

Servicios de posicionamiento GNSS y usos de la teledetección en la agricultura de precisión

GNSS positioning services and the uses of remote sensing in precision agriculture

Xabier Garitano Plágaro

REVISTA **MAPPING**
Vol. 27, 192, 18-23
noviembre-diciembre 2018
ISSN: 1131-9100

Resumen

El uso de datos provenientes de todo tipo de sensores, tanto in-situ como remotos, unidos al posicionamiento vía GPS/GNSS ofrece la posibilidad de generar recomendaciones útiles para que los agricultores tomen decisiones informadas sobre qué acciones realizar en sus parcelas. La aplicación de las dosis óptimas en el momento adecuado y en el lugar adecuado permite una reducción de tiempo, costes e impacto en el medio ambiente, así como un aumento de los rendimientos obtenidos en los cultivos. En este artículo se muestra la importancia de los sistemas GPS/GNSS en el campo de la agricultura de precisión y se describe el sistema de soporte a la decisión alimentado por las diferentes fuentes de información disponibles, prestando especial atención a la constelación Sentinel-2 del programa europeo Copernicus.

Abstract

The use of data from all types of sensors, both in-situ and remote, together with positioning via GPS/GNSS, offers the possibility of generating useful recommendations for farmers to make informed decisions about what actions to carry out in their plots. The application of optimal doses at the right time and in the right place allows a reduction of time, costs and impact on the environment, as well as an increase in yields.

This article shows the importance of the use of the GPS/GNSS systems in the field of precision agriculture and describes the decision support system fed by the different sources of information available, paying special attention to the constellation Sentinel-2 of the European program Copernicus.

Palabras clave: Agricultura de precisión, GNSS, teledetección, Copernicus, Galileo, Sentinel, VRT, geoEuskadi.

Keywords: Precision farming, GNSS, Remote sensing, Copernicus, Galileo, Sentinel, VRT, geoEuskadi

Ing. Sup. en Geodesia y Cartografía, FUNDACION HAZI FUNDAZIOA
xgaritano@hazi.eus

Recepción 18/10/2018
Aprobación 22/11/2018

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de las parcelas agrícolas mediante las técnicas de agricultura de precisión (*History of Precision Agriculture*, 2014) trata de hacer lo adecuado, en el momento adecuado y en el lugar adecuado, con herramientas que facilitan la optimización de los recursos disponibles. Utilizando las tecnologías actualmente existentes y que integran un gran número de disciplinas científicas, es posible saber cuándo, dónde y qué se debe hacer para obtener el mejor rendimiento de nuestra cosecha con un alto nivel de detalle y precisión (*European Agricultural Machinery*, 2017)

De entre todas las técnicas o tecnologías que se pueden aplicar destacan dos por encima de todas; una ya de sobra conocida y aplicada, el GPS y la otra, todavía por despuntar, la teledetección satelital.

2. LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GPS/GNSS

El sistema GPS («GPS: The Global Positioning System A global public service brought to you by the U.S. government», 2018) resuelve la primera de las variables a resolver, el dónde. Se trata sin duda de la más conocida de las tecnologías utilizadas en la agricultura de precisión, constituye la base de la misma y es la que ha permitido que ésta se desarrollara y se aplicara.

El sistema GPS se utiliza en innumerables aplicaciones gracias al impulso que ha recibido de la mano de la aparición de nuevas constelaciones (Glonass, Galileo, Beidou,..)

(What_is_Galileo, 2018) y de métodos de explotación de los datos basados en las denominadas correcciones diferenciales (RTK). Este auge se ha visto reflejado en la Red GPS de Euskadi (Red GPS/GNSS Euskadi, 2018), como muestra el alto número de horas de conexión a la red en la llanada alavesa, zona eminentemente dedicada a la agricultura.

La Red GPS/GNSS del Gobierno Vasco, en colaboración con las DDFF de la CAPV, Instituto Geográfico Nacional y la Universidad del País Vasco y que es gestionada desde la Fundación Hazi emite correcciones que permiten a los receptores GPS de campo con una conexión de Internet situarse sobre el territorio con una precisión centimétrica. El uso de estas correcciones, tanto en la CAPV, como en el resto de redes del estado, es gratuito y libre. Ya se dispone de las constelaciones GPS, Glonass, Beidou y Galileo y la transmisión y estabilidad de las emisiones de estas correcciones ha mejorado notablemente a lo largo de los últimos años, disponiendo de un flujo de datos con situaciones de visibilidad de en torno a 16 satélites en prácticamente todo el territorio.

Históricamente el uso de estas correcciones se había visto limitado a la topografía pero tanto a nivel de usuarios de alta, como en horas de uso de correcciones diferenciales, ha experimentado un aumento muy marcado el uso en la agricultura. (*Agriculture and rural development*, 2017).

Más allá de los usos en la medición topográfica clásica, en el ámbito agrícola, el GPS se utiliza en el autoguiado de la maquinaria. Estos sistemas son capaces de guiar al tractor de manera autónoma, con una intervención mínima por parte del agricultor y con costes de instalación y de utilización relativamente reducidos. Este uso redundante en la comodidad del conductor ya que, además de obtener pasadas perfectamente alineadas, es posible trabajar con poca visibilidad y no hay solapes ni calvas; pero también tiene su repercusión en el ahorro de carburante, pesticidas, fertilizantes o demás productos o tratamientos en los que el coste puede verse muy afectado por una aplicación más precisa de los mismos. Este aumento de precisión y reducción de costes es precisamente el que está buscando el agricultor, las empresas de maquinaria y en general todos los actores involucrados en el cuidado medio ambiente (Gibbons, G., 2000)

Un paso más allá en el uso del GPS en la agricultura de precisión, y que se está abriendo paso en el mercado, es elVRT o tecnología de aplicación variable. Esto se trata de, por ejemplo, sabiendo dónde se encuentra la máquina y en función de las necesidades que tenemos detectadas, aplicar una dosis concreta a la planta que lo necesita y no a la que tiene al lado. Para eso se debe preparar la maquinaria para poder hacer esta aplicación variable, unos datos precisos sobre dónde es necesaria determinada cantidad de producto y un software que lo gestione. Esto se trata del cuándo y el qué al que se hacía referencia al comienzo del artículo.

Evidentemente esto es algo mucho más complejo que



Figura 1. Distribución de horas de conexión a la Red GPS/GNSS Euskadi en el año 2017. (fuente:www.gps2.euskadi.eus)

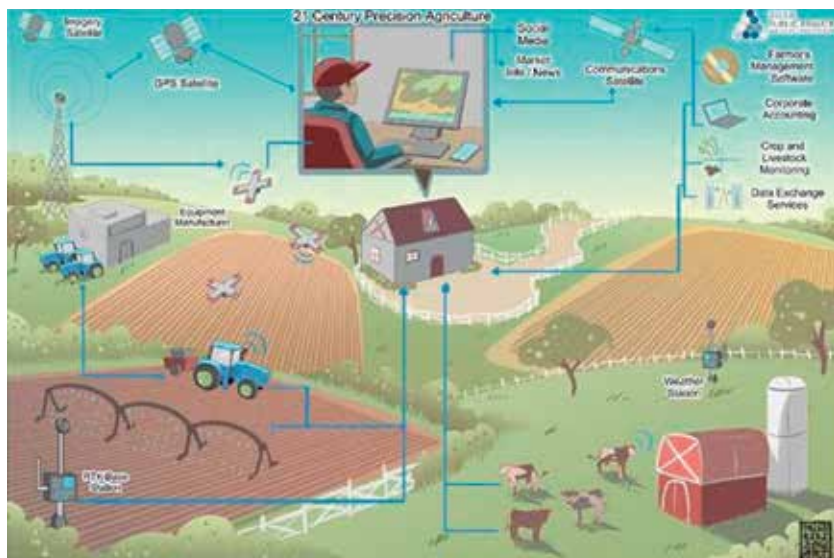


Figura2. Agricultura de precisión (Fuente:Department of Homeland Security , USGOV, 2018)

la mera utilización del GPS y es donde entran en juego los DSS o sistema de apoyo a las decisiones. Estos sistemas dan como salida un mapa o producto que debe ser interpretado y traducido a recomendación. Si se genera un mapa en el que se muestran las zonas más secas, se puede generar una recomendación de zonas con necesidades de riego mayores, o en el caso de tratarse de un mapa en el que se mostrasen necesidades de fertilización (Precision Agriculture, AGCO, 2011) se obtendrían las cantidades a aplicar dentro de la parcela. Estas recomendaciones deben contar siempre del conocimiento del propio agricultor quien validará que dichas prescripciones son correctas.

Para poder generar estas recomendaciones se necesitan gran cantidad de datos de todo tipo. Datos obtenidos con GPS, drones, satélites, vuelos fotogramétricos, sensores sobre el terreno (humedad del suelo, pH, conductividad eléctrica,...) o incluso sensores embarcados en el propio tractor; y para gestionar todos esos datos, es necesaria una Base de Datos Espacial, un SIG al fin y al cabo. A estos datos se les aplica una



Figura 3.Integración de información en la maquinaria(fuente:Department of Homeland Security , USGOV, 2018)



Figura 4. Recomendaciones (Fuente:NITROGEN MODELING, 2018)

serie de modelos y es con éstos con los que se generan las recomendaciones.

Un ejemplo de aplicación de técnicas de agricultura de precisión a lo largo del ciclo del cultivo.

- Medición delimitación de la parcela.
- Escaneo de los suelos para ajustar el plan de abonado en función de la fertilidad estimada.
- Cálculo de las líneas de siembra.
- Riego y fertilización del cultivo según las recomendaciones.
- Escaneo y monitorización de la evolución del cultivo mediante sensores en la maquinaria, drones, imágenes de satélite y mediciones en campo.
- Cosecha y obtención de mapas de rendimiento.

Se trata de un ciclo cerrado en el que el resultado, una vez analizado, entra a formar parte de las nuevas prescripciones que se hagan.

3. LA TELEDETECCIÓN

Especial atención merece el ya mencionado uso de la información obtenida mediante teledetección como fuente para la obtención de datos de los cultivos.

La captura remota ha experimentado un aumento con el abaratamiento de las imágenes de pago, el lanzamiento de



Figura 5. Mapas de rendimiento (Fuente:AGCO, 2011)

muchas constelaciones como las de microsátélites pero sobre todo con el proyecto Copernicus (*Copernicus project*, 2018) de la comunidad europea.

Este proyecto de costes billonarios ha puesto en órbita varios satélites con diferentes instrumentos que hacen mediciones con instrumentos radar y sensores multispectrales o térmicos, entre otros. Los más conocidos son los Sentinel-2 (*Sentinel missions*, 2018) que capturan una imagen completa de un área cada 5 días con un tamaño de pixel de 10 metros y con 13 bandas. Estas imágenes, de libre acceso y utilización gratuita (*Copernicus Open Access Hub*, 2018), están siendo usadas en innumerables proyectos y la propia programación de la PAC para el periodo 2020 introduce el concepto de monitorización (*Modernising the CAP: satellite data authorised to replace on-farm checks*, 2018), que no es otra cosa que la utilización de las imágenes satelitales para el control continuo de los cultivos.

La utilización de esta fuente de datos pasa por el estudio de la firma espectral o respuesta en las diferentes bandas de captura de los diferentes elementos de la superficie terrestre. Las respuestas en algunas de estas bandas están relacionadas con los pigmentos, otras con el contenido de clorofila, y otras con la estructura interna o contenido de agua.

En función de cómo se combine la información de estas bandas capturadas por el satélite, se ponen de manifiesto unas características u otras. Visualizando, por ejemplo, las bandas roja, azul y verde, obtenemos una imagen como la que vemos con nuestros ojos o al visualizar las bandas del verde, rojo e infrarrojo veremos una imagen donde las hojas sanas y que tienen alta reflectancia en el infrarrojo se ven muy rojas. Esto está relacionado con la cantidad de clorofila de una planta.

Podemos buscar combinaciones en las que destacan las infraestructuras artificiales o que destaquen ciertas estructuras más relacionadas con la geología según el tipo de suelo.

Con estas bandas, es posible generar además una serie de índices aplicando diferentes fórmulas matemáticas. Uno de estos índices es el NDVI o índice de vegetación de diferencia normalizada (*Office of Research, University Centre, & University of Guelph*, 2016). Se usan las bandas infrarroja y roja para crear imágenes con valores entre los valores de -1 a 1 que se relacionan con la actividad fotosintética, yendo de un elemento artificial o sin actividad a algo cubierto de vegetación. Se pueden calcular multitud de índices que informan sobre el contenido de humedad o de vigor de la vegetación, entre otras muchas variables.

A lo largo del año, todo lo que cubre la superficie terrestre va variando su respuesta en estas bandas. Las coberturas vegetales varían mucho su respuesta y no tanto las superficies artificiales y el agua.

Así mismo, la respuesta varía entre diferentes vegetaciones. Al disponer de imágenes cada 5 días, es posible analizar como varían esas firmas a lo largo del año comparándolas con

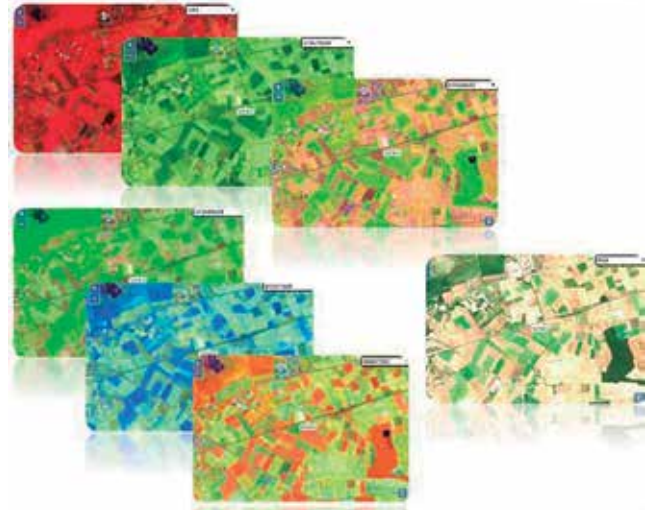


Figura 6. Composiciones con bandas Sentinel-2. (Fuente: Fundacion HAZI)

una curva espectral de referencia de, por ejemplo, el cultivo objeto de estudio. Esto es algo muy útil para el estudio de la fenología ya que es posible analizar la información de la curva espectral para extraer información del estado en el que se encuentra un cultivo en determinado momento del año por comparación con esa curva espectral de referencia. ((Remco Schrijver (VetEffect), 2016))

Es posible detectar, por ejemplo, situaciones de estrés hídrico (Aron Schepers, 2012) o ver si el cultivo se está desarrollando correctamente e intervenir para evitar situaciones peores.

Con el objetivo de salvar el salto entre el mundo de la teledetección y la agricultura, tanto desde el Servicio de Cartografía del Gobierno Vasco como desde la Fundación Hazi se está trabajando con esta información para generar herramientas, servicios y productos enfocados a las necesidades de los usuarios. Así, se están descargando y procesando de manera sistemática todas las imágenes que se generan desde la constelación Sentinel 2 y Landsat 8 en la CAPV. Una vez se descar-

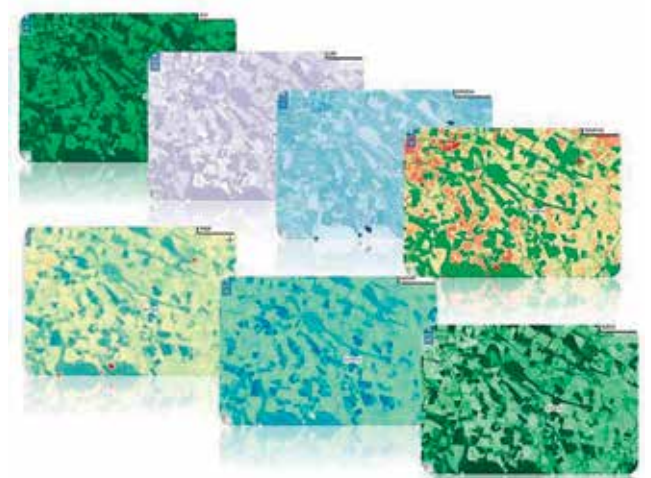


Figura 7. Índices con imágenes Sentinel-2. (Fuente: Fundacion HAZI)

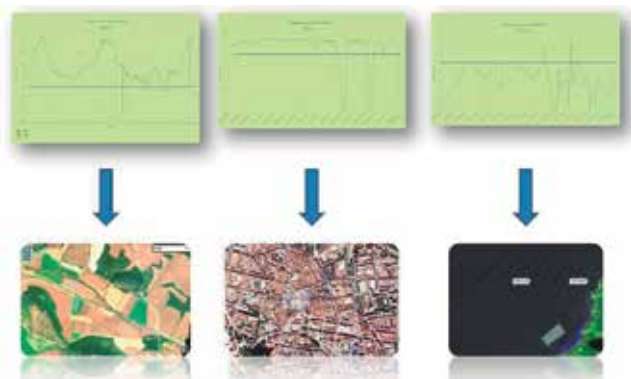


Figura 8. Firmas espectrales vegetación, urbano y agua. (Fuente: Fundacion HAZI)

gan estas imágenes, se generan una serie de composiciones visuales así como índices que posteriormente se publican tanto en el visor de geoEuskadi como vía servicios estándar.

En el visor de geoEuskadi se muestran las combinaciones RGB e IIRG mensuales que se seleccionan como mejores, dando información más actualizada que la ortofotografía anual. Por otro lado, las direcciones <http://geo.hazi.eus/GEOEUSKADI/wms?> y <http://geo.hazi.eus/GEOEUSKADI/wcs?> difunden no solo esas imágenes seleccionadas sino todos los productos generados.

Una de las herramientas que se han desarrollado para poder explotar toda esta información que se está generando de manera sencilla es el comparador de fechas y generador de índices accesible via la url <http://www.iktlan.net/mapa/>

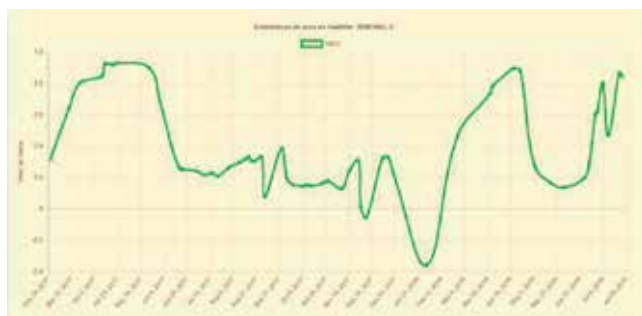


Figura 9. Firma espectral cultivo de Febrero 2017 a Julio 2018. (Fuente: Fundacion HAZI)

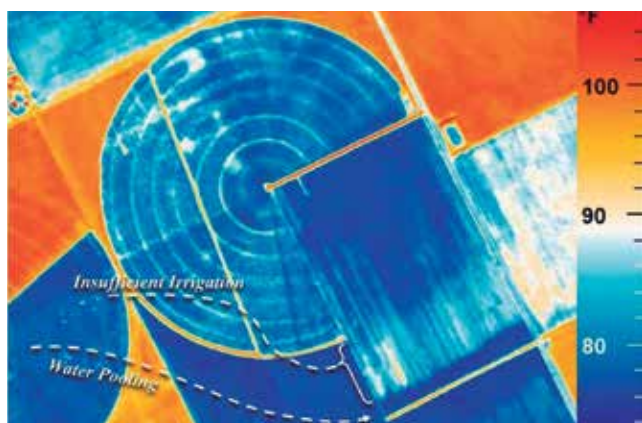


Figura 10. Imágenes térmicas y necesidades hídricas (Fuente: Aron Schepers, 2012)

[proyectos/teledetekzioa/comparador/index.html](http://www.iktlan.net/mapa/proyectos/teledetekzioa/comparador/index.html). En ella cualquier usuario puede visualizar la evolución de los índices en el punto o área de interés.

Otra herramienta, accesible en <http://www.iktlan.net/mapa/proyectos/teledetekzioa/animations/index.html>, es una que genera un fichero en formato gif entre las fechas seleccionadas para ver de una manera visual la evolución una zona.

4. CONCLUSIONES

Todas estas técnicas ya se van introduciendo en nuestro territorio como demuestra el hecho de la cantidad de empresas que ofrecen diferentes productos y servicios de agricultura de precisión. Aun así, todavía hay mucho margen de mejora en la integración de todas las partes que la componen (*Joint Research Centre (JRC) of the European Commission; Monitoring Agriculture ResourceS (MARS) Unit H04; Pablo J. Zarco-Tejada, Neil Hubbard and, & Philippe Loudjani*, 2014).

Por otro lado, es necesario señalar que, es posible medir parcelas con GPS, generar mapas del suelo que se pueden visualizar vía web, capturar datos con sensores y satélites, sembrar utilizando el autoguiado en los tractores y aplicar fertilizante con dosis variable mediante VRT, pero no debe perderse de vista que se trata de recomendaciones que deben ser analizadas y que la base del sistema de la agricultura de precisión es el propio agricultor (Anh Nguyen, Jason Yosinski, & Jeff Clune, 2015).

No se trata de ignorar lo que ya se sabe, se trata de enriquecer la información que maneja .

AGRADECIMIENTOS

El presente artículo divulgativo se ha realizado gracias a la colaboración del área de GIS y Forestal de HAZI Fundazioa

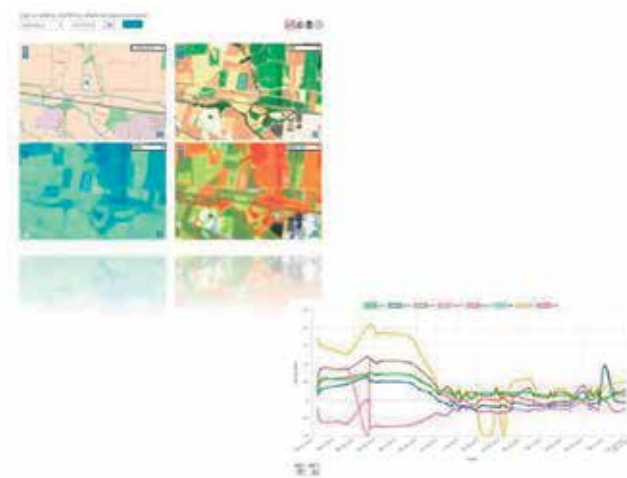


Figura 11. Generador de gráficas. (Fuente: Fundacion HAZI)

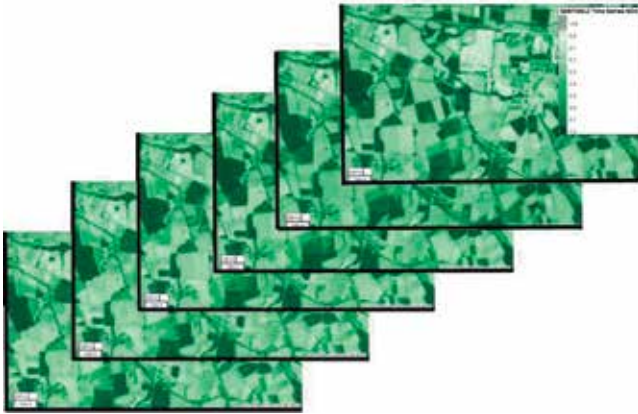


Figura 12. Evolución temporal NDVI mediante imágenes Sentinel-2. (Fuente: Fundación HAZI)

con el Servicio de Cartografía del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda.

REFERENCIAS

Agriculture and rural development. (2017).
Anh Nguyen, Jason Yosinski, & Jeff Clune. (2015). Deep Neural Networks are Easily Fooled: High Confidence Predictions for Unrecognizable Images.
Aron Schepers. (2012). Using Thermal Imagery for Agriculture. Copernicus Open Access Hub. (2018). Recuperado de <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
Copernicus project. (2018). Recuperado de <http://copernicus.eu/>

European Agricultural Machinery. (2017). Digital Farming: what does it really mean?
Gibbons, G. (2000). Turning a farm art into science-an overview of precision farming. Recuperado de www.precision-farming.com
GPS: The Global Positioning System A global public service brought to you by the U.S. government. (2018). Recuperado de <https://www.gps.gov/>
History of Precision Agriculture. (2014). Recuperado de http://www.delmarlearning.com/companions/content/140188105X/trends/history_pre_agr.asp
Joint Research Centre (JRC) of the European Commission, Monitoring Agriculture ResourceS (MARS) Unit H04; Pablo J. Zarco-Tejada, Neil Hubbard and, & Philippe Loudjani1. (2014). PRECISION AGRICULTURE: AN OPPORTUNITY FOR EU FARMERS - POTENTIAL SUPPORT WITH THE CAP 2014-2020.
Modernising the CAP: satellite data authorised to replace on-farm checks. (2018). Recuperado de https://ec.europa.eu/info/news/modernising-cap-satellite-data-authorised-replace-farm-checks-2018-may-25_en
Office of Research, University Centre, & University of Guelph. (2016). Precision Agriculture Research.
Precision Agriculture, AGCO. (2011).
Red GPS/GNSS Euskadi. (2018). Recuperado de <http://www.gps2.euskadi.eus>
Remco Schrijver (VetEffect). (2016). Precision agriculture and the future of farming in Europe.
Sentinel missions. (2018). Recuperado de <http://copernicus.eu/main/sentinels>
What_is_Galileo. (2018). Recuperado de https://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Galileo/What_is_Galileo

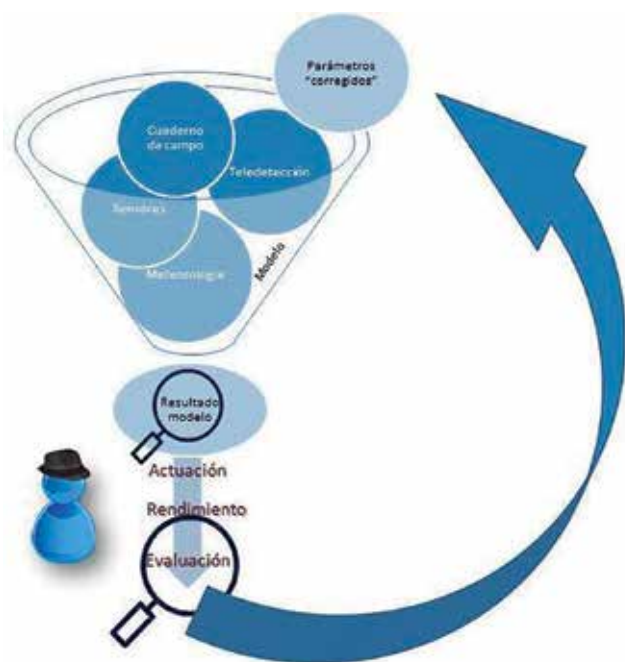


Figura 13. Ciclo de la captura, procesado y análisis de la información. (Fuente: Fundación HAZI)

Sobre el autor

Xabier Garitano Plágaro

Ingeniero Superior en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Valencia y MSc in Geographical Information Management por la Universidad de Cranfield, Reino Unido. Lleva más de 9 años como trabajador de la Fundación HAZI Fundazioa, empresa vinculada al sector primario del País Vasco, en el departamento de Sistemas de Información Geográfica realizando tareas tanto de producción cartográfica como de gestión de la Red GPS/GNSS de Euskadi y tratamiento de información obtenida por captura remota, desde los datos LiDAR como de satélite.