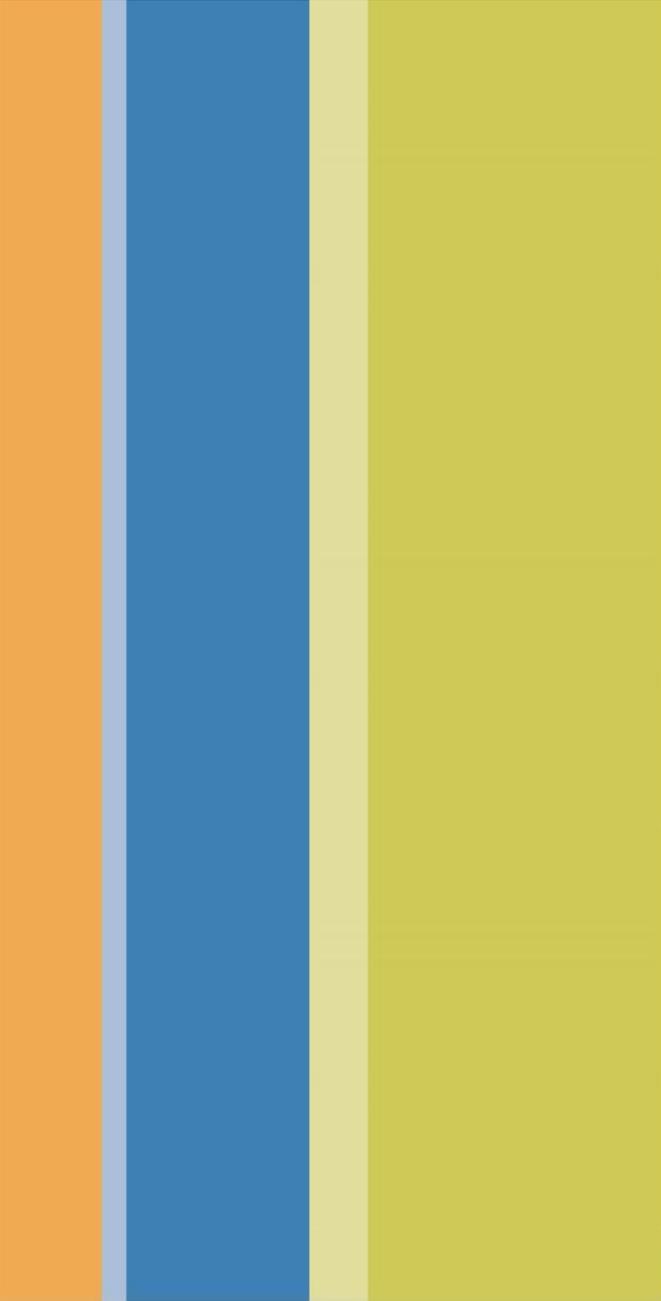




# **Soluciones RPAS para aplicaciones de Teledetección en sanidad forestal. I+D+i. SUDOE FORRISK (SOE3/P2/F523)**

María José Checa Alonso  
Departamento de Teledetección  
Tragsatec (Grupo TRAGSA)



# Índice

- Presentación del proyecto
- Zona de estudio y objetivos del trabajo de teledetección
- Respuesta espectral de la vegetación
- Datos de partida
- Características de los sensores
- Adquisición y preprocesado
- Control de calidad de los datos RPAS
- Índices de vegetación
- Descripción de los datos de campo
- Análisis de correlación
- Otros productos de teledetección
- Conclusiones y recomendaciones

# Presentación del proyecto FORRISK



Red para el desarrollo de sistemas de integración del riesgo en la gestión y la práctica forestal



**PROGRAMA INTERREG IVB SUDOE  
FORRISK-SOE3/P2/F523**

<http://forrisk.efiatlantic.efi.int/>

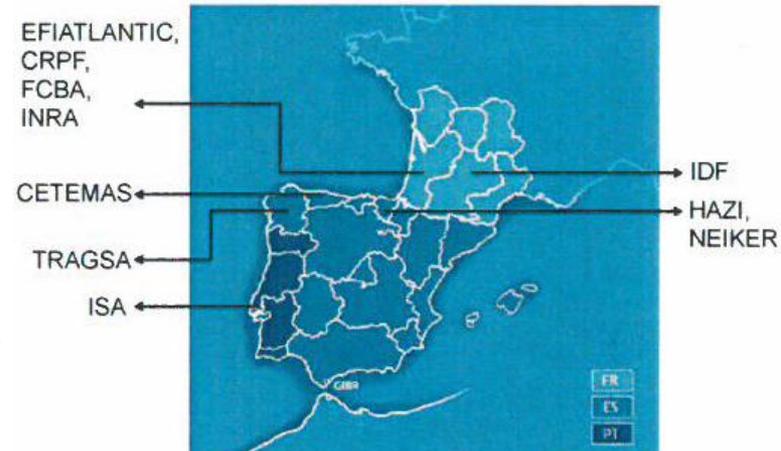
Proyecto de I+D, en el que el Grupo TRAGSA ha formado parte de un consorcio internacional constituido por 10 entidades de **Portugal, Francia y España**.

## Objetivo de FORRISK:

- Conocer el estado de las masas forestales frente a posibles riesgos en las regiones participantes y determinar medidas para una gestión eficiente de los mismos.
- Probar métodos y nuevas tecnologías que contribuyan a detectar y/o reducir los daños en las masas forestales producidos por factores bióticos o abióticos.

## Objetivo Grupo Tragsa en FORRISK:

- Probar y evaluar el uso de técnicas de teledetección y campo para la detección y seguimiento del decaimiento de las masas forestales afectadas por enfermedades o plagas forestales de cara a la toma rápida de decisiones y tratamientos selvícolas.
- Estrategias de suministro de plantas más adecuadas y mejoradas para la restauración de zonas incendiadas.



- Participación en sistemas expertos para comparar distintas opciones selvícolas.

# Zona de estudio y objetivos del trabajo de teledetección

## Zona de estudio:

- **Monte vecinal (MVMC)** de 136 Ha situado en Pena de Francia (Dozón, Pontevedra)
- **Parcela test** de 13 ha formada por una masa forestal homogénea de *Pinus pinaster* en estado de latizal, de 14 años de edad y afectada por *Armillaria mellea*.

## Objetivo a escala de monte

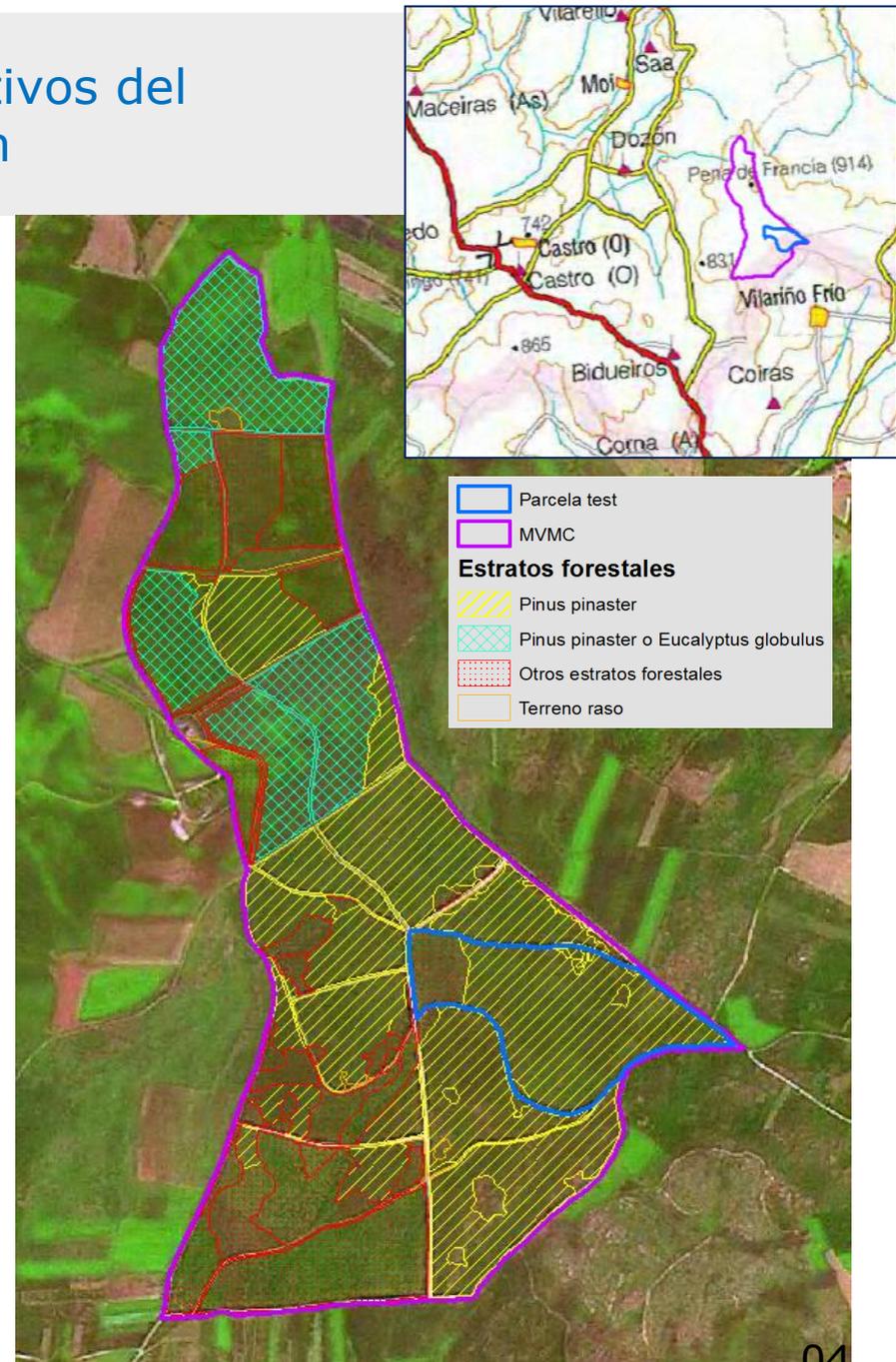
Identificación de cambios en el estado fitosanitario de la masa forestal.

Estudio realizado a partir de Imágenes de satélite de muy alta resolución de dos años de referencia, 2010 y 2014.

## Objetivo a escala de parcela

Discriminación de árboles con distinto grado de afección.

Análisis realizado a partir de datos RPAS y parámetros biofísicos medidos en campo.



# Estado fitosanitario de la masa forestal en la parcela test

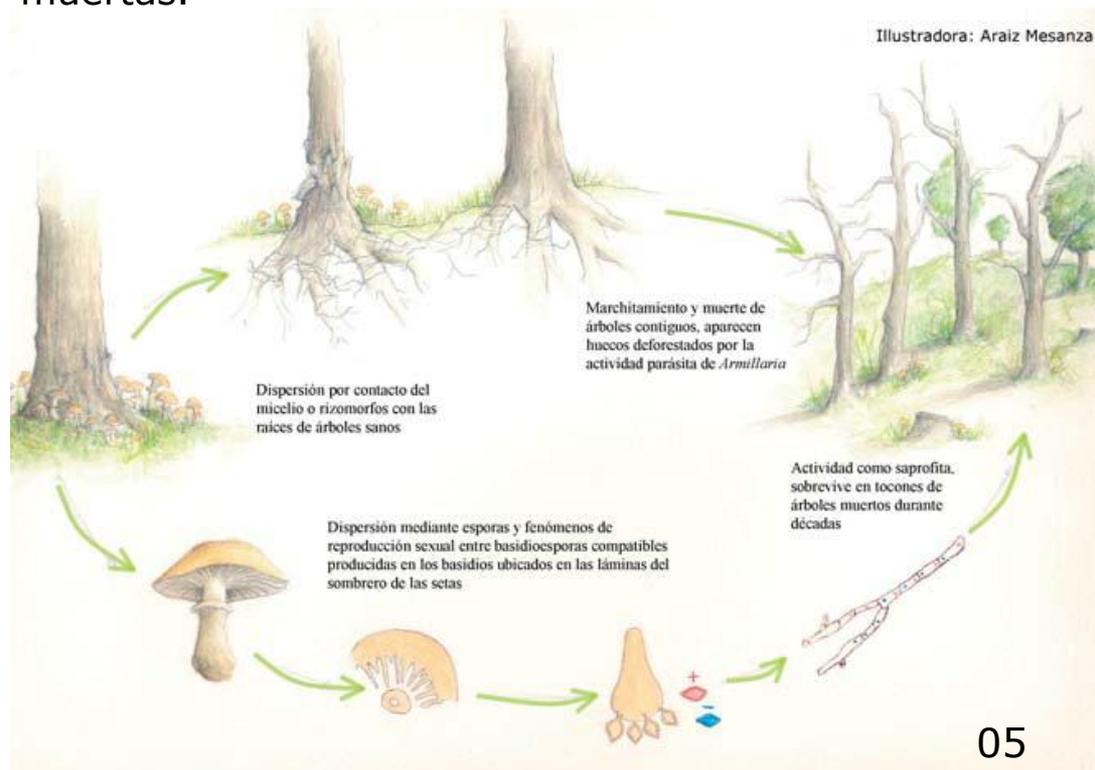


La infección por *Armillaria mellea* afecta al sistema radicular (micosis radicular), provocando la putrefacción de las raíces. Los síntomas en la parte aérea no son específicos de ésta, provocando un decaimiento general de la planta (decoloración/defoliación).



Zona afectada por *Armillaria*

Los síntomas pueden ser coincidentes con los derivados de la sequía, con puntisecado y ramas muertas.

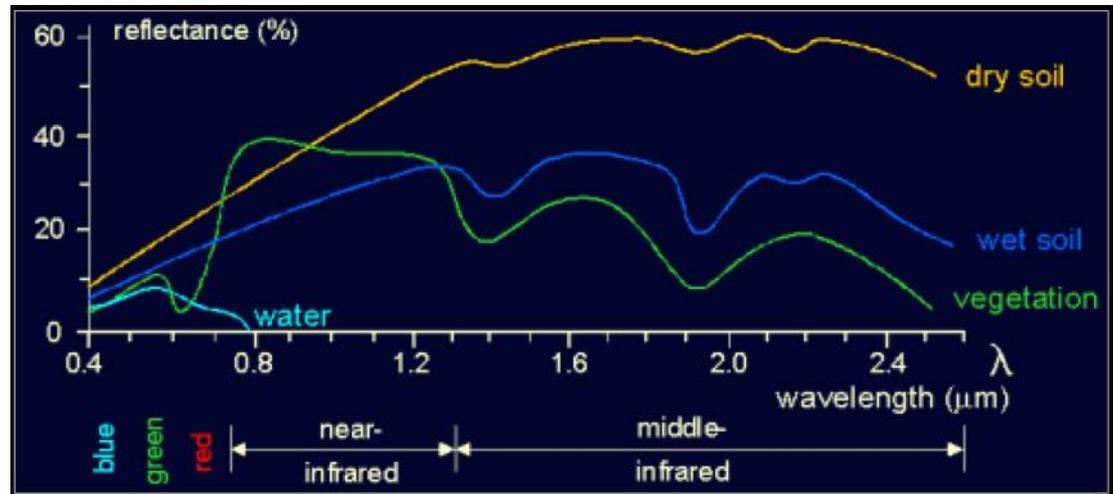


# Respuesta espectral de la vegetación



Cada tipo de cobertura presenta una firma espectral típica, directamente relacionada con sus características de composición, geometría, etcétera. De esta forma, la proporción de luz incidente que es reflejada, absorbida o transmitida depende de las características de la cobertura del suelo y de la longitud de onda analizada.

La firma espectral de la vegetación está condicionada por la presencia de pigmentos, la estructura de la hoja y su contenido en agua, que variará en función de la especie, su estado fenológico, salud, y otros factores.



**Donde:**  
**A:** E. absorbida  
**R:** E. reflejada  
**T:** E. transmitida  
**I:** E. incidente

$$I = A + R + T$$

# Datos de partida: Satélite, RPAS y campo



## Imágenes World View2



Imagen WV2  
24/07/2010



Imagen WV2  
15/08/2014



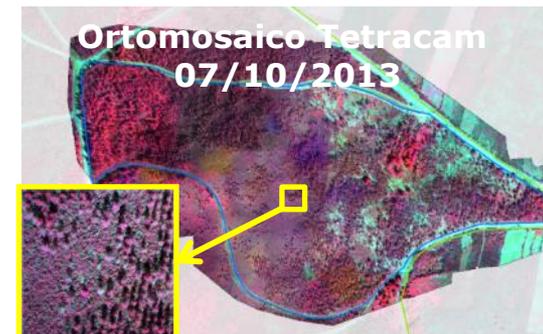
## Imágenes RPAS



Ortomosaico Canon Ixus  
24/09/2013



Ortomosaico Tetracam  
07/10/2013



## Datos de campo

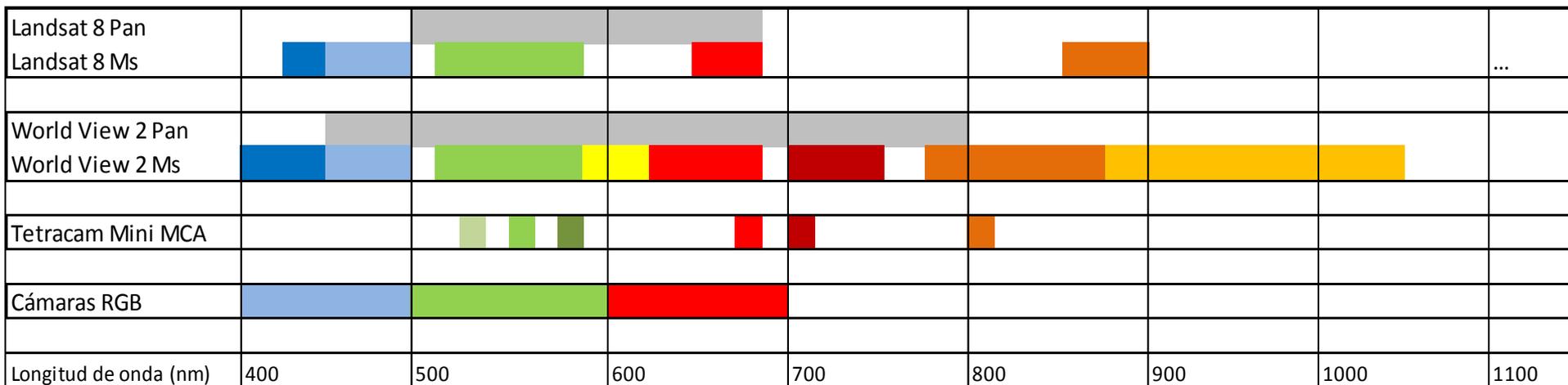


V. Fisiológicas  
Dic/13 y Ago y oct/14

## Imágenes de satélite y RPAS:

Sensor	Cobertura	Resolución espectral	Resoluc. espacial	Resoluc. temporal	Resoluc. Radiom.
World View2	16 Km	Pan Ms: 8 bandas (visible e irc)	Pan 50 cm Ms 2 m	3 días	11 bits
Tetracam Mini MCA	100 m para una altura de 150 m	Ms: 6 bandas configurables de 10 nm de ancho	10 cm	A demanda	10 bits
Canon Ixus 125 HS	150 m para una altura de 100 m	RGB (visible)	5 cm	A demanda	8 bits

## Configuración espectral de los distintos sensores



# Adquisición y preprocesado de datos RPAS



## Planificación del vuelo



## Campaña GNSS



## Adquisición de datos con RPAS



## Calibración vicaria

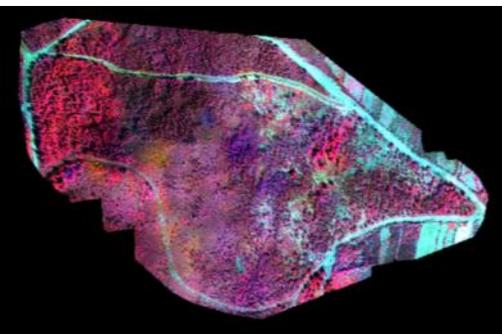
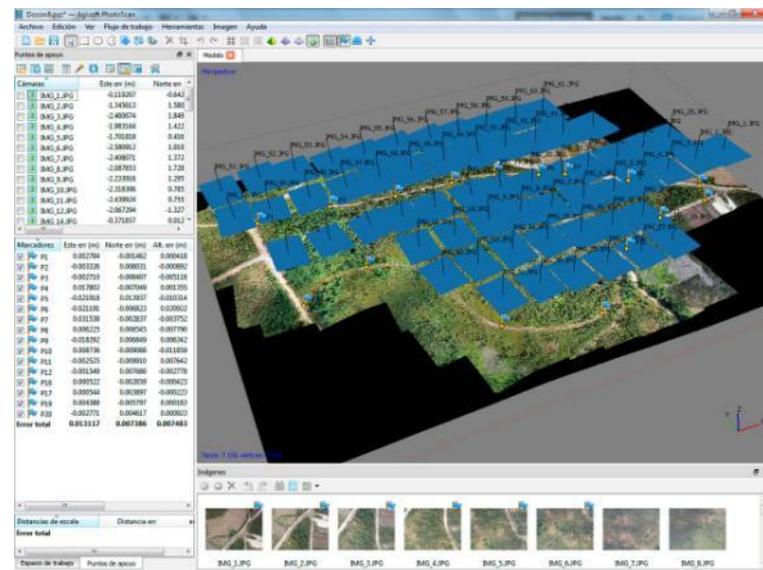


## Productos derivados

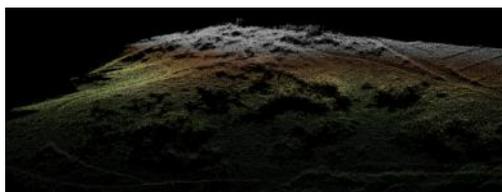


Ortofoto RGB a 5 cm  
& MDS 21 ptos/m<sup>2</sup>

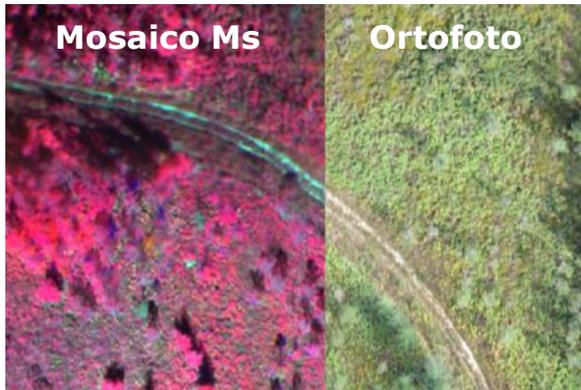
## Orientación y ortorrectificación



Mosaico y escenas MS georref. en valores de reflectividad a 10 cm

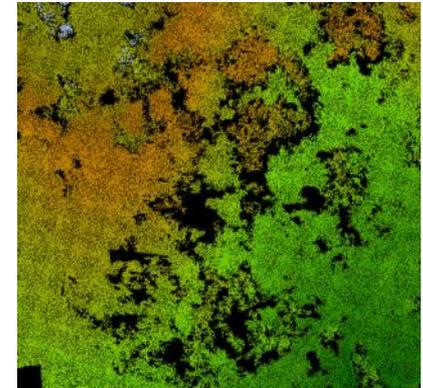


## Controles de calidad geométricos y radiométricos

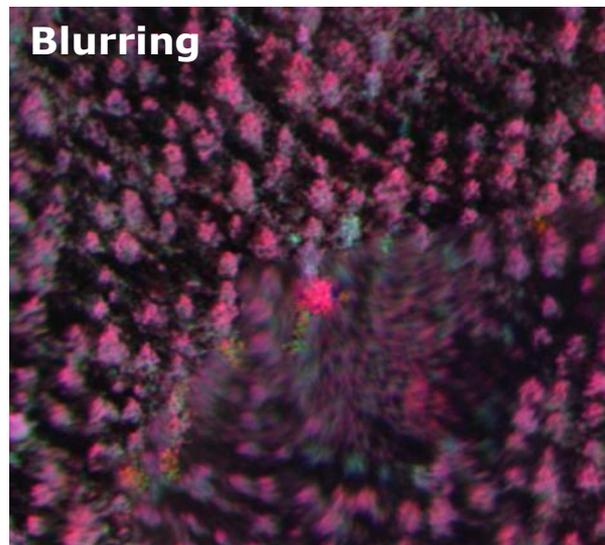
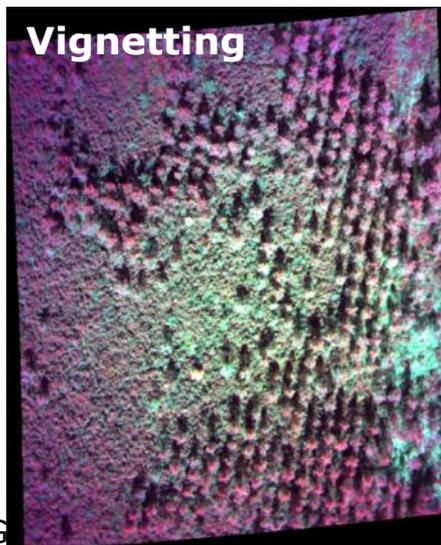


**Geometría:** Precisión geométrica correcta (RMSE < 1 pixel y superposición correcta)

**MDS:** Zonas de la nube de puntos con baja densidad

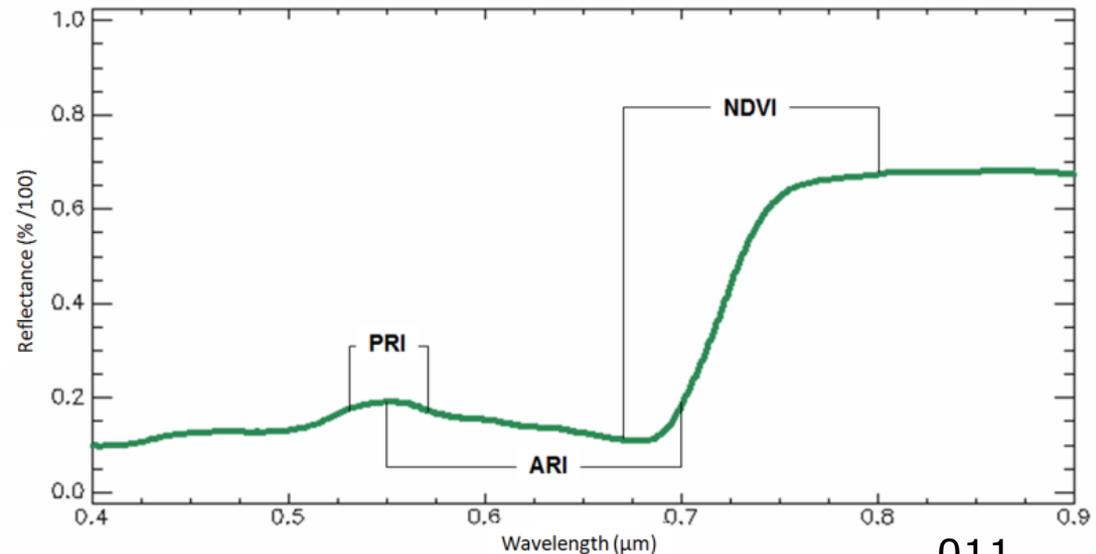
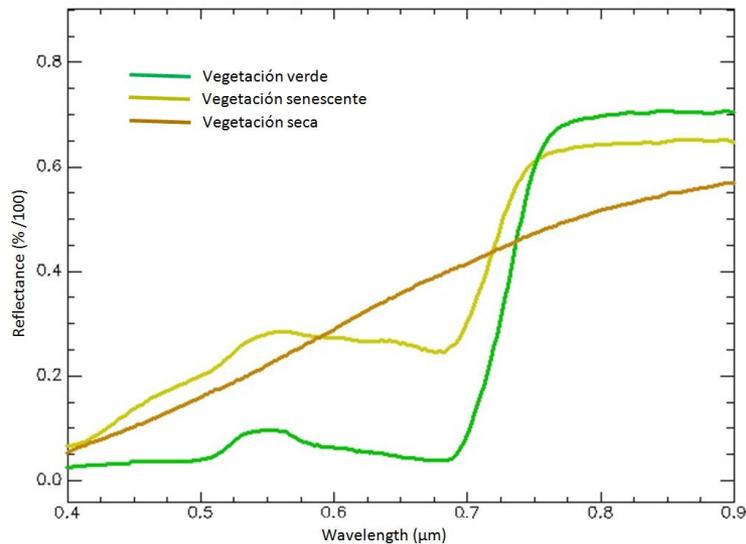


**Radiometría:** Problemas derivados de la calidad de los sensores, las condiciones de captura (vibraciones provocadas por los rotores y rachas de viento) y el postprocesado de los datos.



## Índices de vegetación calculados sobre las imágenes multispectrales:

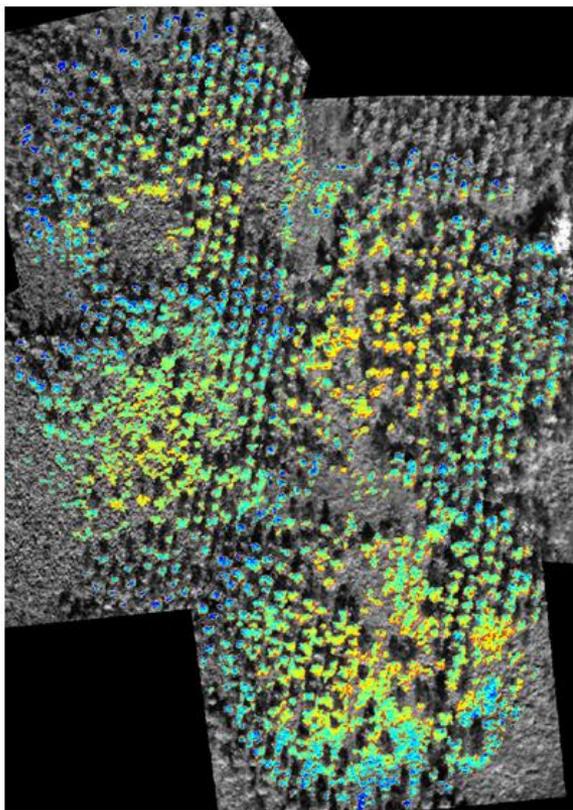
- **Concentración en pigmentos:** ARI (*Anthocyanin Reflectance Index*, Gitelson et al., 2001) relacionado con la concentración en antocianinas y CRI (*Carotenoid Reflectance Index*, Gitelson et al., 2002) en carotenos.
- **Actividad fotosintética:** NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*, Rouse et al, 1973), GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*, Gitelson et al, 1996), GRVI (*Green Ratio Vegetation Index*, Sripada, R., 2006), MTVI (*Modified Triangular Vegetation Index*, Haboudane et al, 2004).
- **Eficiencia en el uso de la luz:** PRI (*Photochemical Reflectance Index*, Gamon et al., 1992).



# Análisis de los IV calculados sobre las imágenes multispectrales RPAS

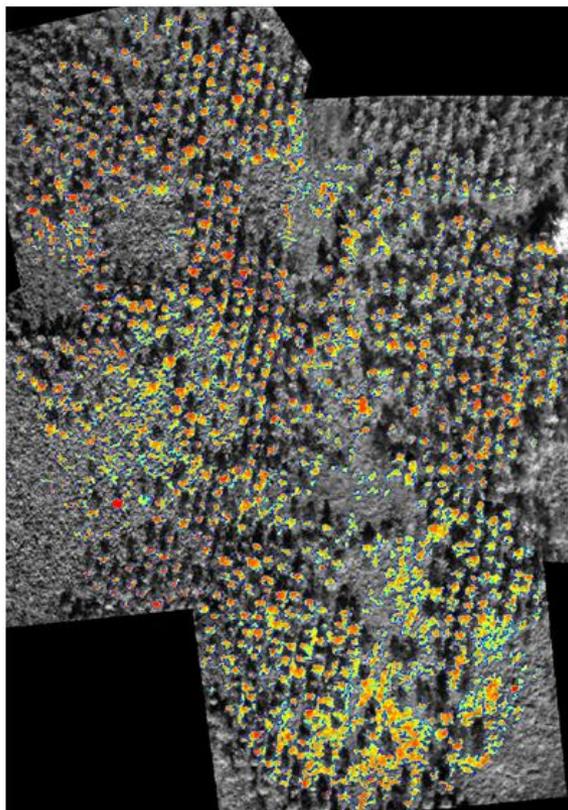


## Índices de vegetación calculados sobre las imágenes multispectrales RPAS



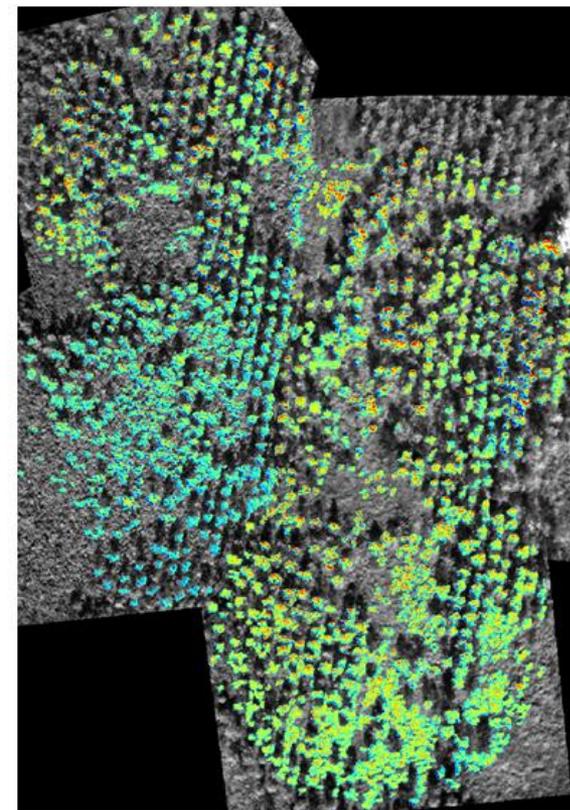
**Concentración de pigmentos: ARI-NIR.**

Los valores más altos indican mayor concentración en antocianina.



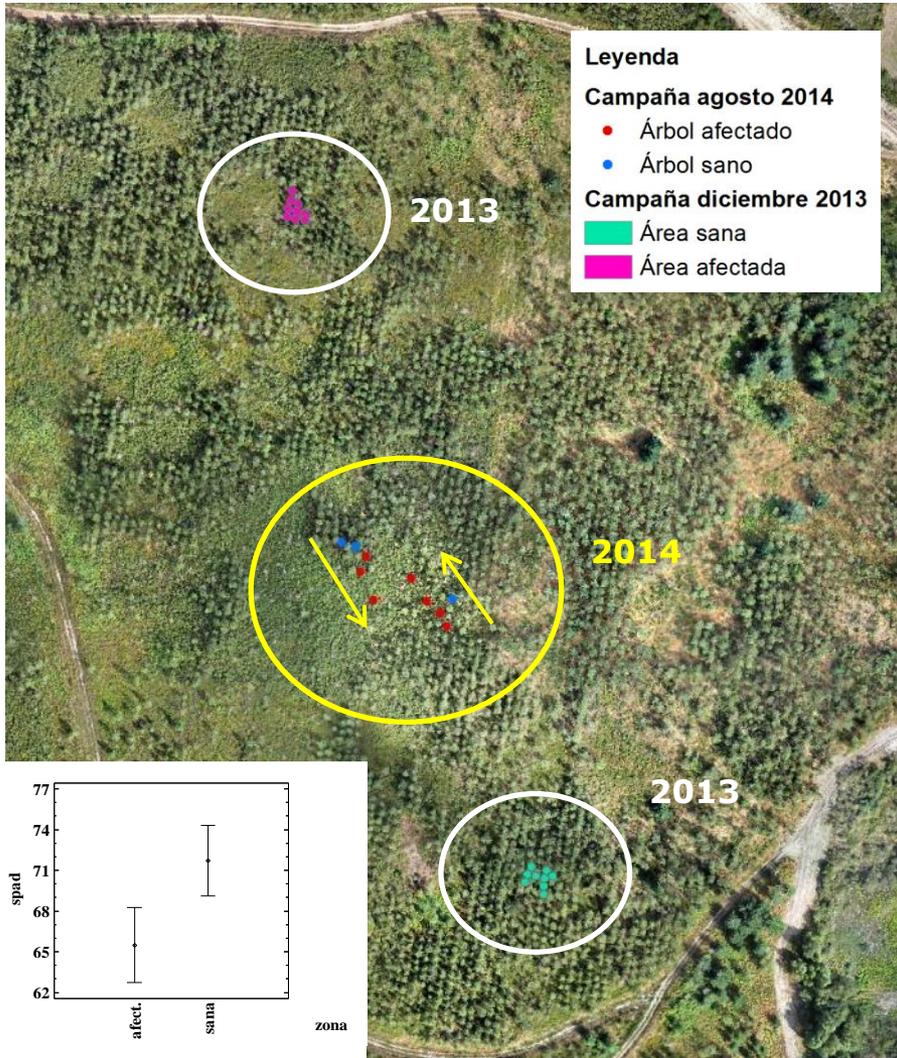
**Índices estructurales: NDVI.**

Los valores más altos indican mayor actividad vegetativa.



**Eficiencia en el uso de la luz: PRI.**

Los valores más extremos indican menor eficiencia en el uso de la luz en los procesos de fotosíntesis.



## • Diciembre de 2013

Análisis fitopatológicos (presencia/ausencia *Armillaria* en el suelo y otros hongos en la parte aérea) y parámetros fisiológicos cualitativos relativos a decoloración y defoliación.

Los resultados de los análisis fitopatológicos indican la presencia de *Armillaria* en toda la parcela. Los parámetros relativos a decoloración y defoliación son similares en las dos zonas marcadas a priori como sana y afectada.

## • Agosto y octubre de 2014

Muestras tomadas en dos transeptos (desde zonas nada o poco afectadas a muy afectadas).

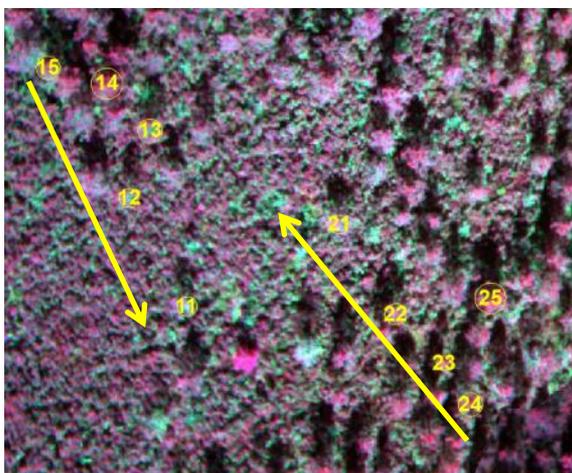
Agosto 2014: Potencial hídrico, fluorescencia, concentración de clorofila, colorimetría y biomasa.

Octubre 2014: LAI y dasometría (altura del árbol y la copa y diámetro del tronco y la copa).

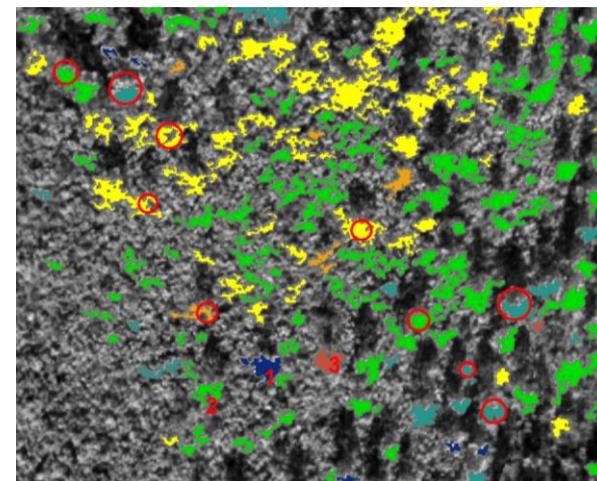
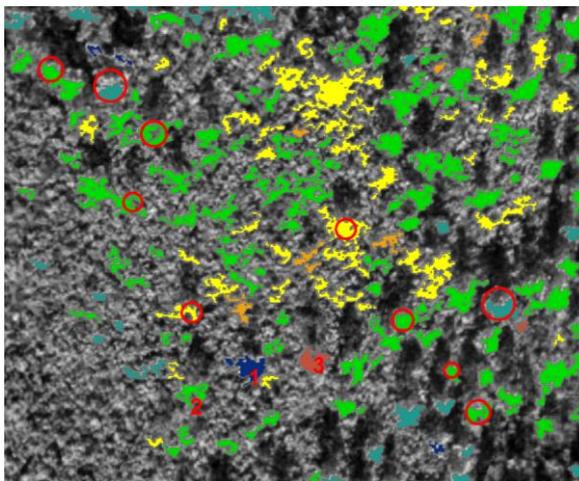
# Análisis de correlación de los IV y los datos de campo



Árboles muestreados en campo



IV derivados de las imágenes multispectrales RPAS

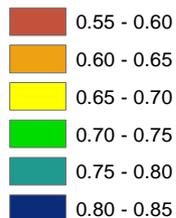


Concentración en Chl a

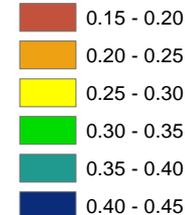


Valores de concentración en clorofila (datos de campo).

Valores medios NDVI



Valores medios GNDVI



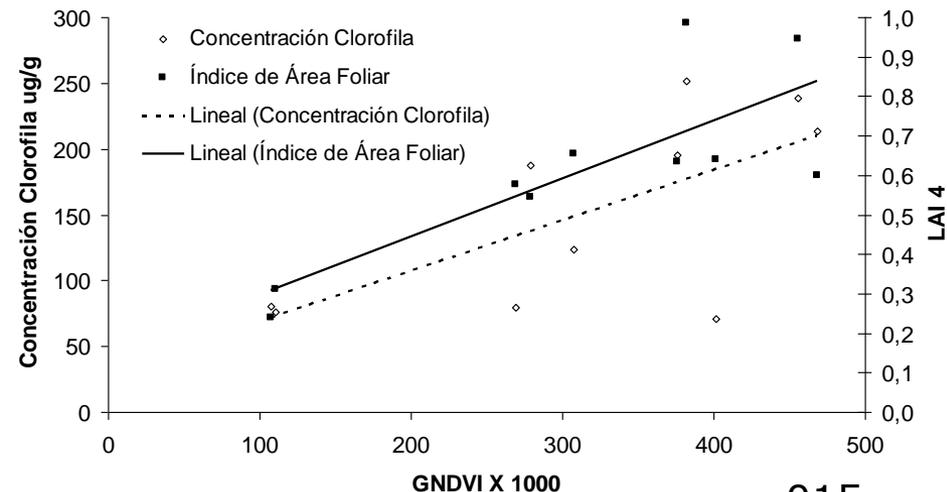
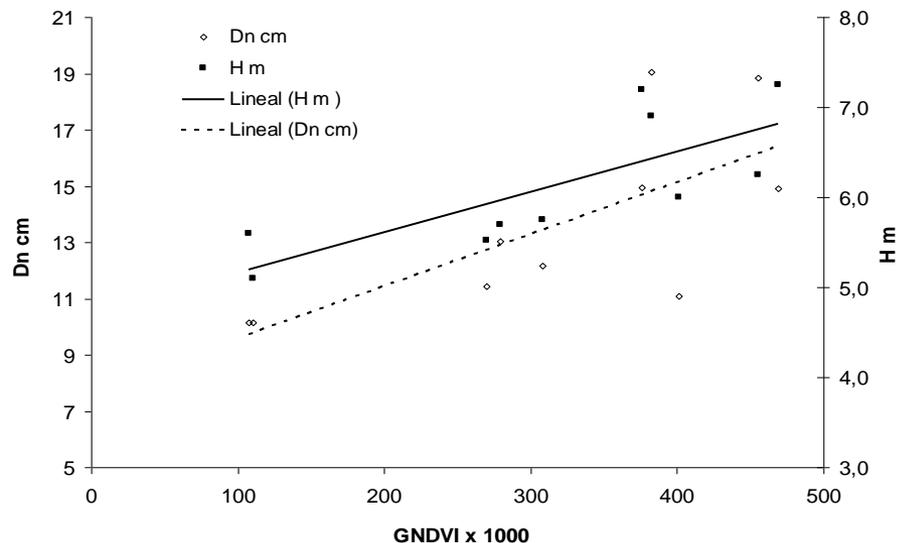
Gradiente entre zonas sanas y afectadas en los valores de distintos parámetros medidos en campo (concentración en clorofila, LAI, diámetro y altura del árbol) y en los IV estructurales derivados de las imágenes multispectrales RPAS.

# Análisis de correlación de los IV y los datos de campo

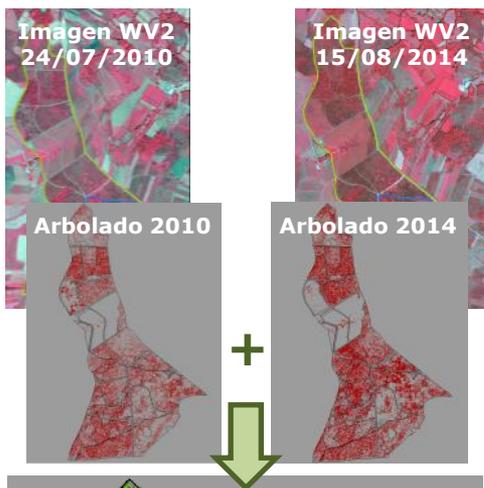


Las mejores correlaciones entre los parámetros biofísicos medidos en campo y los índices de vegetación, NDVI y GNDVI, se obtienen con la concentración de clorofila ( $R^2$  entre 0.65 y 0.71), LAI ( $R^2 > 0.8$ ), diámetro del tronco ( $R^2$  entre 0.69 y 0.72) y altura del árbol ( $R^2$  entre 0.64 y 0.77). Mientras que para el resto de parámetros (potencial hídrico, colorimetría, fluorescencia, biomasa y morfología de acículas y datos dasométricos de altura y diámetro de la copa) se obtienen unas correlaciones muy bajas.

Gráficos de dispersión para los parámetros de concentración de clorofila e índice de área foliar (LAI) y diámetro del tronco y altura del árbol con respecto a valores del índice de vegetación GNDVI (x 1000) . Rectas de regresión ajustadas a la respuesta de cada parámetro.



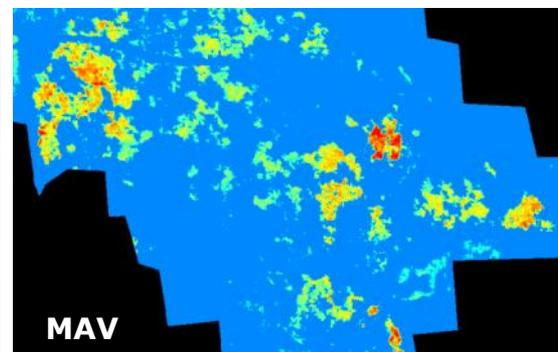
## Mapa de cambios



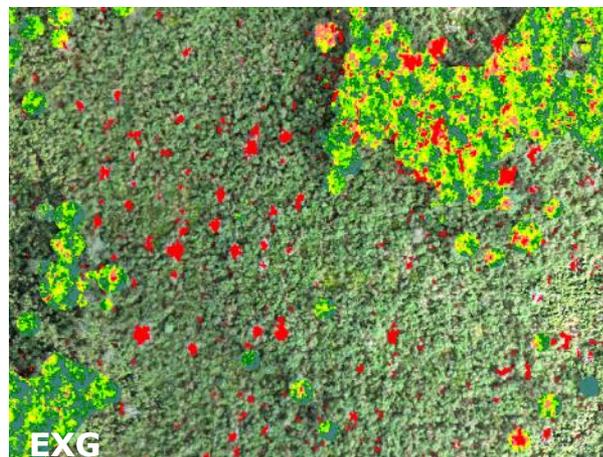
Mapa de cambios 2010-2014

Pérdida de arbolado  
Incremento  
Conservación

## Modelos de Altura de la Vegetación



## Productos rápidos: índices de verdor



Primera valoración del estado los árboles (índices de verdor)

- Muertos
- Muy afectados
- Afectados
- Prob. afección
- Sanos (pinos)
- Sanos (abetos)



- Tecnología útil y operativa para el seguimiento espacial y temporal y el control de cambios de masas forestales afectadas por enfermedades o plagas.
- Posibilidad de seleccionar la plataforma (satélite o RPAS) que mejor se adapte a la escala de trabajo y la resolución espectral y temporal que se necesite en función de la patología.
- A pesar de las diferencias temporales entre los datos de teledetección y campo, los análisis de correlación indican que es posible su uso para discriminar grados de afección a escala de árbol. Aunque lo deseable es disponer de muestra de campo suficientemente representativa, donde los datos de teledetección y campo sean capturados de forma sincronizada.
- A la hora de elegir la tecnología RPAS, hay que valorar sus ventajas (alta disponibilidad, facilidad de operación) y sus inconvenientes, ligados a las limitaciones operacionales (reducida autonomía, condiciones meteorológicas, limitaciones legales) y a la escasa oferta de sensores.
- Para aplicaciones de teledetección, es necesario desarrollar metodologías de trabajo adaptadas a las particularidades de este tipo de datos, incluyendo el proceso de captura, la preparación de las imágenes y los controles biofísicos de campo para una correcta correlación vicaria.

- El Grupo Tragsa, que cuenta con una amplia experiencia en la planificación, captura, procesado y explotación de datos de observación de la Tierra (con sensores aerotransportados y satelitales), ha comenzado a aplicar la tecnología RPAS, identificando una amplia serie de aplicaciones estratégicas.
- Para impulsar una implantación progresiva y ordenada de la tecnología RPAS, dentro de su cartera de productos y servicios, ha creado un GT experto, cuyos objetivos fundamentales a corto plazo son:
  - Establecimiento de un marco estratégico común de actuación
  - Pliegos de bases para operación de RPAS
  - Permisos y seguridad de operación
  - Procesado de datos
  - Controles de calidad
  - Adaptación a estándares nacionales/internacionales.
  - Análisis económicos.



**Proyecto co-financiado con  
ayuda FEDER por el Programa  
Interreg IVB SUDO E.  
Ref.FORRISK-SOE3/P2/F523**

**Gracias por vuestra atención**

