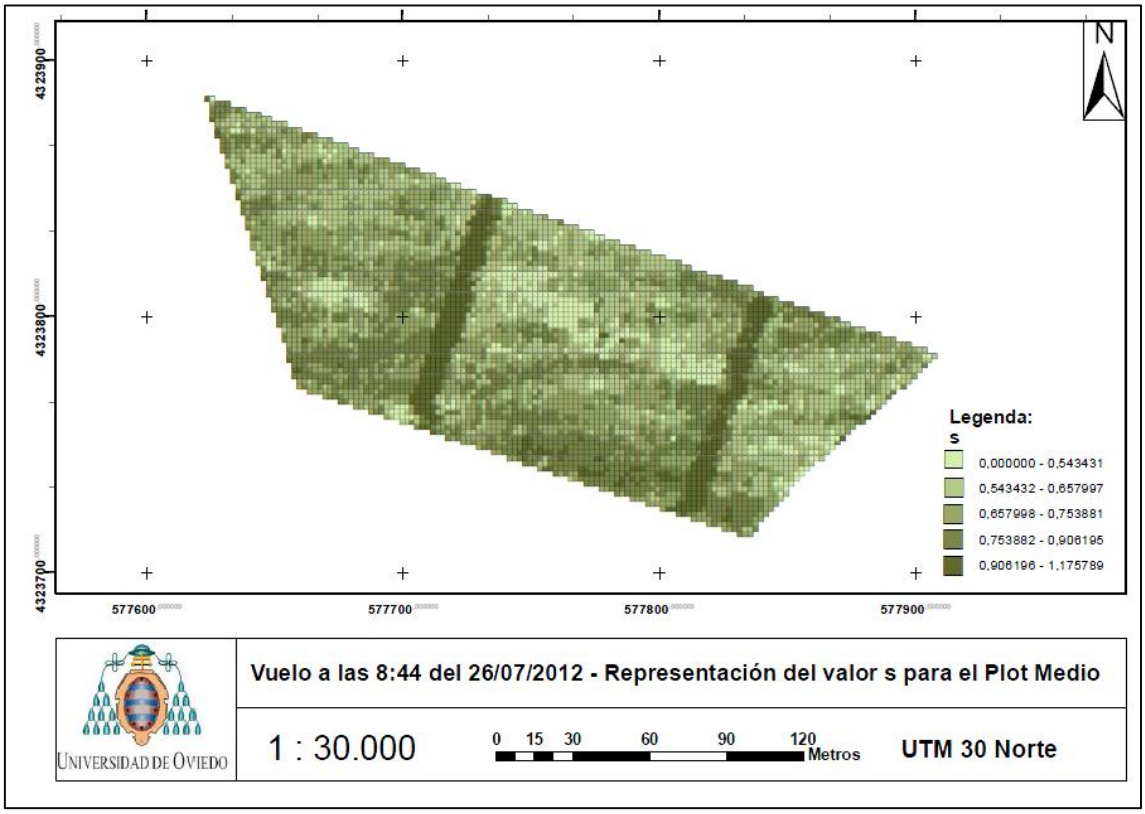

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_veg
v = 0
p_valor_veg < 0.05
p_valor_veg > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:46 del 25/07/2012 - Representación del valor p_valor_veg para el Plot Medio
1 : 25.000
0 12,5 25 50 75 100
Metros
UTM 30 Norte

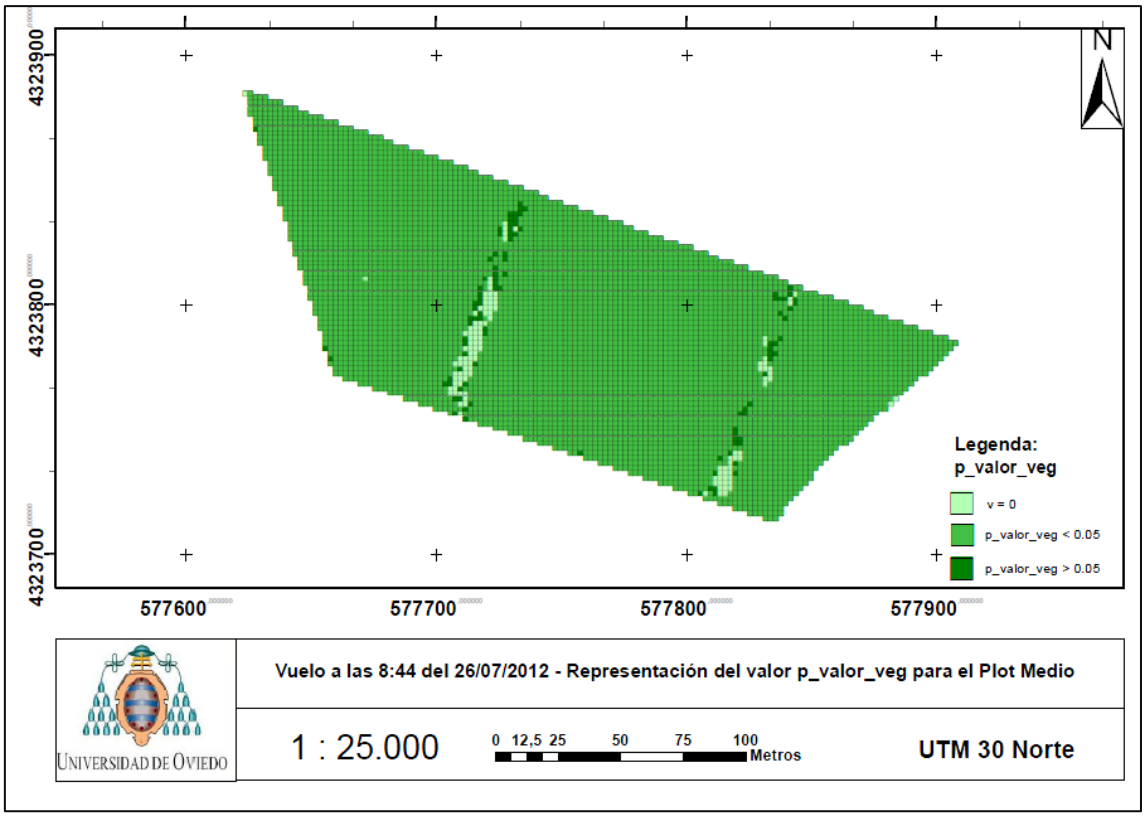

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_suelo
v = 0
p_valor_suelo < 0.05
p_valor_suelo > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:46 del 25/07/2012 - Representación del valor p_valor_suelo para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

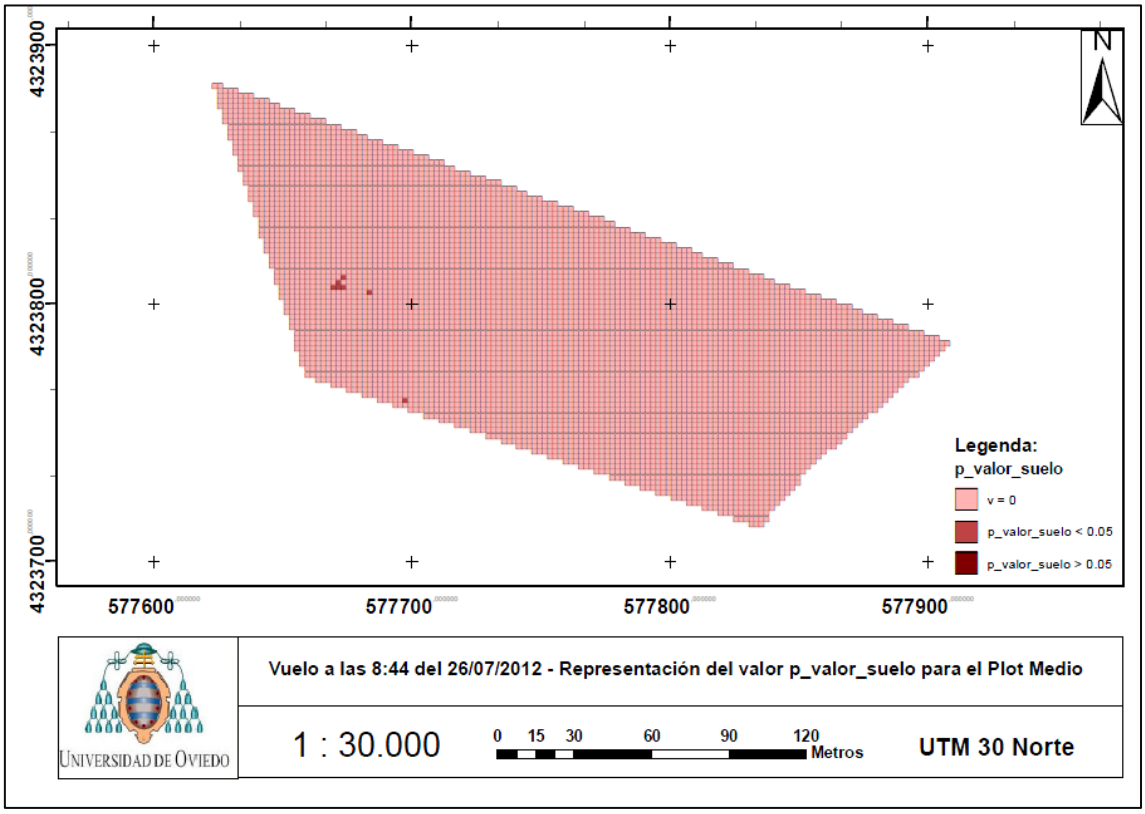

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r2
0,984070 - 0,990962
0,990963 - 0,992466
0,992467 - 0,993527
0,993528 - 0,994489
0,994490 - 0,996226
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:44 del 26/07/2012 - Representación del valor r2 para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

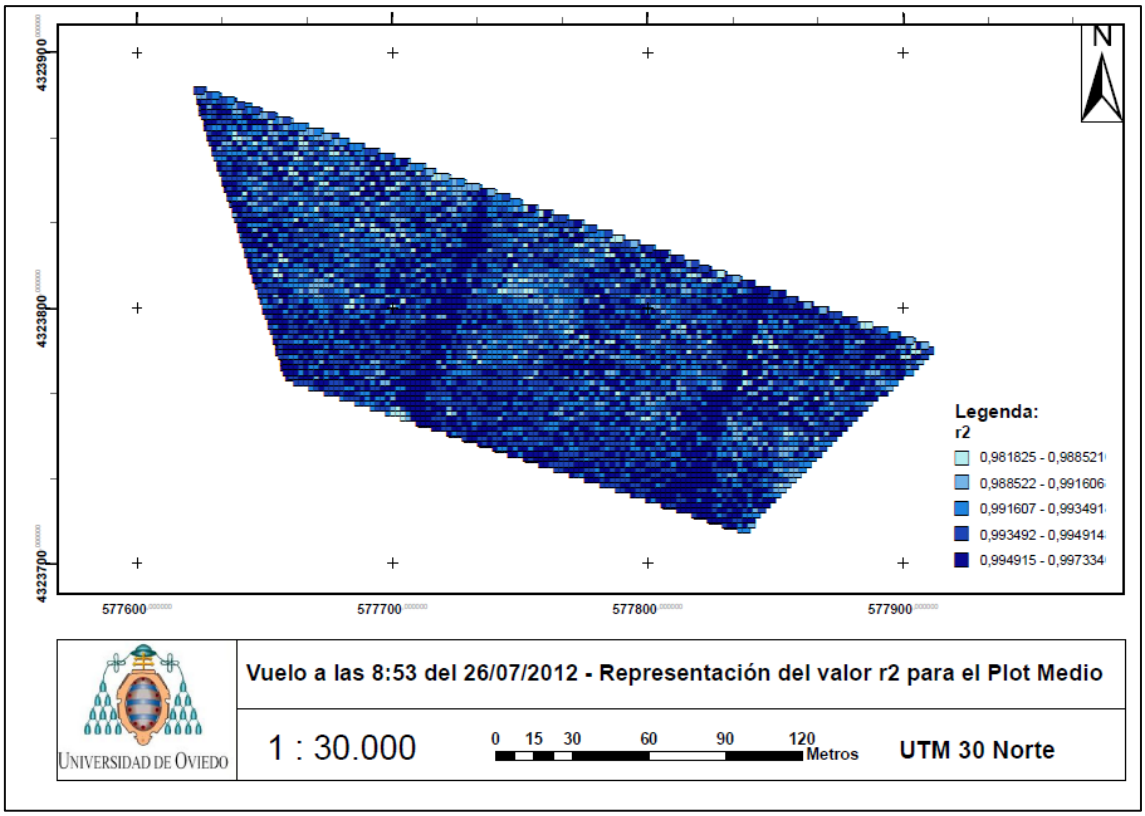

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r
0,992003 - 0,995471
0,995472 - 0,996224
0,996225 - 0,996758
0,996759 - 0,997241
0,997242 - 0,998111
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:44 del 26/07/2012 - Representación del valor r para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

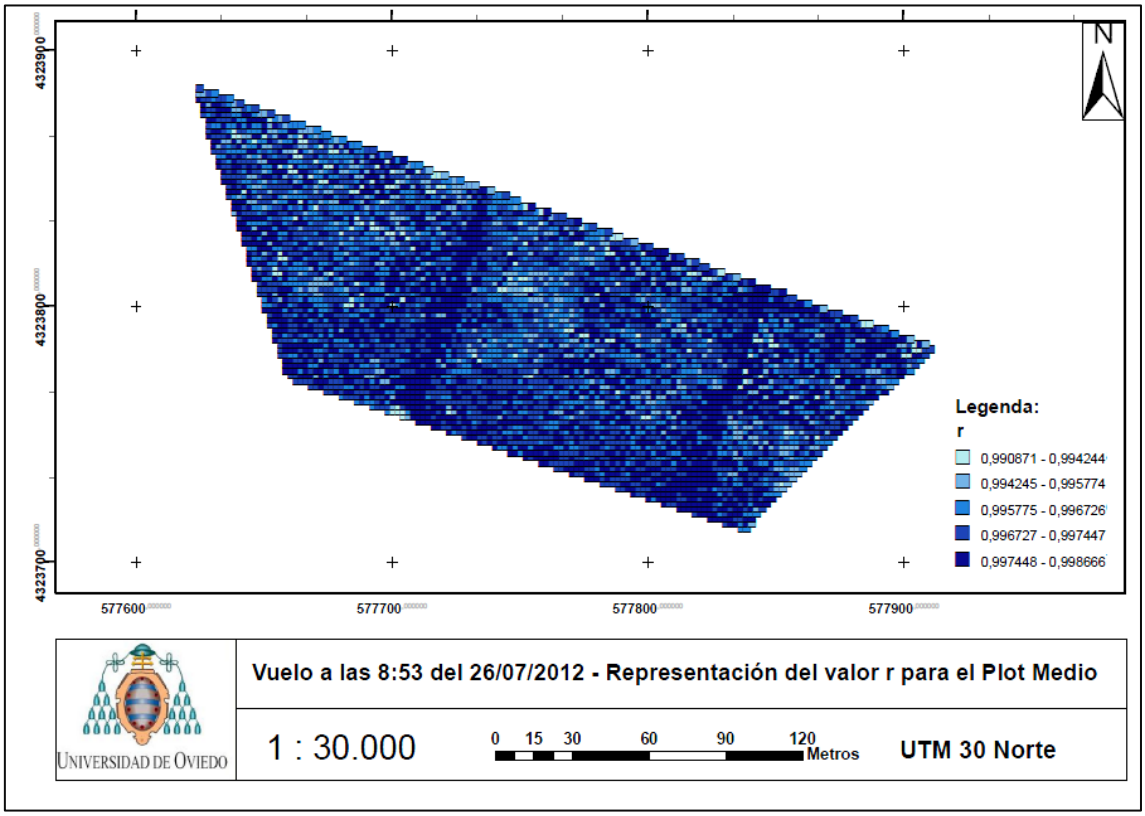

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
v
0,000000 - 0,137497
0,137498 - 0,273654
0,273655 - 0,377598
0,377599 - 0,509986
0,509987 - 1,052346
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:44 del 26/07/2012 - Representación del valor v para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

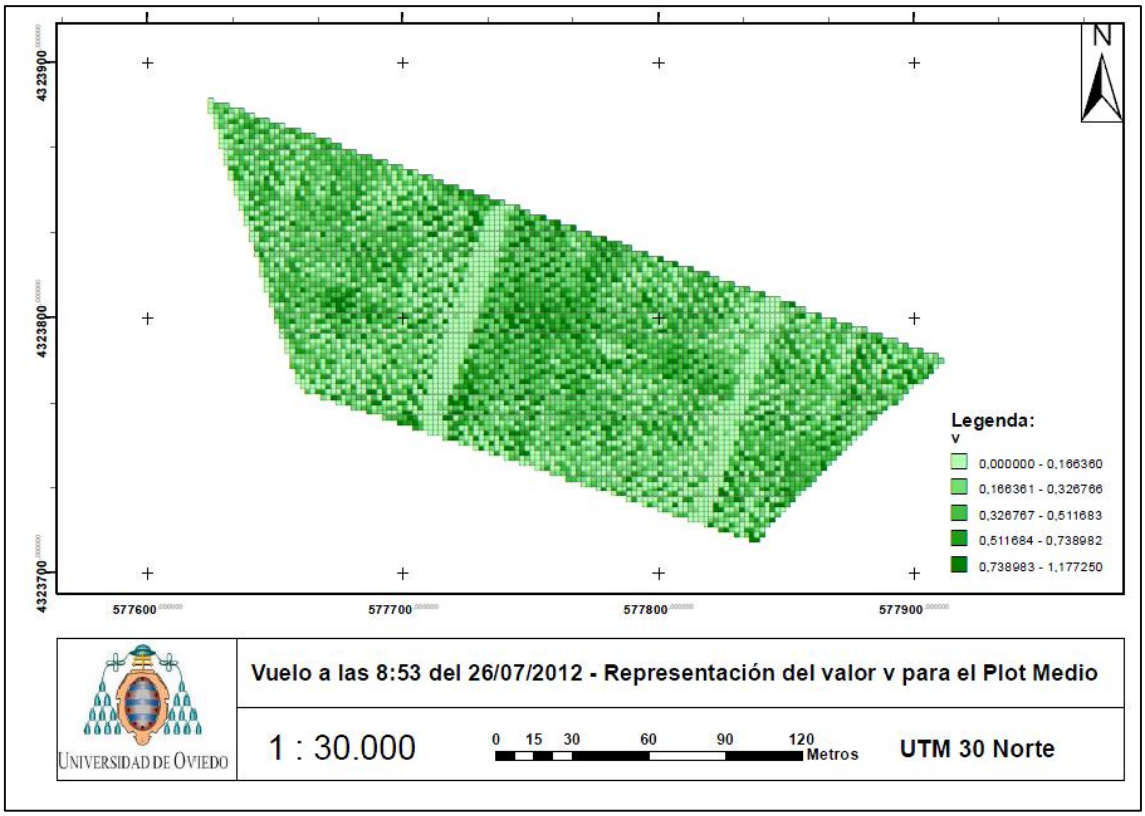

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
s
0,000000 - 0,543431
0,543432 - 0,657997
0,657998 - 0,753881
0,753882 - 0,906195
0,906196 - 1,175789
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:44 del 26/07/2012 - Representación del valor s para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

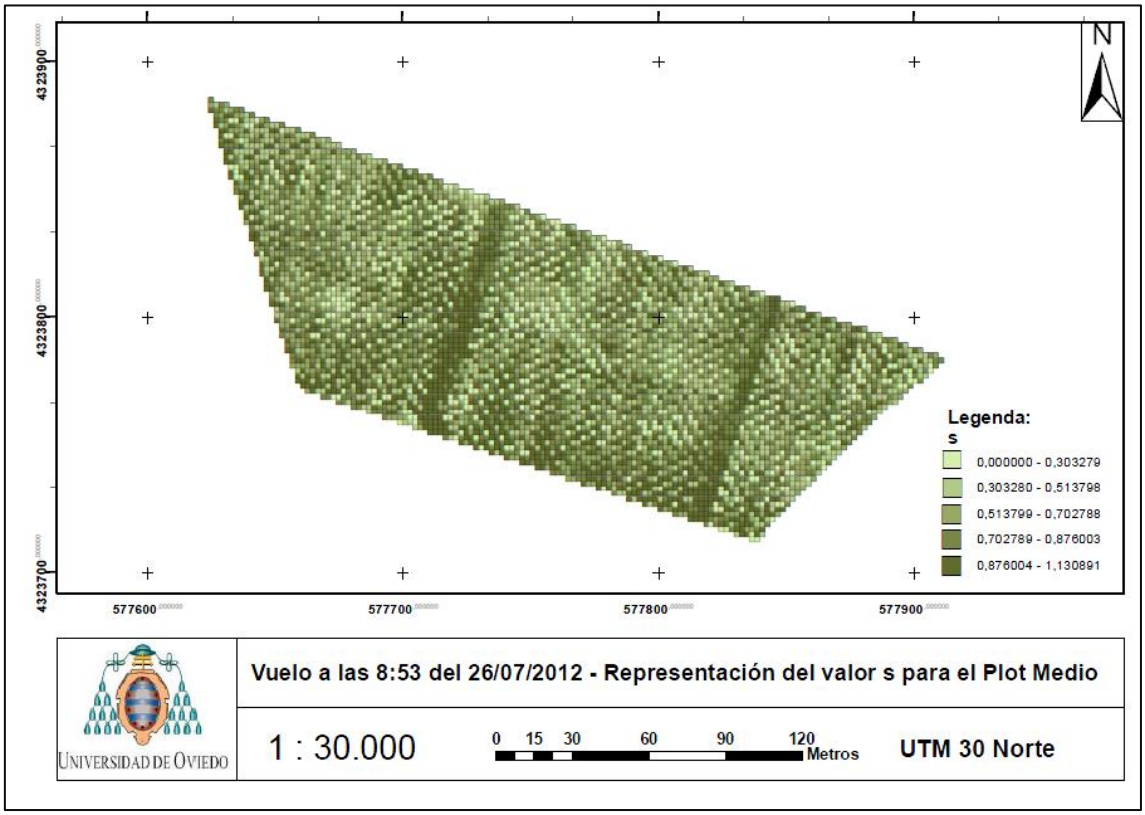

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_veg
v = 0
p_valor_veg < 0.05
p_valor_veg > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:44 del 26/07/2012 - Representación del valor p_valor_veg para el Plot Medio
1 : 25.000
0 12,5 25 50 75 100
Metros
UTM 30 Norte

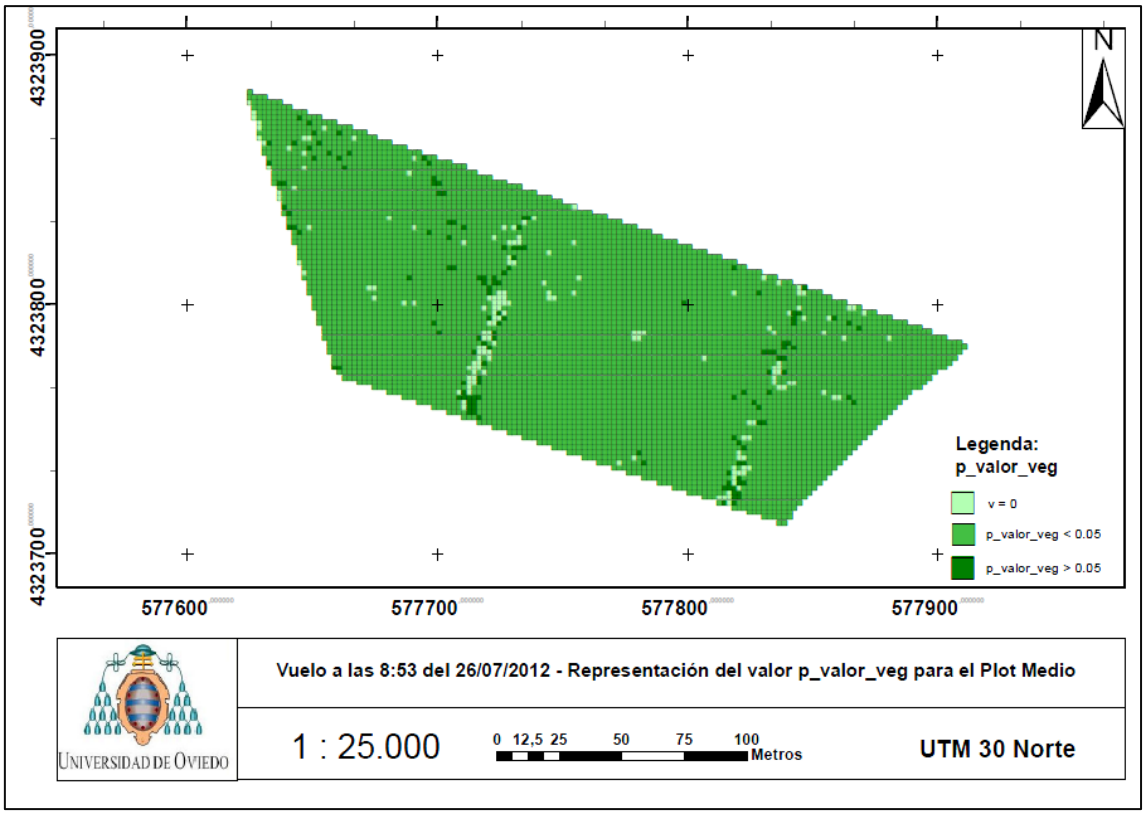

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_suelo
v = 0
p_valor_suelo < 0.05
p_valor_suelo > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:44 del 26/07/2012 - Representación del valor p_valor_suelo para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

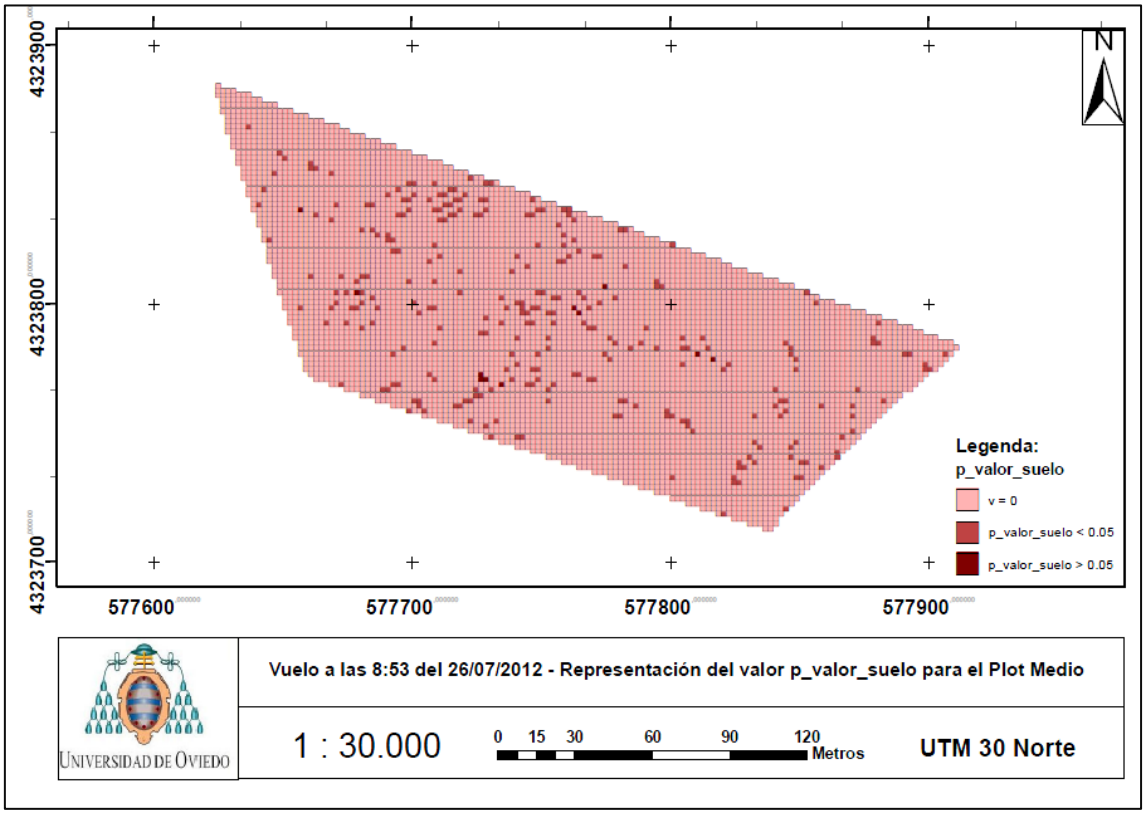

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r2
0,981825 - 0,988521
0,988522 - 0,991606
0,991607 - 0,993491
0,993492 - 0,994914
0,994915 - 0,997334
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:53 del 26/07/2012 - Representación del valor r2 para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120 Metros
UTM 30 Norte

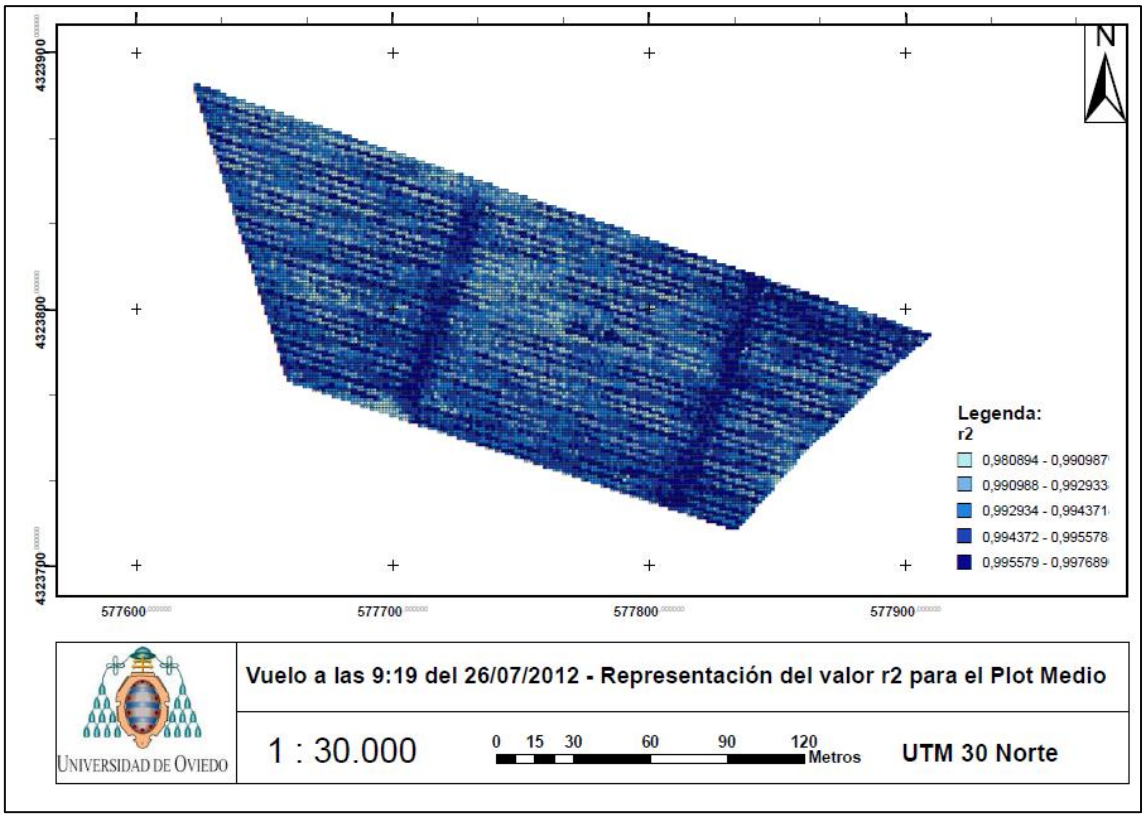

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r
0,990871 - 0,994244
0,994245 - 0,995774
0,995775 - 0,996726
0,996727 - 0,997447
0,997448 - 0,998666
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:53 del 26/07/2012 - Representación del valor r para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120 Metros
UTM 30 Norte

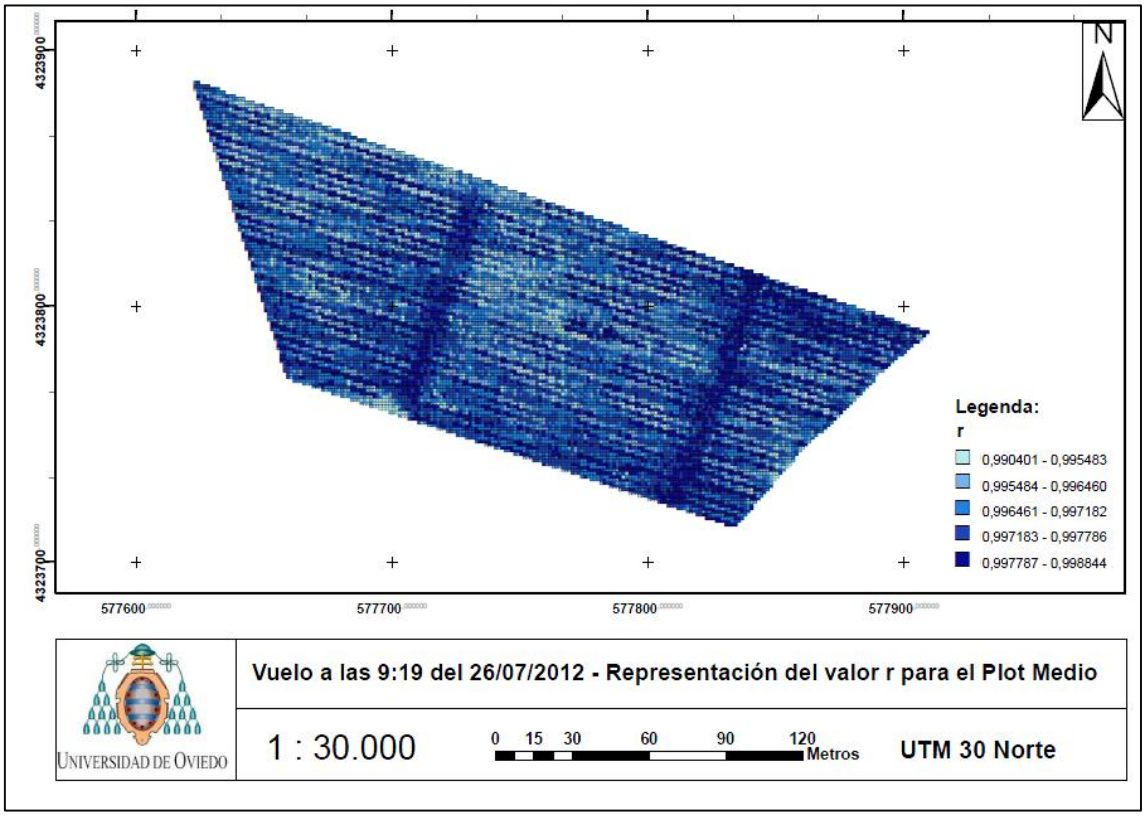

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
v
0,000000 - 0,166360
0,166361 - 0,326766
0,326767 - 0,511683
0,511684 - 0,738982
0,738983 - 1,177250
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:53 del 26/07/2012 - Representación del valor v para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

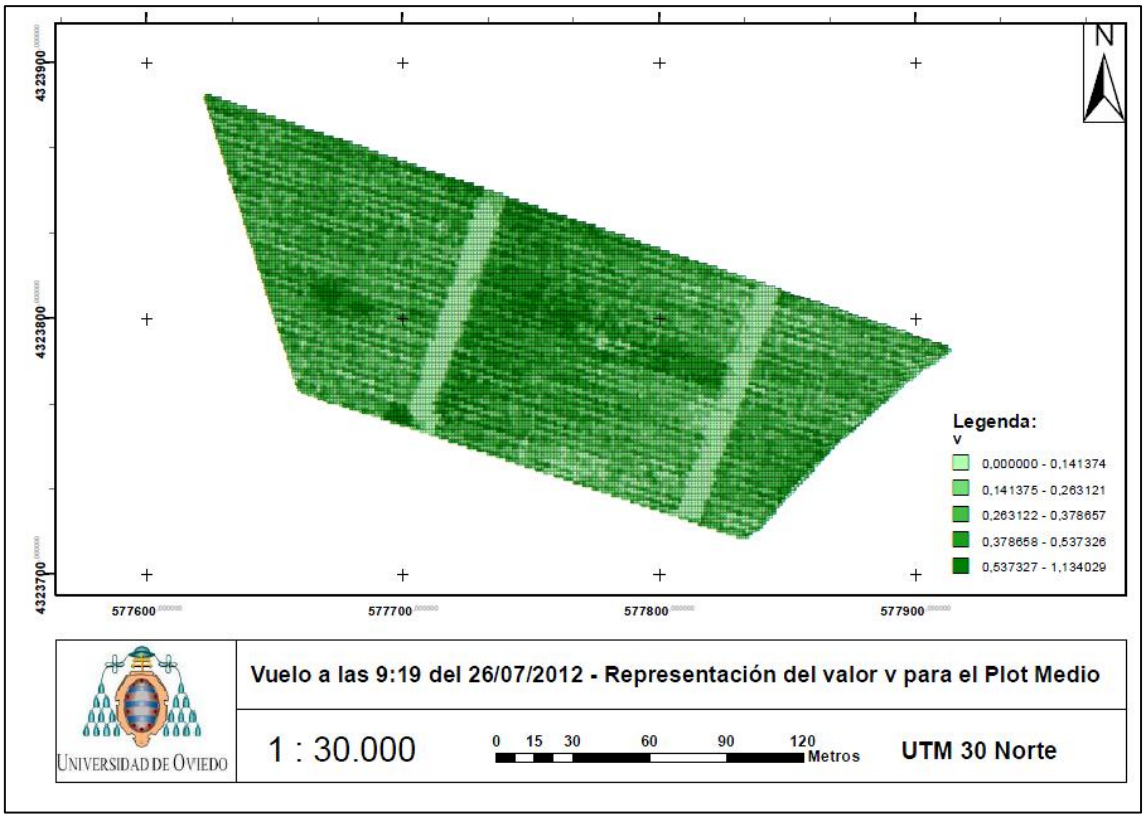

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
s
0,000000 - 0,303279
0,303280 - 0,513798
0,513799 - 0,702788
0,702789 - 0,876003
0,876004 - 1,130891
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:53 del 26/07/2012 - Representación del valor s para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

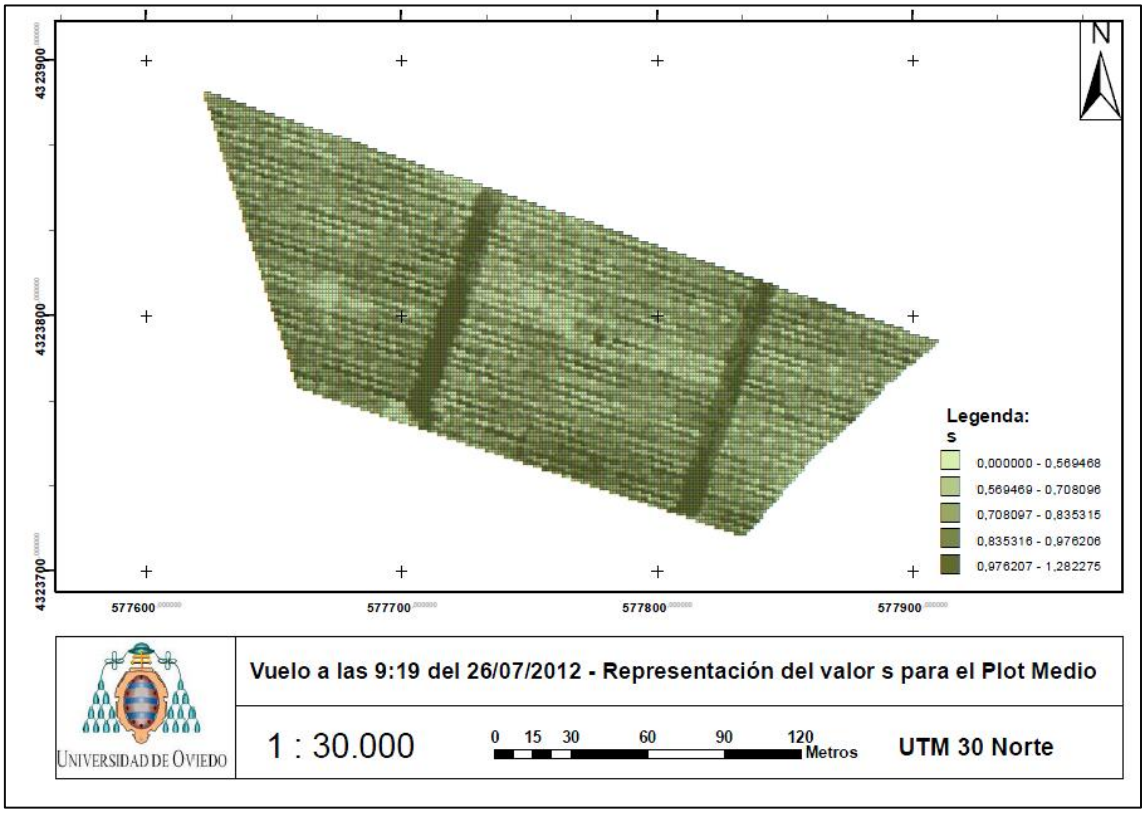

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_veg
v = 0
p_valor_veg < 0.05
p_valor_veg > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:53 del 26/07/2012 - Representación del valor p_valor_veg para el Plot Medio
1 : 25.000
0 12,5 25 50 75 100
Metros
UTM 30 Norte

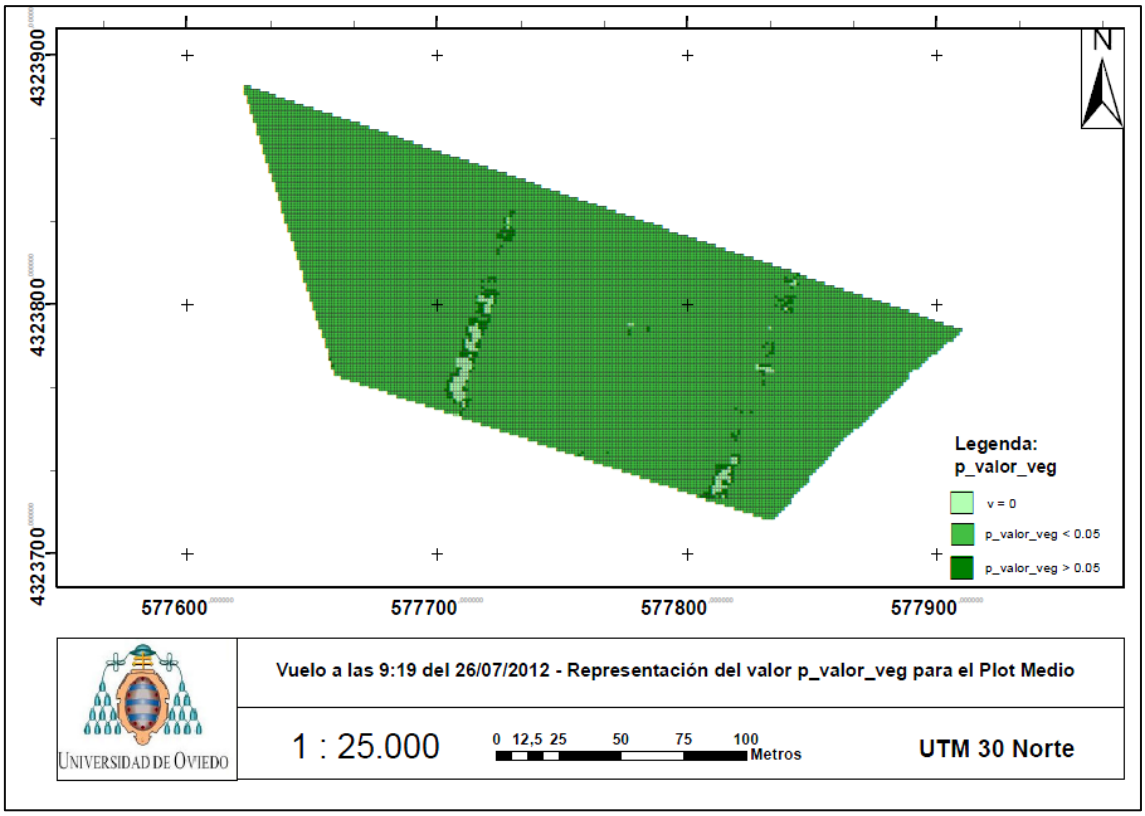

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_suelo
v = 0
p_valor_suelo < 0.05
p_valor_suelo > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:53 del 26/07/2012 - Representación del valor p_valor_suelo para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

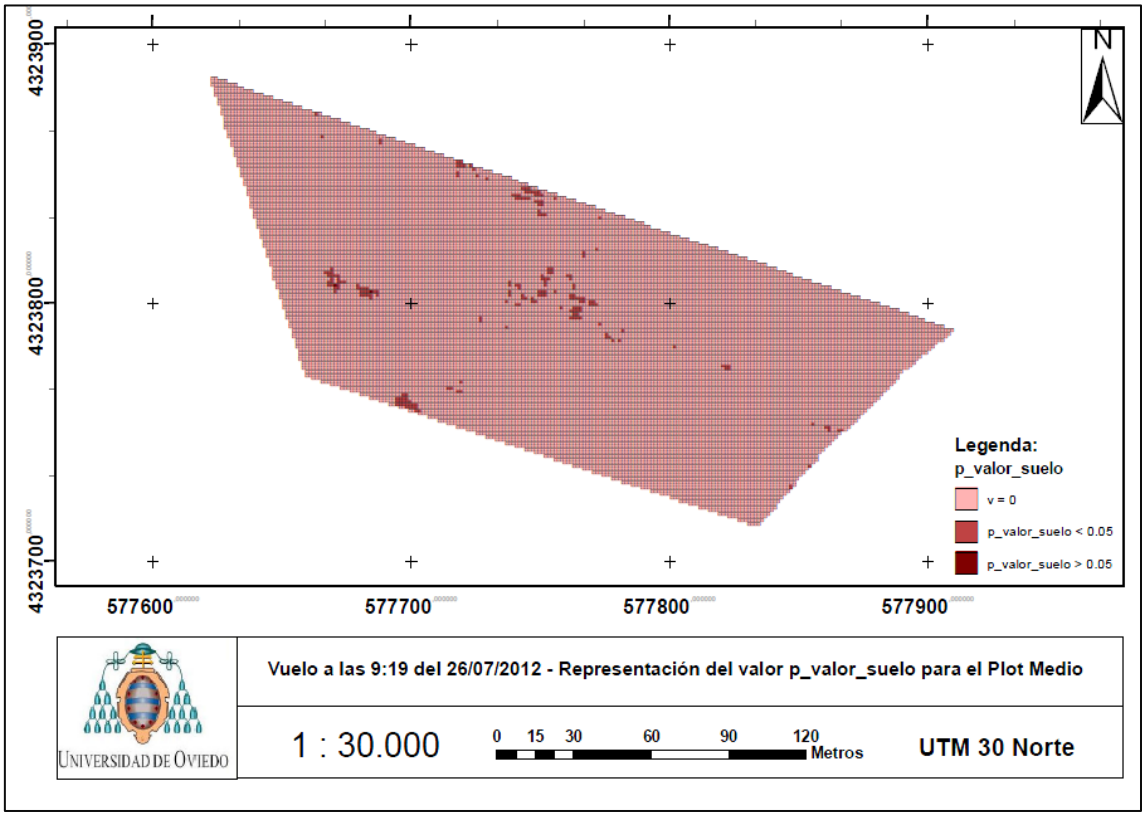

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r2
0,980894 - 0,990987
0,990988 - 0,992933
0,992934 - 0,994371
0,994372 - 0,995578
0,995579 - 0,997689
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:19 del 26/07/2012 - Representación del valor r2 para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120 Metros
UTM 30 Norte

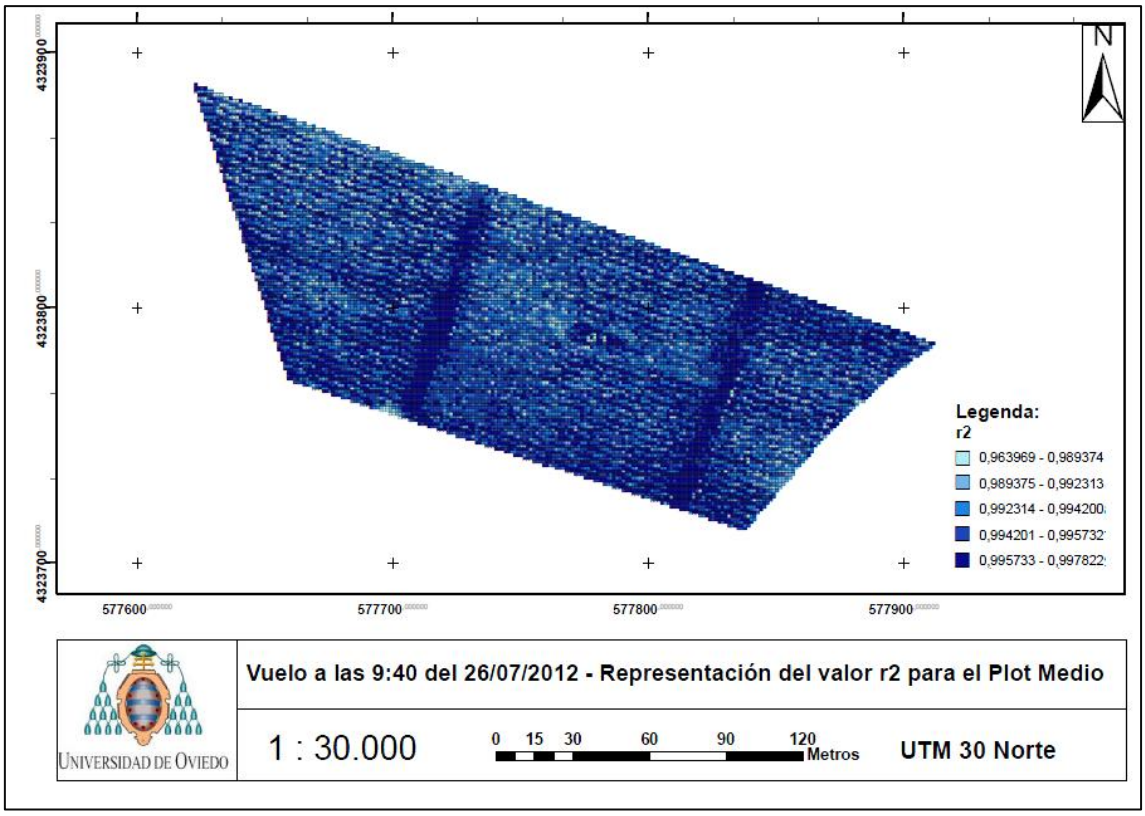

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r
0,990401 - 0,995483
0,995484 - 0,996460
0,996461 - 0,997182
0,997183 - 0,997786
0,997787 - 0,998844
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:19 del 26/07/2012 - Representación del valor r para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120 Metros
UTM 30 Norte

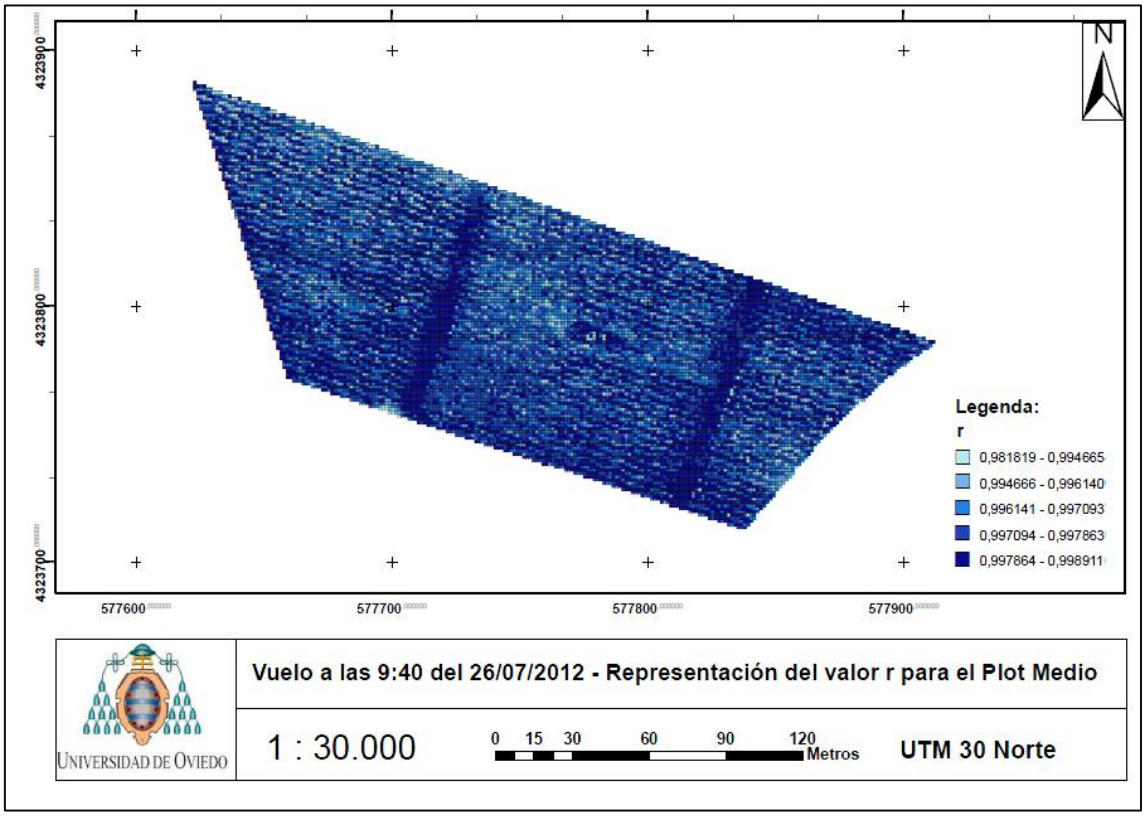

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
v
0,000000 - 0,141374
0,141375 - 0,263121
0,263122 - 0,378657
0,378658 - 0,537326
0,537327 - 1,134029
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:19 del 26/07/2012 - Representación del valor v para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

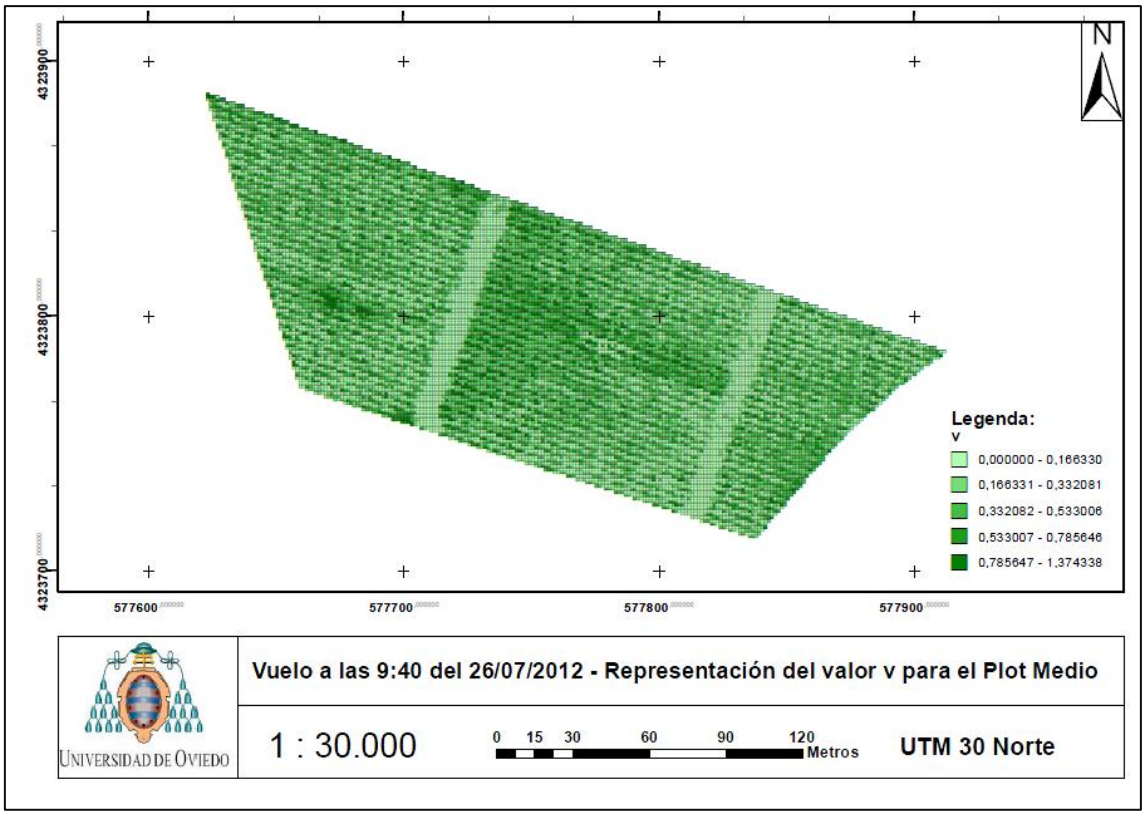

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
s
0,000000 - 0,569468
0,569469 - 0,708096
0,708097 - 0,835315
0,835316 - 0,976206
0,976207 - 1,282275
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:19 del 26/07/2012 - Representación del valor s para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

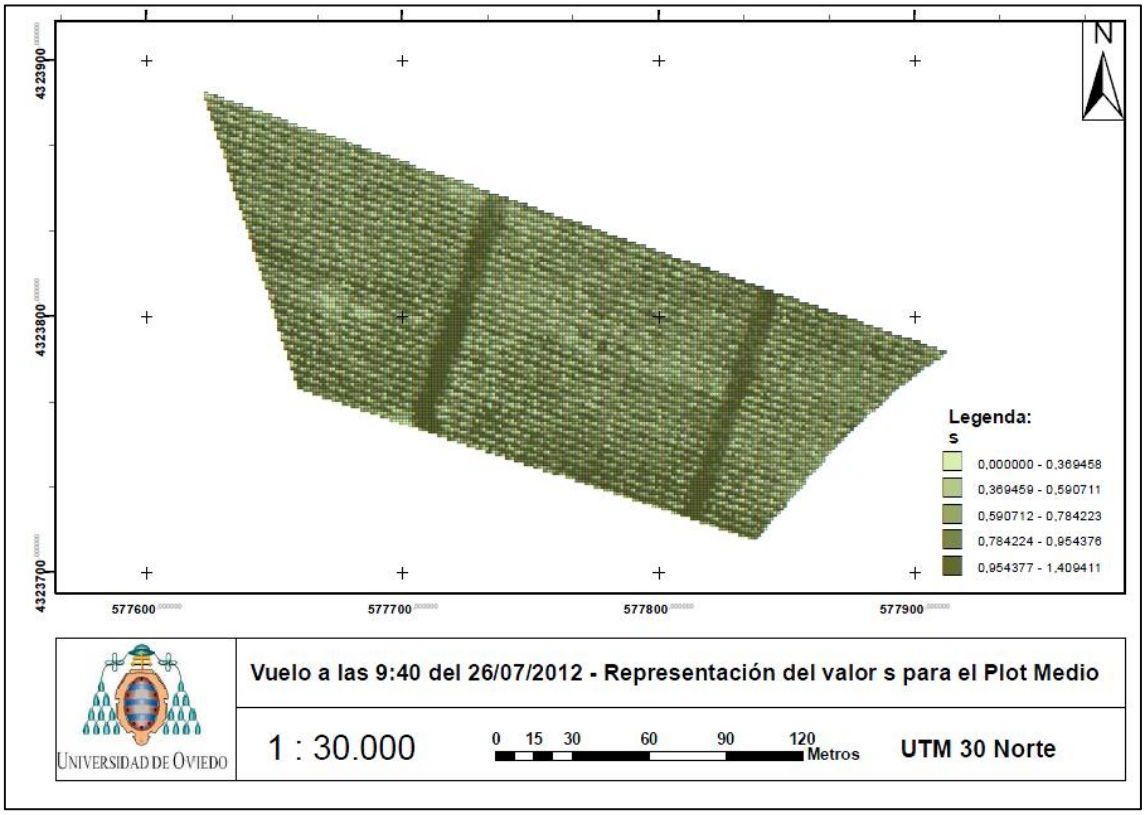

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_veg
v = 0
p_valor_veg < 0.05
p_valor_veg > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:19 del 26/07/2012 - Representación del valor p_valor_veg para el Plot Medio
1 : 25.000
0 12,5 25 50 75 100
Metros
UTM 30 Norte

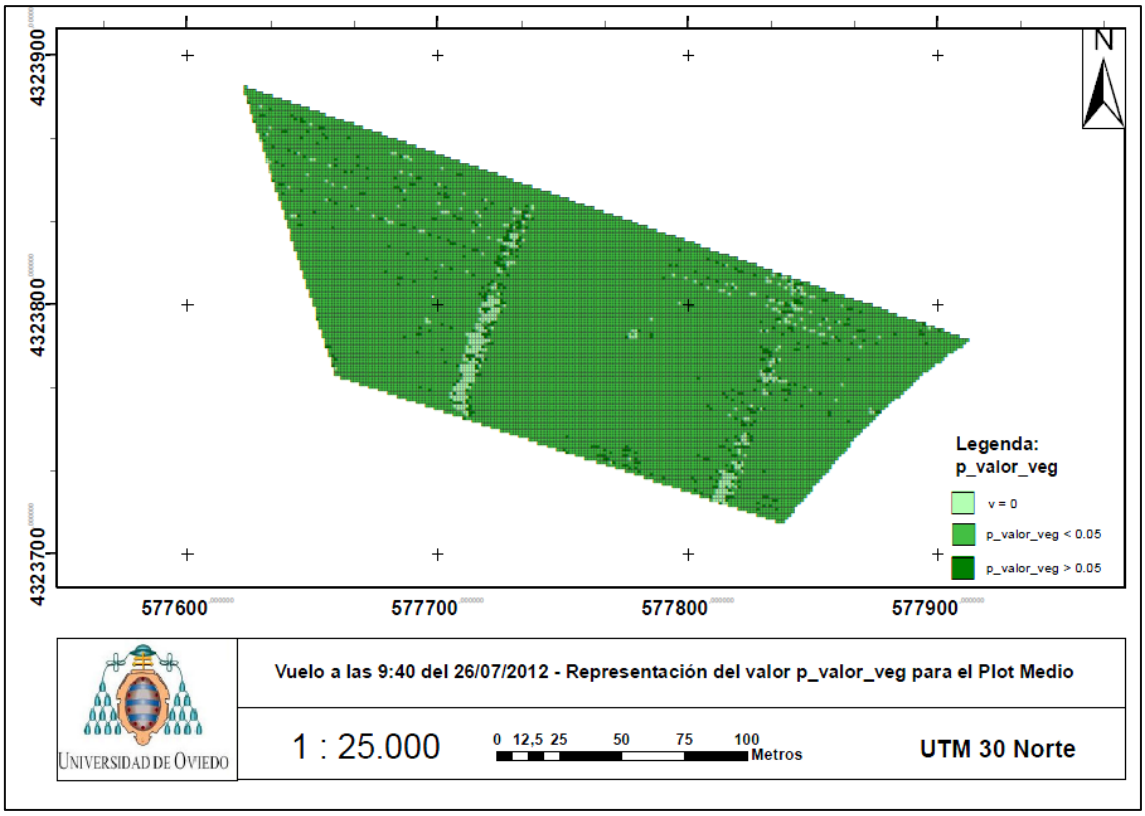

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_suelo
v = 0
p_valor_suelo < 0.05
p_valor_suelo > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:19 del 26/07/2012 - Representación del valor p_valor_suelo para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

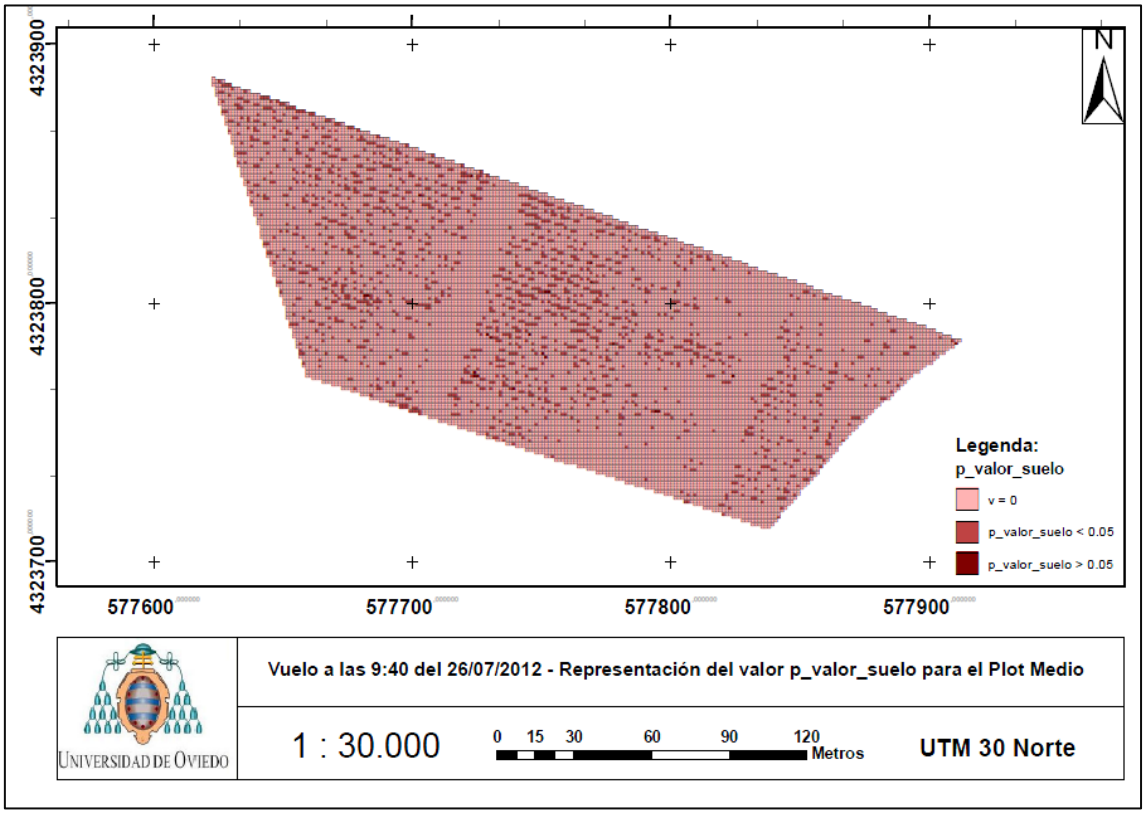

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r2
0,963969 - 0,989374
0,989375 - 0,992313
0,992314 - 0,994200
0,994201 - 0,995732
0,995733 - 0,997822
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:40 del 26/07/2012 - Representación del valor r2 para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

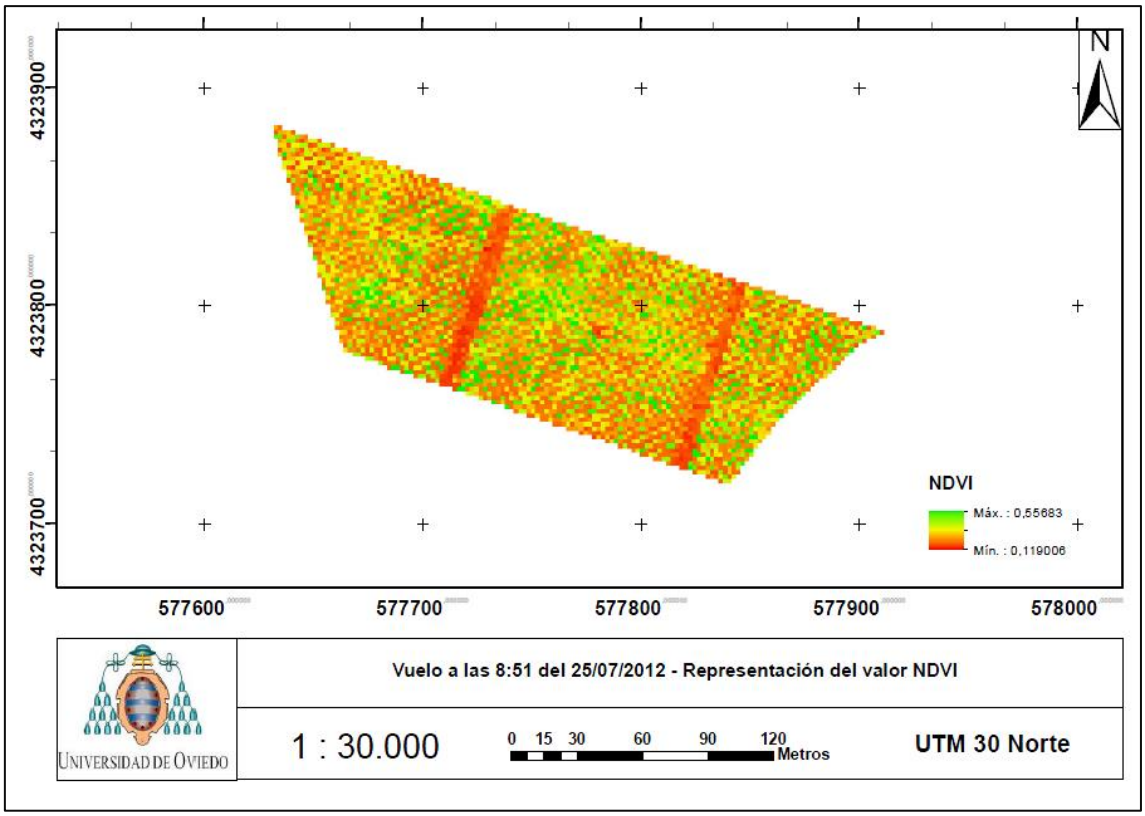

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
r
0,981819 - 0,994665
0,994666 - 0,996140
0,996141 - 0,997093
0,997094 - 0,997863
0,997864 - 0,998911
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:40 del 26/07/2012 - Representación del valor r para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

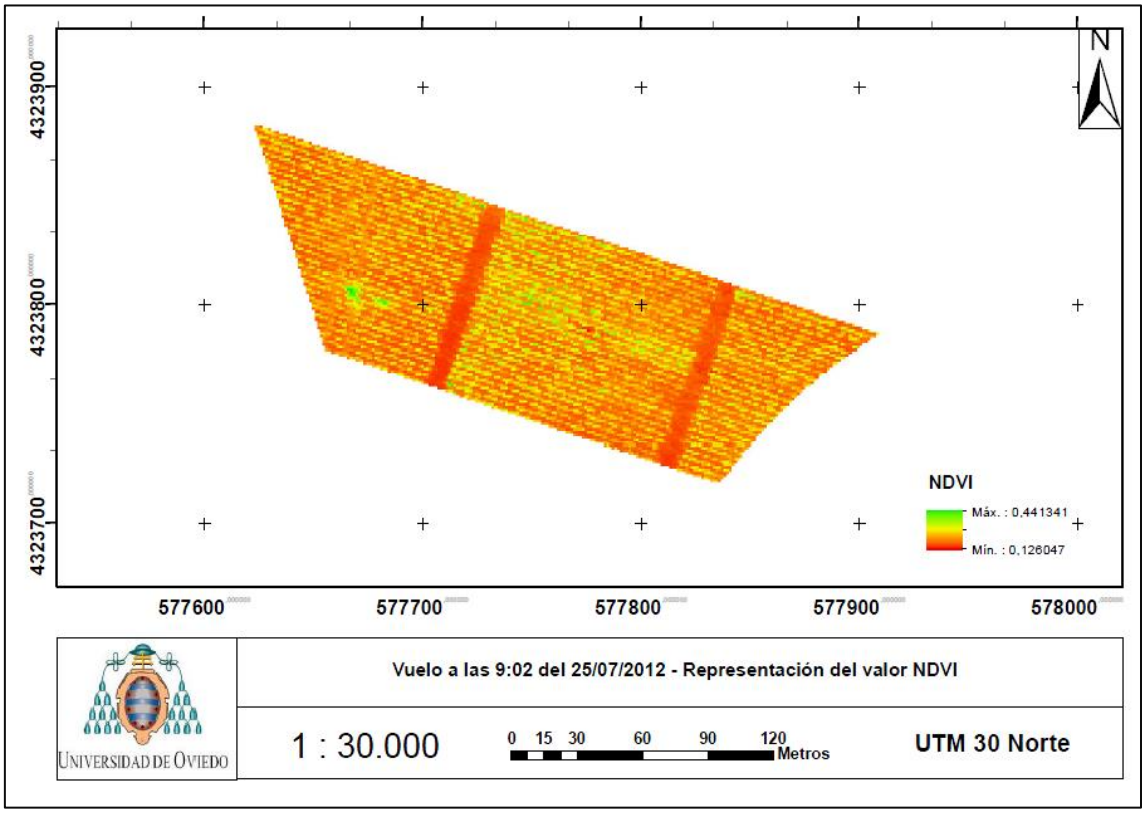

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
v
0,000000 - 0,166330
0,166331 - 0,332081
0,332082 - 0,533006
0,533007 - 0,785646
0,785647 - 1,374338
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:40 del 26/07/2012 - Representación del valor v para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

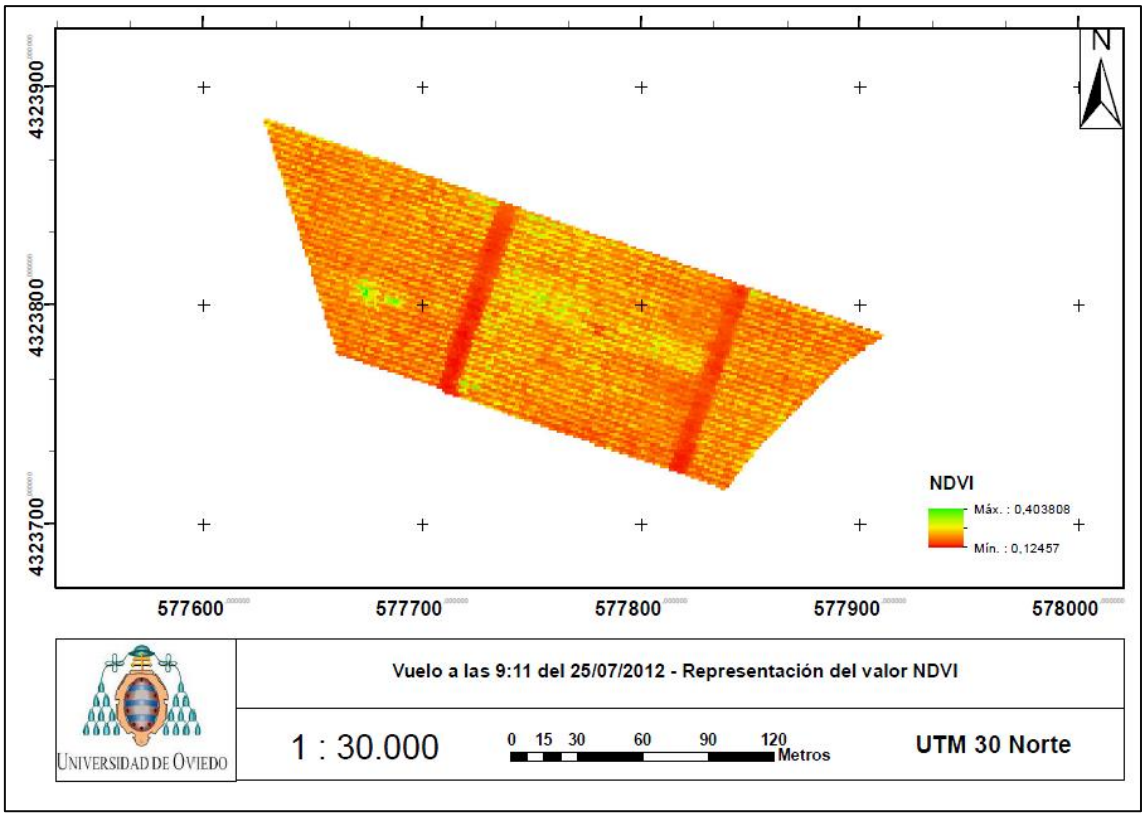

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
Legenda:
s
0,000000 - 0,369458
0,369459 - 0,590711
0,590712 - 0,784223
0,784224 - 0,954376
0,954377 - 1,409411
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:40 del 26/07/2012 - Representación del valor s para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

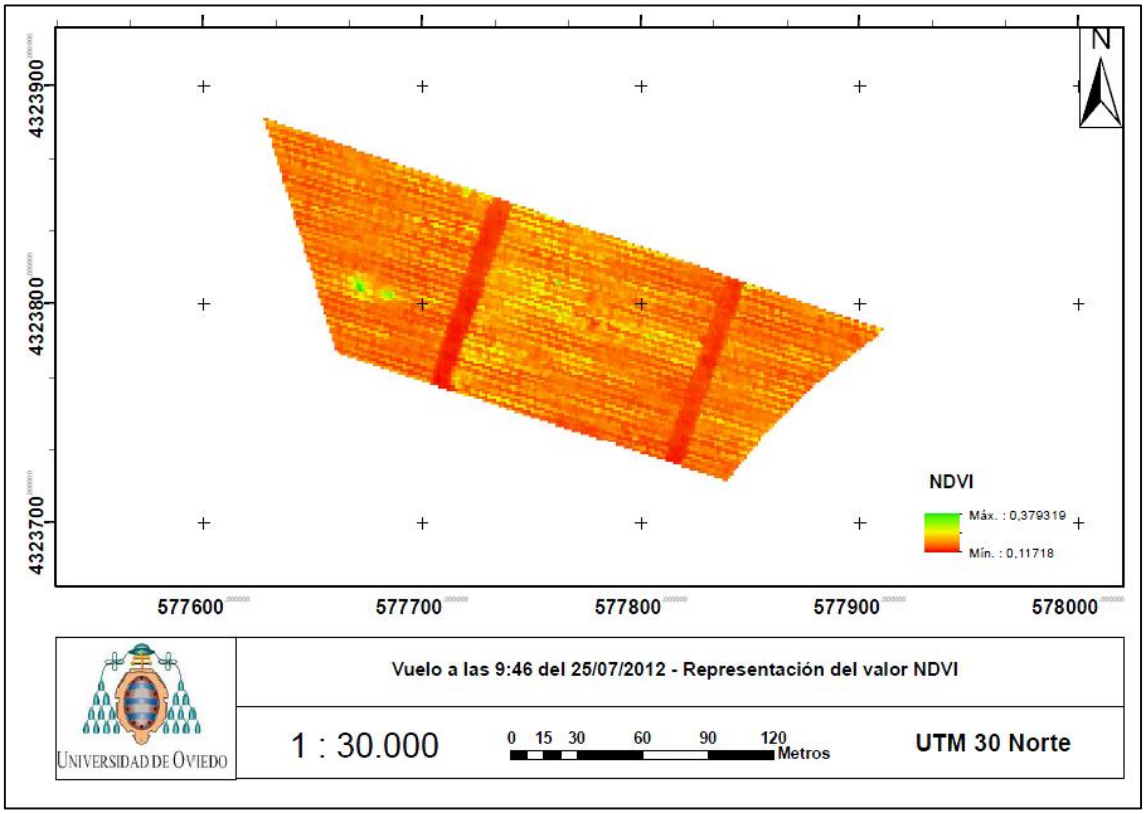

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_veg
v = 0
p_valor_veg < 0.05
p_valor_veg > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:40 del 26/07/2012 - Representación del valor p_valor_veg para el Plot Medio
1 : 25.000
0 12,5 25 50 75 100
Metros
UTM 30 Norte

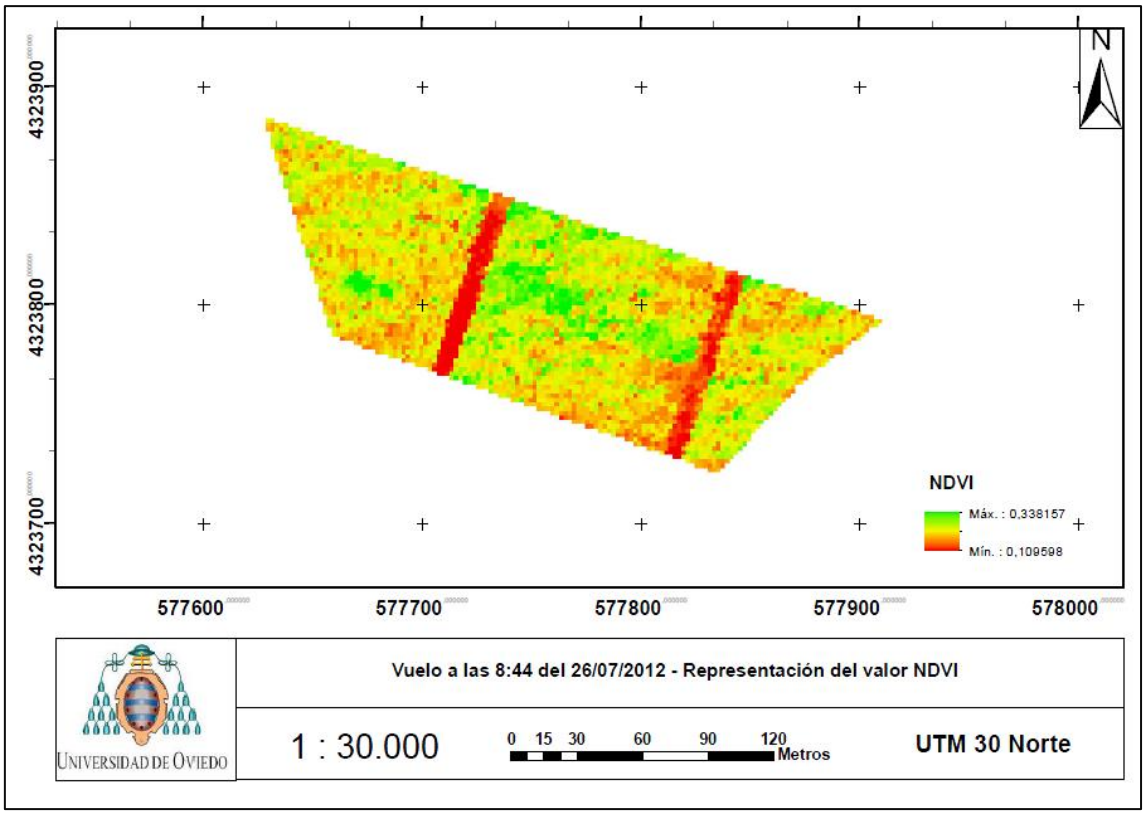

4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
N
Legenda:
p_valor_suelo
v = 0
p_valor_suelo < 0.05
p_valor_suelo > 0.05
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:40 del 26/07/2012 - Representación del valor p_valor_suelo para el Plot Medio
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

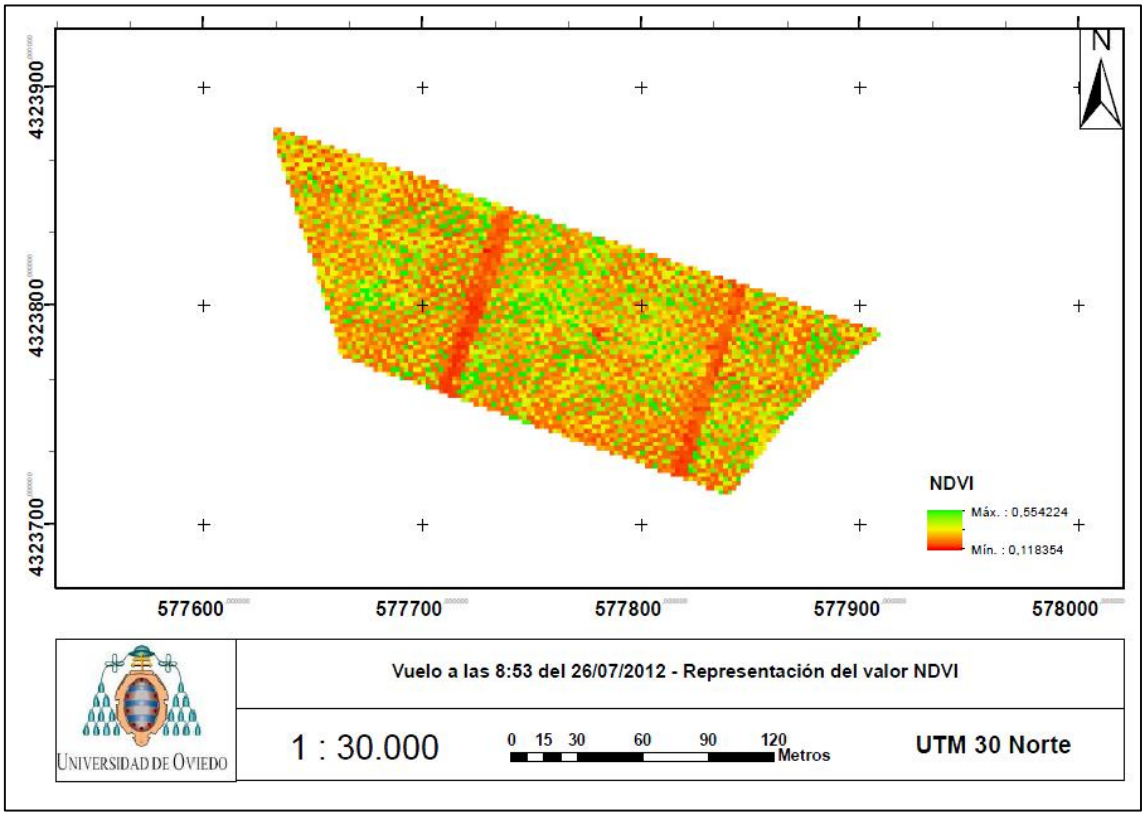

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
578000
NDVI
Máx. : 0,55683
Mín. : 0,119006
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:51 del 25/07/2012 - Representación del valor NDVI
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

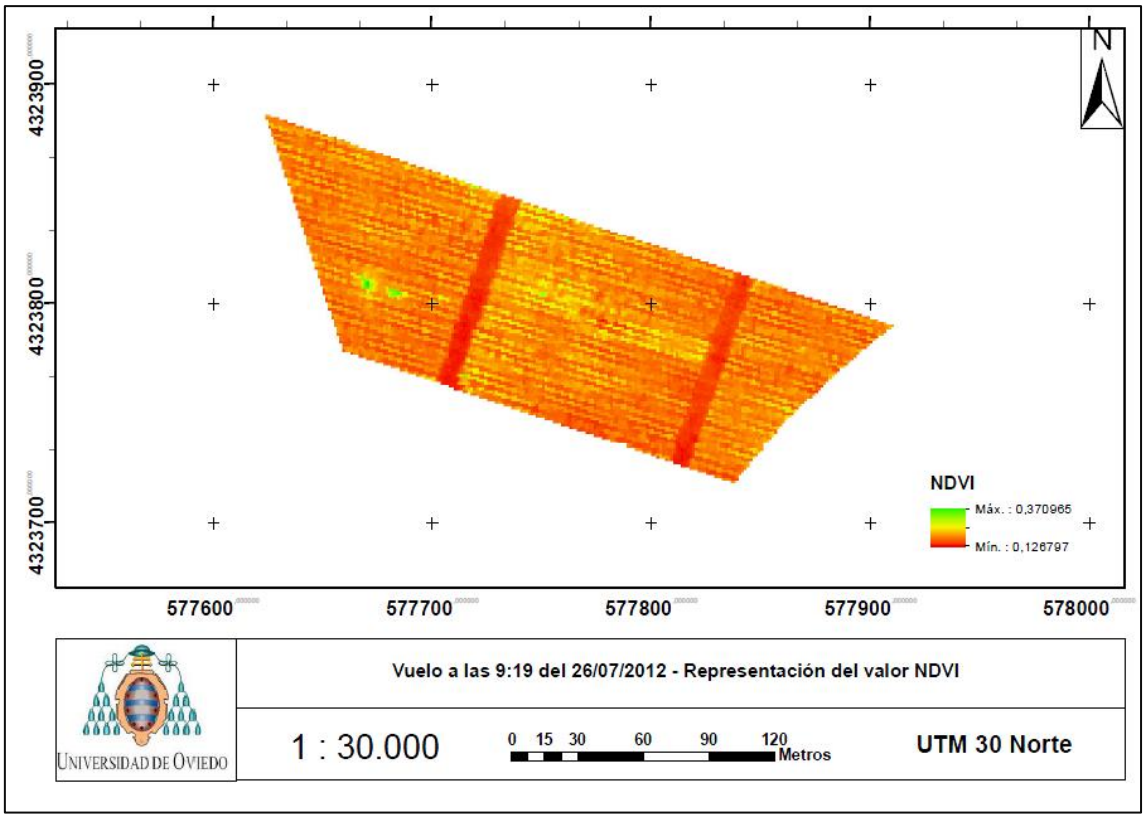

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
578000
NDVI
Máx. : 0,441341
Mín. : 0,126047
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:02 del 25/07/2012 - Representación del valor NDVI
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte

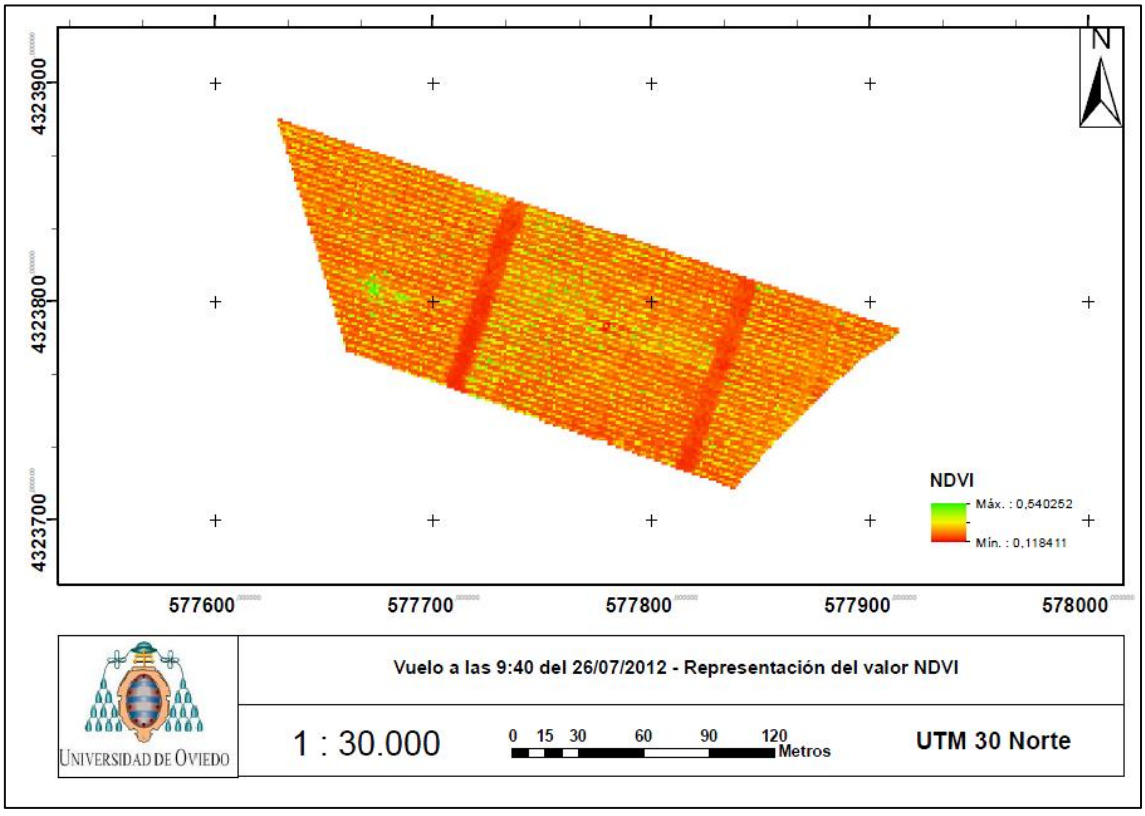

N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
578000
NDVI
Máx. : 0,403808
Mín. : 0,12457
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:11 del 25/07/2012 - Representación del valor NDVI
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte


N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
578000
NDVI
Máx. : 0,379319
Mín. : 0,11718
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:46 del 25/07/2012 - Representación del valor NDVI
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte


N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
578000
NDVI
Máx. : 0,338157
Mín. : 0,109598
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:44 del 26/07/2012 - Representación del valor NDVI
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte


N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
578000
NDVI
Máx. : 0,554224
Mín. : 0,118354
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 8:53 del 26/07/2012 - Representación del valor NDVI
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte


N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
578000
NDVI
Máx. : 0,370965
Mín. : 0,126797
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:19 del 26/07/2012 - Representación del valor NDVI
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte


N
4323900
4323800
4323700
577600
577700
577800
577900
578000
NDVI
Máx. : 0,540252
Mín. : 0,118411
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Vuelo a las 9:40 del 26/07/2012 - Representación del valor NDVI
1 : 30.000
0 15 30 60 90 120
Metros
UTM 30 Norte