

## UKSA International Partnership Programme (IPP)



EO4cultivar

Proyecto No 417000001416

# Medios de Vida Sostenibles WP7: Estudio de Caso en Perú

Mapeo del Valle de Virú



**Informe elaborado por:**

G.A. Jones,  
D. Colson  
P. Robinson,  
M. Harris  
M.A.E. Smith  
C. Cheffings

Joint Nature Conservation Committee

Monkstone House  
City Road  
Peterborough  
PE1 1JY  
UK

Tel: +44 (0)1733 562626  
<https://jncc.gov.uk/>

y

G. Bell  
J.A. Parker

Environment Systems Ltd.

9 Cefn Llan Science Park  
Aberystwyth  
Ceredigion  
SY23 3AH  
UK

Tel: +44 (0)1970 626688  
[www.envsys.co.uk](http://www.envsys.co.uk)

# Contenido

1	Resumen .....	3
	Este documento describe el proceso de creación de un mapa de hábitats para el Valle de Virú, el cual será usado como una entrada clave en el enfoque SENCE (evidencia espacial para la evaluación del capital natural) para el mapeo de servicios ecosistémicos.Descripción del Método .....	3
2	Introducción .....	4
3	Proceso de los datos Sentinel-1 y Sentinel-2 .....	5
3.1	Identificación de los datos Sentinel-2 .....	5
3.2	Identificación de los datos Sentinel-1 .....	6
3.3	Preprocesamiento de los datos Sentinel .....	6
4	Datos de Muy Alta Resolución (VHR).....	7
4.1	Compra de datos ópticos VHR .....	7
4.2	Preprocesamiento de datos VHR .....	8
4.3	Compra del Modelo Digital de Terreno (MDT) VHR.....	9
5	Clasificación de la cartografía general de hábitats .....	9
6	Visita de campo al Valle de Virú para recolectar los datos de validación.....	9
7	Iteración final de clasificación para la cartografía general de hábitats .....	10
7.1	Resultados de la Cartografía.....	11
7.2	Precisión.....	13
8	Clasificación de los elementos de interés utilizando datos ópticos VHR.....	14
8.1	Resultados de la Cartografía.....	15
8.2	Precisión.....	15
	Anexo 1 - Implementación del Método de Mapa Vivo (LMM) en el Valle de Virú .....	16
	Anexo 2 Extracción de los elementos usando datos ópticos VHR .....	24
	Anexo 3 - Trabajo adicional después de la realización del mapa.....	26
	Referencias.....	28

# 1 Resumen

**Este documento describe el proceso de creación de un mapa de hábitats para el Valle de Virú, el cual será usado como una entrada clave en el enfoque SENCE (evidencia espacial para la evaluación del capital natural) para el mapeo de servicios ecosistémicos. Descripción del Método (según la línea de tiempo)**

- **Procesamiento de los datos Sentinel-1 y Sentinel-2.** Identificación de imágenes adecuadas del Sentinel-2 con cobertura de nube mínima del área de interés y que cubra las diferencias estacionales. Se seleccionan las imágenes del Sentinel-1 que coincida con las fechas de las imágenes del Sentinel-2. Todas las imágenes son procesadas por los Servicios de Datos de Environment System Ltd (WP6).
- **Compra de los datos ópticos de Muy Alta Resolución (VHR).** Para la identificación de algunos elementos, tales como, los cursos de agua lineales que son muy importantes para el mapeo SENCE, aunque no pueden ser identificados con la precisión deseada con los datos Sentinel, por ello, se obtuvieron datos comerciales de VHR.
- **Clasificación (primera iteración) de la cartografía general de hábitats producido usando el Método del Mapa Vivo (*Living Maps Method (LMM)*).** La primera iteración del mapa de hábitats se produjo usando los datos Sentinel. El LMM fue elegido como el método adecuado debido a la repetitividad del proceso utilizando el aprendizaje automático y debido a su eficacia para la reiteración. La mayor limitación fue la falta de disponibilidad de datos de campo para identificar las clases presentes y las características de las clases para apoyar la separación.
- **Visita de campo para recolectar los puntos de validación de la primera iteración del mapa de hábitats.** Con el fin de asegurar que el mapa de hábitats represente el paisaje con la mayor precisión posible, sin datos de campo obtenidos, se organizó una visita en campo con expertos locales para recolectar los puntos de validación.
- **Compra del Modelo Digital de Terreno (MDT) VHR.** Debido a la complejidad del terreno y a los espacios vacíos en el producto SRTM de 30 m usado hasta este punto, el proyecto identificó la necesidad de obtener un DTM de mayor precisión y resolución espacial. Esto fue requerido para la orto-rectificación de datos ópticos VHR y el mapeo SENCE.
- **Clasificación (iteración final) de la cartografía general de hábitats.** Esto es para producir un mapa más preciso con el fin de reflejar cualquier tipo de cambio requerido en las clases después de la visita de campo y para incorporar el DTM en VHR a la clasificación. La precisión general del mapa de hábitats es de 74%.
- **Clasificación de los elementos de interés usando datos ópticos VHR.** Extracción de los elementos lineales, tales como los árboles y matorrales circundantes a los límites de campo, además de los elementos hídricos de importancia para el mapeo SENCE.
- **[Trabajo adicional después de la realización del mapa]** Después de la creación del primer mapa de hábitats se hizo evidente que se necesitaban algunas revisiones menores en un pequeño número de clases. También se identificaron otras dos clases adicionales para mejorar los resultados del mapeo de servicios ecosistémicos. Las revisiones posteriores se describen en el Anexo 3.

## 2 Introducción

Los mapas de hábitats son un componente clave para comprender la distribución y la magnitud de los elementos en el paisaje, además son un requerimiento para facilitar mejores prácticas de gestión, el mapeo de los servicios ecosistémicos, la interpretación y la orientación de la biodiversidad, el monitoreo y la provisión de políticas tales como aquellas relacionadas a los objetivos de desarrollo sostenible. Existen varios productos de cobertura Terrestre global y de uso de suelo disponibles, pero estos no brindan suficiente detalle para realizar análisis a nivel regional. No se disponía de ningún mapa de hábitats accesible conocido para el Valle de Virú en Perú, por ello, se requería un mapa de hábitats para llevar a cabo el mapeo de servicios ecosistémicos y para ayudar a fundamentar la investigación necesaria para dar forma a los resultados del estudio de caso de medios de vida sostenibles. Estos trabajos tienen el objetivo de introducir opciones para sustentar alternativas de gestión sostenible basada en los ecosistemas dentro de la matriz de tierras agrícolas del Perú.

La Observación Terrestre se ha utilizado ampliamente para proporcionar una visión panorámica del uso del suelo, cobertura y cambio en una variedad de escalas. Se han desarrollado nuevos sensores y se han puesto en marcha a un ritmo creciente a través de misiones que han permitido el acceso a los datos por medio de licencias abiertas (como los datos Sentinel del Programa Copernicus). La observación terrestre es un recurso de valor cuando no existe la disposición de otros datos, pero es más poderosa cuando se combina con datos de campo y una variedad de otras fuentes de datos para crear productos que brindan información crítica, especialmente para la toma de decisiones.

El objetivo principal del Proyecto EO4cultivar es brindar datos listos para analizar y datos de valor agregado para la cadena de suministro agrícola en Sudamérica y para servicios de asesoramiento a los agricultores. El paquete de trabajo de medios de vida sostenibles tuvo la labor de entregar estudios de caso de servicios ecosistémicos. Estos brindan análisis y contexto en sistemas agrícolas dentro del entorno más amplio para ayudar a los interesados a comprender mejor el funcionamiento y los beneficios del uso sostenible del suelo, agua y biodiversidad. Con el fin de brindar resultados que beneficien tanto las operaciones comerciales como de pequeños productores, el estudio de caso peruano se centró en el Valle de Virú en la región de La Libertad en Perú (Imagen 1), una de las seis regiones agrícolas clave en Perú (Banco Mundial, 2017). Virú sostiene operaciones productivas de diversos tamaños, incluso, en gran parte, las operaciones gestionadas por las organizaciones socias del proyecto. Se seleccionó esta área de interés en acuerdo con los socios del proyecto e interesados antes de iniciar las fases de recolección de datos.

### 3 Proceso de los datos Sentinel-1 y Sentinel-2

Los conjuntos de datos de Copernicus han sido identificados como una fuente de datos clave para este proyecto debido a su acceso abierto. El proyecto EO4Cultivar tiene como objetivo aumentar la aceptación de este recurso de acceso abierto, además estos datos se utilizan para brindar varios elementos de los diferentes paquetes de trabajo. Para el trabajo de mapeo, se usó tanto el Sentinel-1 como el Sentinel-2 para capturar tantas características del paisaje como fuese posible. El área de interés para el mapeo de hábitats se acordó mediante conversaciones con los socios del proyecto (Figura 1).

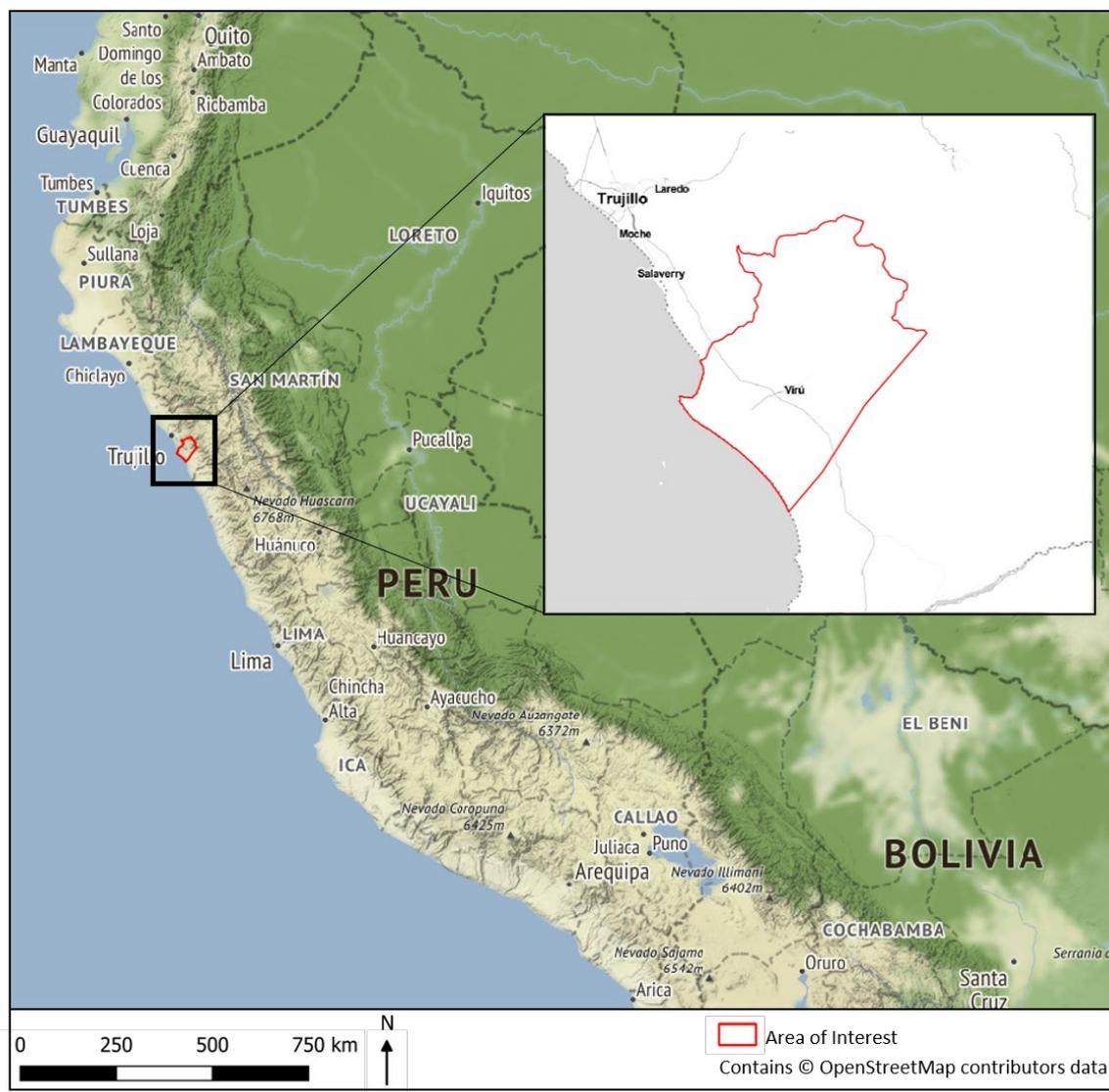


Figura 1: Área de interés para el mapeo de hábitats del Valle de Virú.

#### 3.1 Identificación de los datos Sentinel-2

Para asegurar la obtención de datos libres de nube del área de interés, se requería una investigación para identificar las escenas adecuadas. Se consideraron los cambios de estación y diferencias ya que estas variaciones pueden ser críticas para la identificación de hábitats y la separación de clases. Por ejemplo, los brotes de hojas mostraron una

diferenciación de las estructuras de hábitat en la parte alta del valle. El año de mapeo es el 2017 y se identificaron las imágenes de las fechas a continuación:

- 4 de enero 2017
- 14 de abril 2017
- 13 de junio 2017
- 15 de noviembre 2017
- 20 de noviembre 2017

Se fusionaron las imágenes del 15 y 20 de noviembre para crear una imagen del mes de noviembre. Esto es para llenar cualquier vacío en la imagen de noviembre creado por la cobertura de nubes. Esto proporcionó imágenes trimestrales aproximadamente y por ello se consideraron suficientes para identificar la mayoría de los cambios de estación.

### **3.2 Identificación de los datos Sentinel-1**

Sentinel-1 no está sujeto a las mismas limitaciones del Sentinel-2 pues esta herramienta de teledetección de radar puede tomar imágenes de la superficie terrestre a través de coberturas de nube y durante periodos de oscuridad. No se necesitan todas las imágenes disponibles para producir un mapa de hábitats, por lo que solo se eligen imágenes del Sentinel-1 que capturan los cambios estacionales y las diferencias. Los satélites del Sentinel-1 y Sentinel-2 no orbitan en el mismo lugar y al mismo tiempo, por ello para alinearse a las imágenes del Sentinel-2 se identificaron ciertas fechas de imágenes que corresponden lo más cercanamente posible:

- 14 de enero 2017
- 20 de abril 2017
- 10 de junio 2017
- 13 de noviembre 2017

### **3.3 Preprocesamiento de los datos Sentinel**

El paquete de trabajo 6 del proyecto EO4Cultivar brinda servicios de datos que incluyen el preprocesamiento de los datos Sentinel. Una vez que se identifican las imágenes requeridas, los recursos disponibles de los servicios de datos, proporcionados por Environment Systems Ltd., son usados para preprocesar estos datos.

Los datos del Sentinel-1 se enviaron a JNCC como un producto de retrodispersión generado de los datos recolectados en el modo de amplia banda interferométrica (IW, por sus siglas en inglés), y procesados de la versión GRD (Ground Range Detected) de los datos puestos a disposición por ESA.

Los datos del Sentinel-2 se proporcionaron a JNCC como un producto sin interferencia atmosférica con máscara de nubes. Las bandas de 10 m y 20 m se agruparon como imágenes separadas. Como parte de los servicios producidos por los servicios de datos de Environment Systems, también se brindaron índices de vegetación (Índice de Vegetación Mejorado – EVI; Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada – NDVI; Índice de Agua de Diferencia Normalizada - NDWI).

Para más información sobre los detalles de métodos de preprocesamiento vea la documentación de Environment Systems para el Paquete de Trabajo 6.

## **4 Datos de Muy Alta Resolución (VHR)**

Durante las fases iniciales del mapeo de hábitats, se vio que algunos elementos del paisaje no podrían clasificarse debido a la baja resolución de la data Sentinel (10-20 m). Estos elementos se consideraron importantes para entender las funciones ecológicas y geológicas y los procesos operativos que son claves para el mapeo de servicio ecosistémico SENCE. Por ello, se acordó que se comprarían datos ópticos comerciales de muy alta resolución.

### **4.1 Compra de datos ópticos VHR**

Con el fin de hacer el proceso de mapeo de servicios ecosistémicos tan repetible y sostenible como sea posible, en términos de costos financieros de datos, se consideraron los siguientes factores al decidir sobre la compra de imágenes:

- Sólo se considerarían las imágenes de archivo de los diversos proveedores, ya que estos son menos costosos y permite al usuario elegir a partir de una variedad de imágenes disponibles, lo que no sería posible al ordenar una nueva imagen;
- Se requiere que la resolución especial sea suficientemente alta para separar y clasificar los elementos;
- Sin presencia de nubes, o muy poca presencia de nubes si es posible;
- Los requisitos espectrales son mínimos de las bandas Roja, Verde, Azul e Infrarrojo;
- Sólo necesita cubrir las áreas donde existen características más sutiles, lo cual excluye grandes partes de los Andes incluidas en el Área de Interés (AOI, por sus siglas en inglés) de la cartografía general de hábitats.

Siguiendo los criterios anteriormente mencionados, se identificó que las imágenes más apropiadas eran las Pleiades (Figura 2).

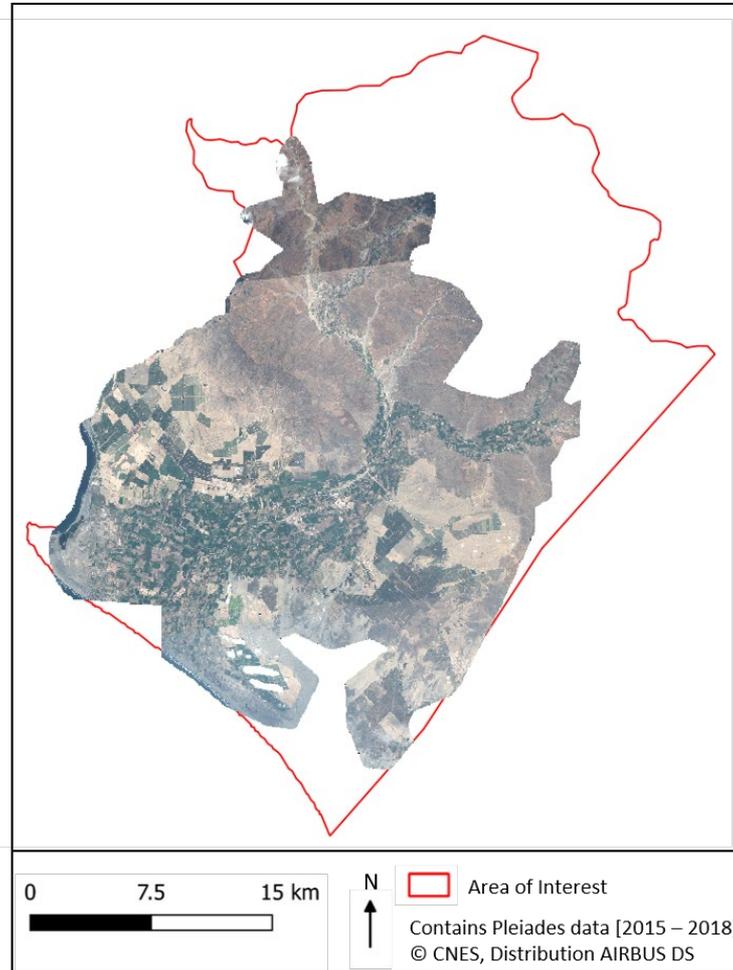


Figura 2: Mosaico de imágenes de Pleiades compradas para el proyecto que cubre un área de interés más pequeña. Incluye todas las 5 imágenes compradas de Airbus.

## 4.2 Preprocesamiento de datos VHR

El Valle de Virú presenta variaciones extremas de elevación debido a su proximidad geográfica a los Andes. La naturaleza topográficamente diversa del paisaje La naturaleza topográficamente diversa condujo a una distorsión inherente en los datos VHR. Por ejemplo, algunas áreas tienen aproximadamente 500 metros de desviación horizontal debido al desplazamiento del terreno. Para preparar los datos para su uso en la extracción de elementos y su clasificación se realizó un trabajo de ortorectificación. Esto permite justificar la topografía e intenta eliminar con precisión las distorsiones de la imagen.

Se realizó un intento para ortorectificar los datos VHR usando el producto de 30 m de la *Misión Shuttle Radar Topography* (SRTM, siglas en inglés), sin embargo, el complejo terreno y los vacíos en las imágenes no permitieron una mejora notoria del desplazamiento del terreno original de ~500 m. Por consiguiente, los geoides del Perú también se emplearon en combinación con el SRTM, sin embargo, esto no mejoró notoriamente los resultados. Por ello, el proyecto identificó el requerimiento de usar un Modelo Digital de Terreno (MDT) VHR. La ortorectificación usando el producto WorldDEM™ fue exitosa y el VHR de corrección del terreno correspondía a los datos del Sentinel-2 y a Bing Aerial, disponible en el sistema de referencia de coordenadas usado en QGIS 2.14.5.

### 4.3 Compra del Modelo Digital de Terreno (MDT) VHR

Debido a la complejidad del terreno y a los vacíos en los datos SRTM de 30 m, el proyecto reconoció la necesidad de obtener un MDT (modelo digital de terreno) de mayor precisión y resolución espacial. Estos datos ayudaron a la ortorectificación de datos ópticos VHR y al mapeo de servicios ecosistémicos SENCE. Se usó el producto WorldDEM™ ya que otras alternativas tenían restricciones de licencia lo que significaría que otros paquetes de trabajo en EO4cultivar no podrían utilizar los datos para sus propios requerimientos.

## 5 Clasificación de la cartografía general de hábitats

El método de clasificación elegido para crear el mapa de hábitats fue el Método del Mapa Vivo (Living Map Method (LMM)) (Kilcoyne *et al.*, 2017). El LMM desarrolló un código base que permitió a los usuarios implementar un enfoque de aprendizaje automático o *machine learning* para la clasificación de hábitats con la flexibilidad de integrar varios tipos de datos diferentes, incluso los datos de observación terrestre. La disponibilidad de un código base ya creado, que es fácil de adaptar, proporciona una ventaja sobre otras herramientas de código abierto similares, ya que elimina el tiempo necesario de codificación para su implementación. Entre otras razones por las que se eligió el método LMM mencionamos que:

- Utiliza algoritmos de aprendizaje automático que se utilizan cada vez más en aplicaciones de cartografía que utilizan datos de observación terrestre;
- Se puede realizar en el análisis basado en píxeles y basado en objetos;
- Todos los pasos se pueden llevar a cabo utilizando software de código abierto;
- El código está disponible bajo Licencia Libre (*Open Government License*);
- JNCC tuvo un papel menor en el apoyo al desarrollo del código, por lo que estaba familiarizado con el método;
- Se puede repetir en diferentes áreas y en una variedad de conjuntos de datos con poca adaptación al código;
- Las iteraciones de los mapas se pueden generar de manera rápida, eficiente y es altamente repetible.

Para obtener más detalles sobre los conjuntos de datos, las clases y el método, incluso la preparación de datos, la segmentación, la creación de conjuntos de datos de entrenamiento y los resultados, consulte el Apéndice 1 de este informe.

## 6 Visita de campo al Valle de Virú para recolectar los datos de validación

Una vez completado el primer borrador de cartografía general de hábitats, se requería de datos para validar los resultados y volver a iterar el proceso de clasificación si fuese necesario. Para el estudio de campo se generó al azar un conjunto de puntos de cada clase de cobertura usando los resultados del primer borrador del mapa de hábitats. La Figura 3 muestra la ubicación de estos puntos, los cuales se revisaron manualmente para asegurar que ningún punto se superpusiera con los puntos de entrenamiento utilizados para generar el algoritmo de clasificación. Sin embargo, debido a restricciones de terreno y acceso, y por consideraciones de seguridad y salud, solo se logró visitar y registrar un subconjunto de

puntos. Se recolectaron datos para todas las clases de hábitats generales a excepción de “barrancos erosionados – matorrales densos”. La Figura 3 muestra los puntos generados al azar y aquellos que el equipo de campo logró visitar de forma viable durante la campaña de campo de cinco días. Esto introduce cierto sesgo y correlación espacial en el conjunto de validación, que se hace más evidente en la sección 7.2.

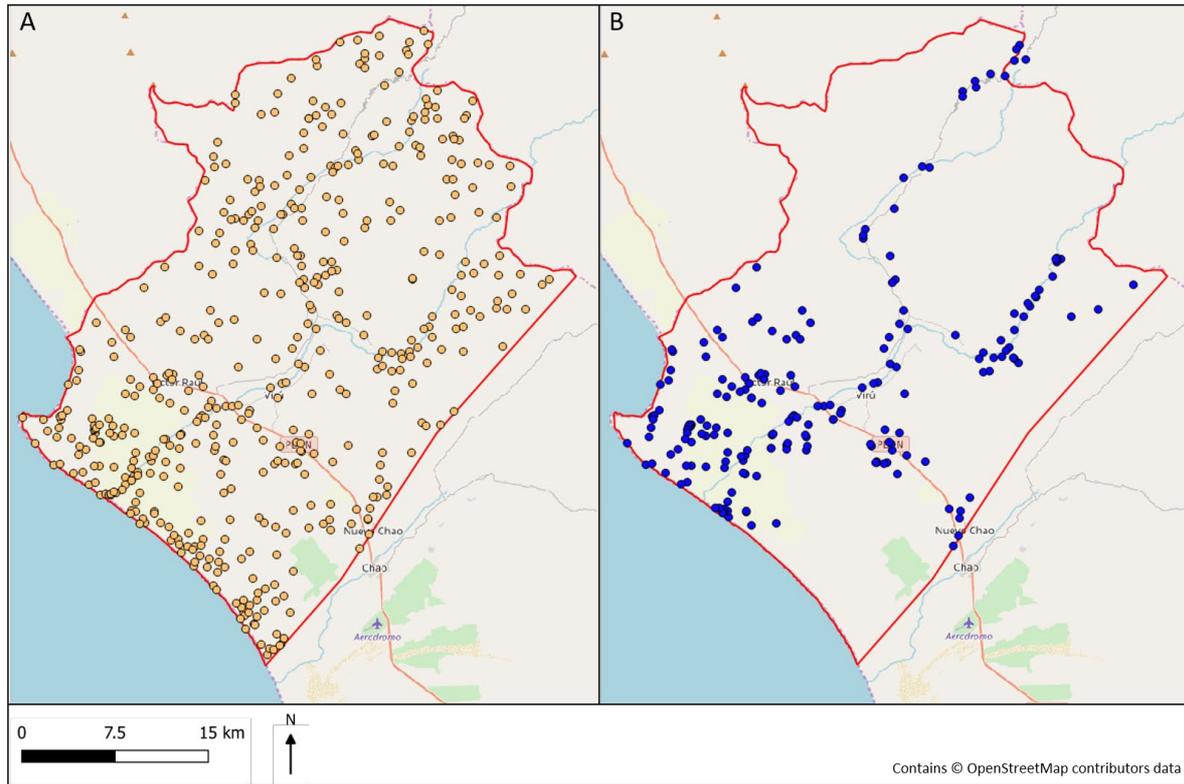


Figura 3: Ubicación de los puntos de visita durante la campaña de campo en el Valle de Virú. A) Puntos para visitar B) Puntos visitados.

## 7 Iteración final de clasificación para la cartografía general de hábitats

Luego de la visita de campo, se decidió que se requerían dos clases nuevas en el esquema de clasificación. Estas son dunas de arena con vegetación, y reservorio. Se crearon datos adicionales de entrenamiento para estas clases en base a la información recolectada en campo y el proceso de clasificación se actualizó.

## 7.1 Resultados de la Cartografía

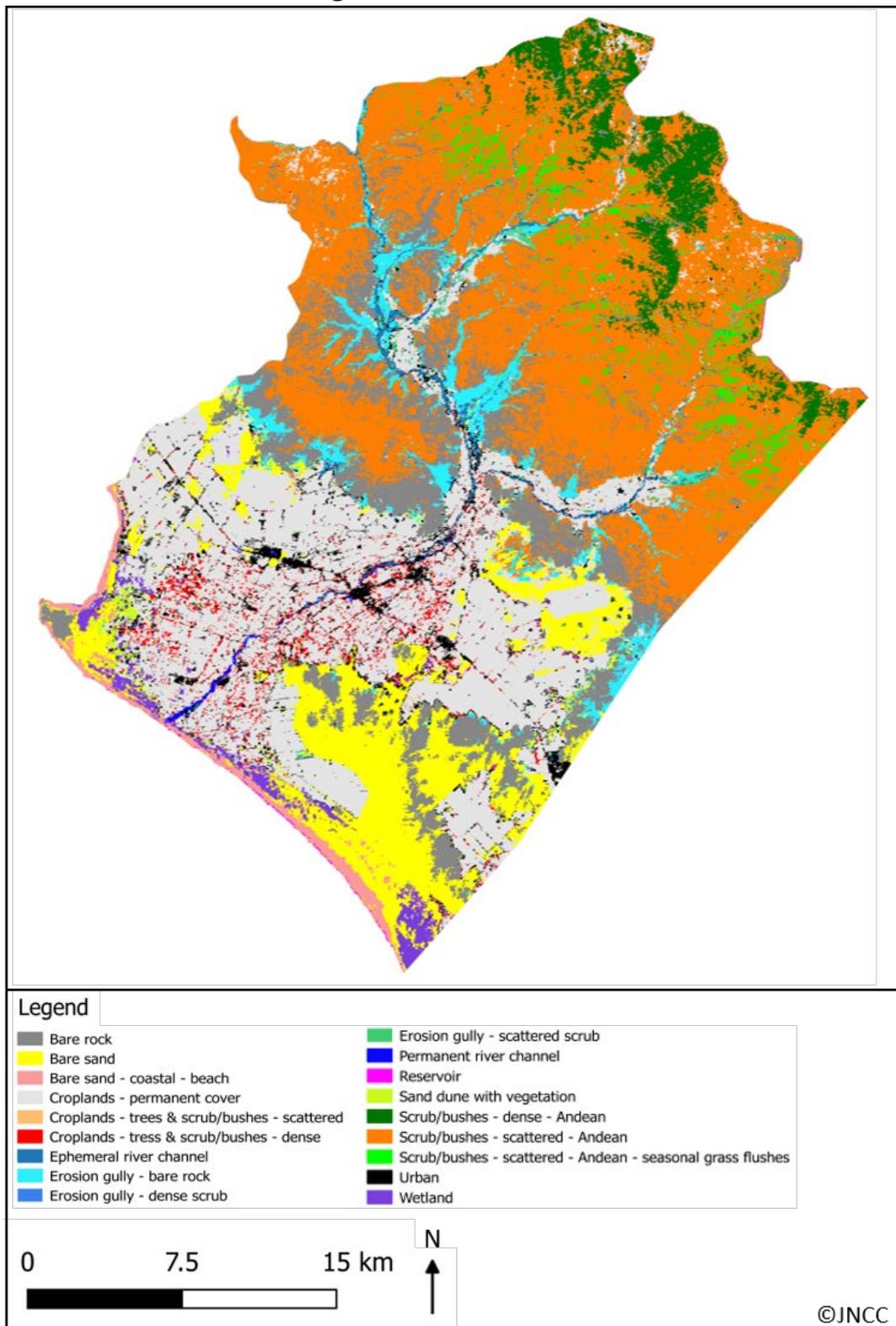


Figura 4: Muestra una representación de la cartografía general de hábitats resultante.

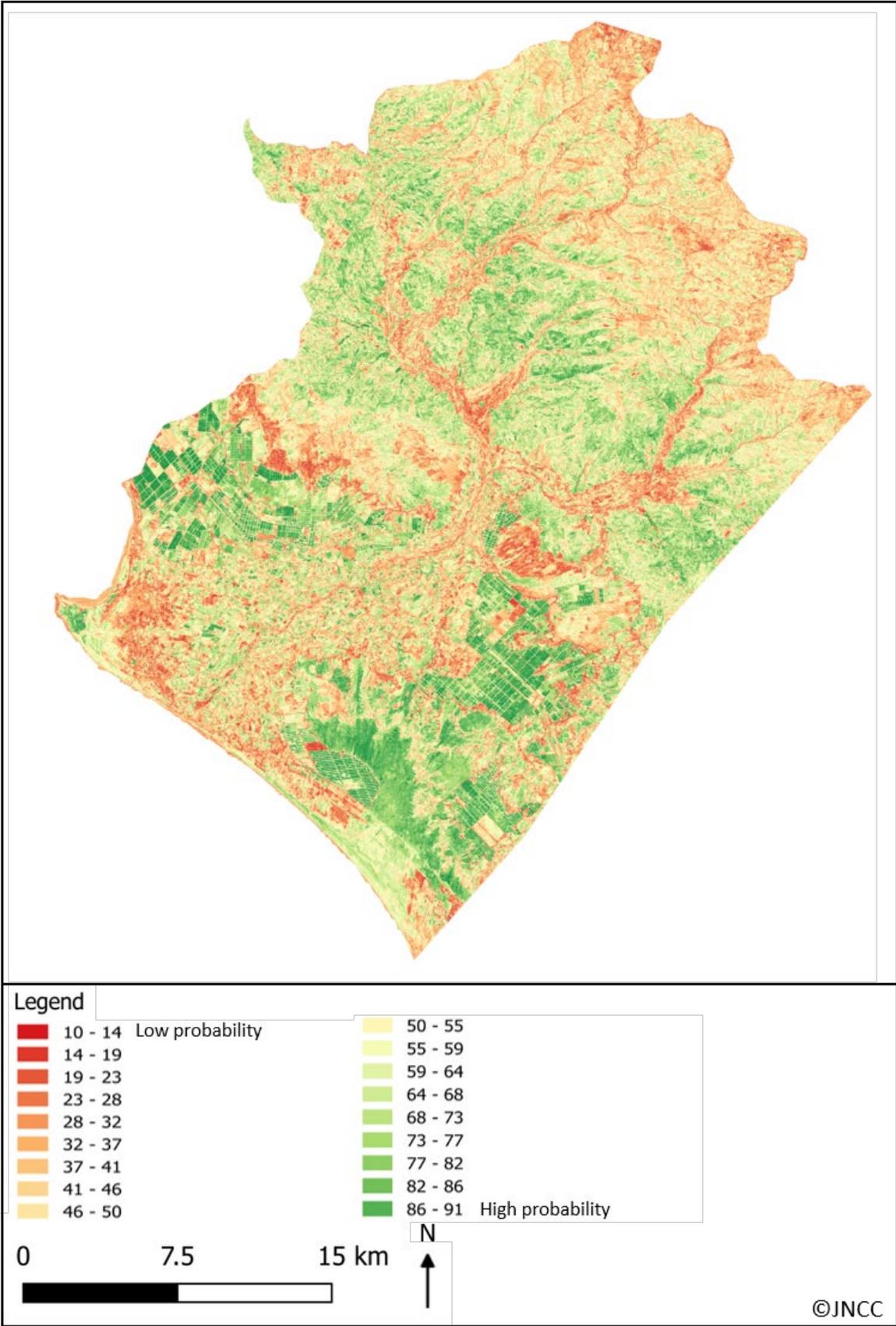


Figura 5: Mapa de probabilidad de que las clases de cobertura identificadas hayan sido observadas. Resultante del algoritmo de bosque aleatorio.

## 7.2 Precisión

Para analizar la precisión de los resultados, los datos recopilados durante la visita de campo solo se utilizaron para generar una matriz de error del mapa de hábitats. La precisión global estimada del mapa, que nos da una indicación de la cantidad de datos de campo que fue clasificada correctamente, es de 74%.

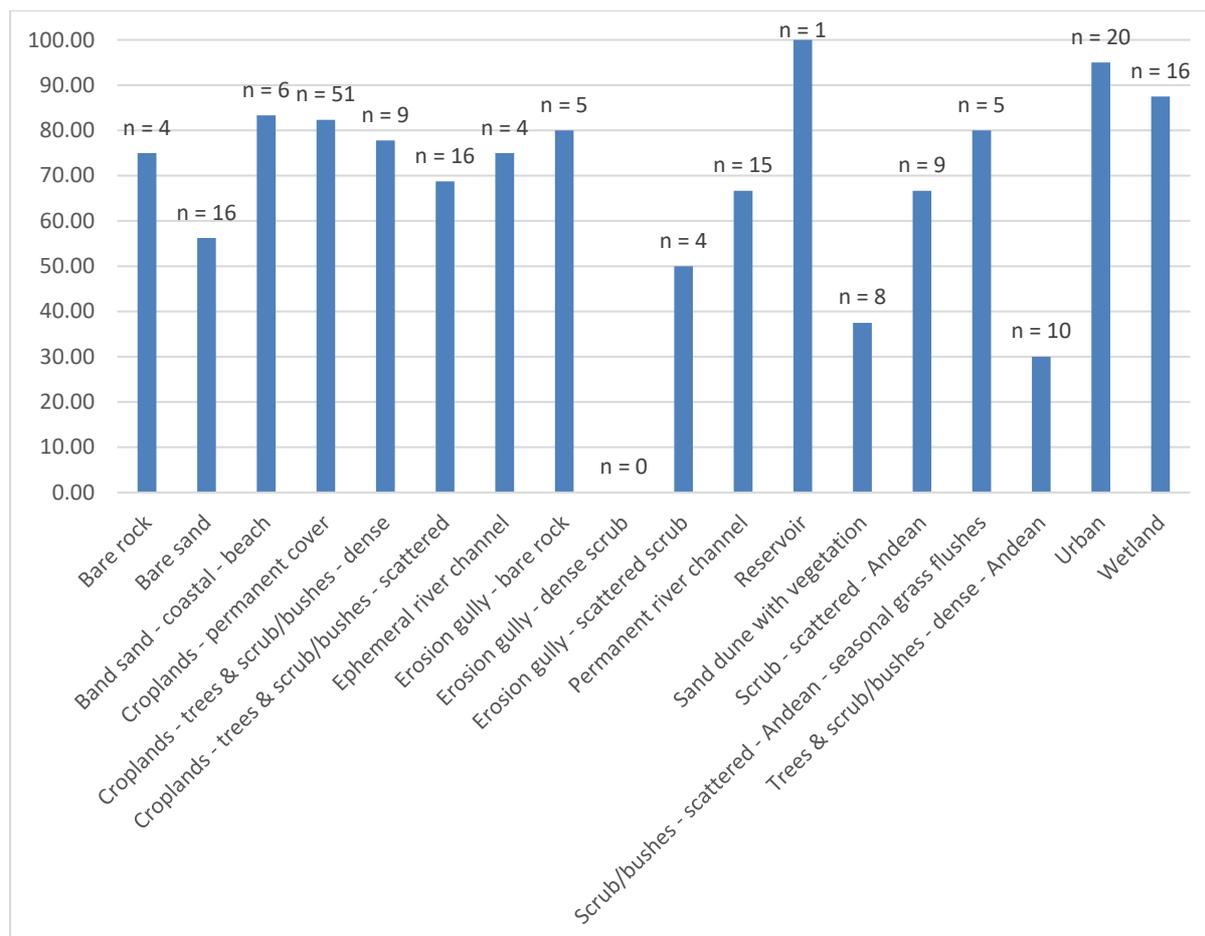


Figura 6: Representación gráfica de la precisión del usuario a partir de la matriz de error, donde "n" es el número de puntos de validación de campo disponibles por clase.

Para interpretar estos resultados, se requiere una evaluación de la matriz de error. Cabe señalar que estas estimaciones de precisión tienen una certeza variable asociada a ellas debido a las distintas cantidades de muestras de datos de campo. Por ejemplo, debido a que no se recogieron puntos de validación para la clase "barrancos erosionados – matorrales densos", se desconoce la precisión estimada, pero también impacta la precisión general, la cual es reducida como resultado. Existen muchas otras clases que solo cuentan con uno a cuatro puntos (por ejemplo; 'canal de río efímero', 'reservorio', 'roca desnuda') las cuales requieren una interpretación cuidadosa de la precisión del mapa. Esto significa que se requiere un muestreo más representativo de estas clases para comprender cabalmente el éxito del mapa en la representación del paisaje del área.

## 8 Clasificación de los elementos de interés utilizando datos ópticos VHR

El uso de datos ópticos VHR complementó a los elementos identificados en la cartografía general de hábitats y contribuyó en aspectos importantes al paquete de trabajo de medios de vida sostenible. Algunos de los elementos del paisaje fueron difíciles de identificar debido a la baja resolución de la data Sentinel (10-20 m), tales como, la vegetación lineal y los elementos hídricos; varios de los canales artificiales de agua son de 8m de ancho aproximadamente. Los elementos pueden generar una mezcla espectral por lo que no son fáciles de identificar en la data Sentinel al realizar una clasificación de imágenes basada en objetos (Figura 7).

La vegetación lineal y los canales de agua se presentan a menudo en las regiones agrícolas del Valle de Virú. La comprensión de su extensión geográfica es importante para comprender las funciones ecológicas que se brindan y apoyar el mapeo de los servicios ecosistémicos SENCE.

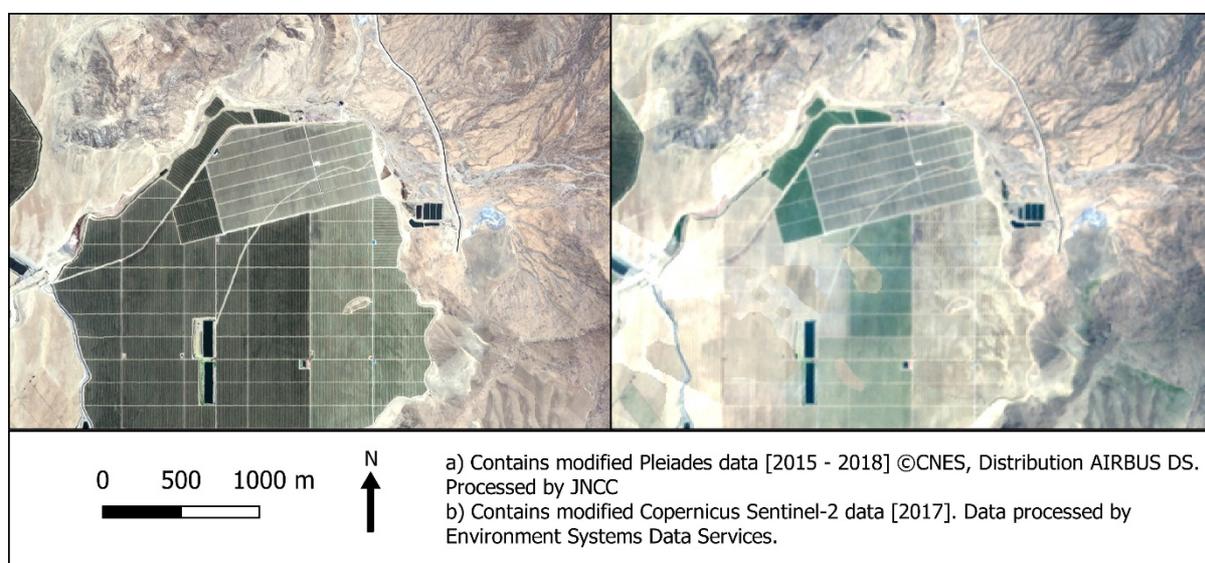


Figura 7: Ejemplo de valor añadido de los (a) datos VHR al ser comparados con (b) los datos Sentinel-2. Los elementos hídricos son claramente perceptibles en los datos VHR. Aunque son visibles en los datos del Sentinel-2, no se ven muy bien definidos.

Se aplicaron los métodos elegidos para delinear los elementos de interés usando el paquete de herramientas Orfeo Toolbox (CNES 2018). Esto se justificó debido a la naturaleza abierta del paquete de herramientas que permite volverlos a usar repetidamente sin incurrir en costos de licencia significativos.

Para más detalles sobre los conjuntos de datos, los resultados y el método, incluso la preparación de los datos vea el Anexo 2 de este reporte.

## 8.1 Resultados de la Cartografía

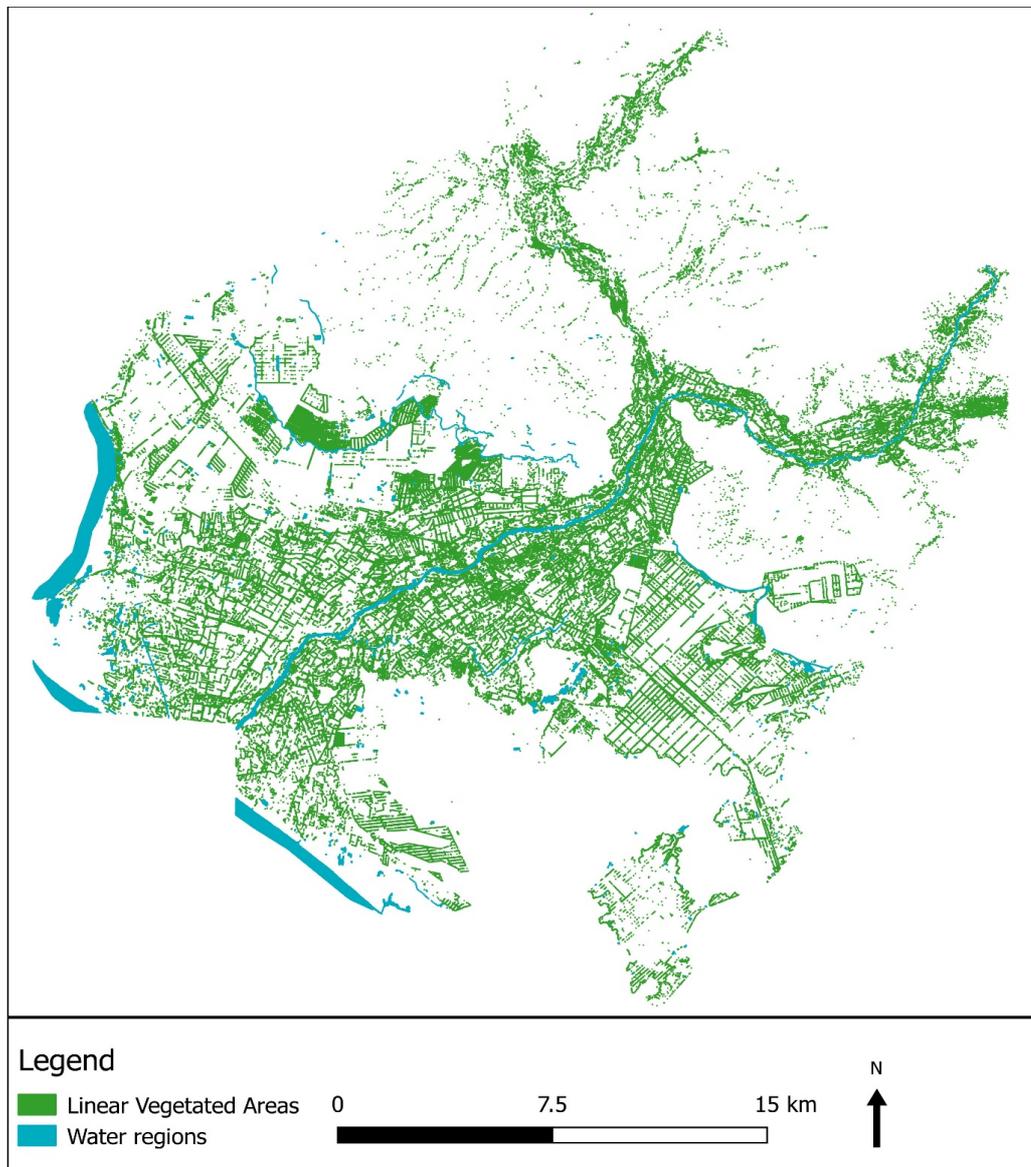


Figura 8: Muestra una representación del resultado de los elementos extraídos.

## 8.2 Precisión

Con el fin de analizar la precisión de los resultados, se usó una comparación visual con Open Street Map derivado de las zonas de agua y de las imágenes de Google Earth debido a la falta de datos de campo disponibles y adecuados. Hay un muy buen nivel de concordancia general entre los elementos de agua presentes y ambas imágenes de referencia. Debido a la naturaleza de los elementos de vegetación lineal, la concordancia general de estos elementos es difícil de interpretar, sin embargo, muchos de los elementos asociados con los límites de campo están presentes.

# Anexo 1: Implementación del Método de Mapa Vivo (LMM) en el Valle de Virú

## 1. Conjunto de datos

A continuación, se enumera un resumen de cada conjunto de datos usado para la clasificación de hábitat. Todos los datos han sido georreferenciados a WGS 84 / UTM zona 17S (EPSG:32717) y fueron remuestreados a 10 m a menos que se especifique lo contrario.

### 1.1 Sentinel-1

Sentinel-1 es una misión radar en órbita polar, tanto diurna como nocturna, con servicios terrestres y marinos, que sirve para todo tipo de clima. La misión forma parte del Programa Copernicus de la Unión Europea (UE) y es operada por la Agencia Espacial Europea (ESA). La misión consiste en una constelación de dos satélites que proporciona tiempos de revisitación de cada punto de la tierra cada seis días. El radar transmite y recibe en banda C (5.405 GHz) a una resolución de 5 x 20 metros en modo interferométrico de banda ancha. Este es el modo que se utiliza sobre las masas terrestres en Europa, incluso Inglaterra. Los datos se procesan y almacenan como productos de Nivel 1 Single Look Complex (SLC) y Nivel 1 Ground Range Detected (GRD) por parte del segmento de tierra de ESA. El producto SLC contiene la intensidad de los retornos y la información de la fase, mientras que el producto GRD no contiene la información de la fase, debido al procesamiento mejorado que recibe. Estos datos de GRD son de aspecto múltiple y se proyectan al rango del terreno utilizando el modelo elipsoide terrestre. Estos productos contienen información polarizada VV y VH, así como una banda de la ratio de las dos polarizaciones.

Como se menciona en el informe, los datos de Sentinel-1 se transmitieron a JNCC como un producto de retrodispersión creado a partir de datos Ground Range Detected (GRD) de amplia Banda Interferométrica (IW, siglas en inglés) por Environment Systems Ltd.

### 1.2 Sentinel-2

Sentinel-2 es una misión de imágenes de alta resolución multiespectral, de órbita polar para el monitoreo de la Tierra. La misión también forma parte del Programa Copernicus de la UE y es operada por la ESA. La misión consiste en una constelación de dos satélites que da una vuelta a la órbita cada 10 días con un satélite en el ecuador y cada 5 días con dos satélites en condiciones sin nubes, lo que da como resultado 2-3 días en las latitudes medias. La carga útil del instrumento óptico muestra 13 bandas espectrales: cuatro bandas a 10 metros, seis bandas a 20 metros y tres bandas a 60 metros de resolución espacial. El ancho de la franja orbital es de 290 kilómetros.

Como se menciona en el informe, los datos del Sentinel-2 se enviaron a JNCC como un producto sin interferencia atmosférica con una máscara de nube. Las bandas de 10 m y 20 m se agruparon como imágenes separadas. Asimismo, como parte de los servicios realizados por los Servicios de Datos de Environment Systems, también se proporcionaron los índices

de vegetación (Índice de Vegetación Mejorado (EVI), Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)).

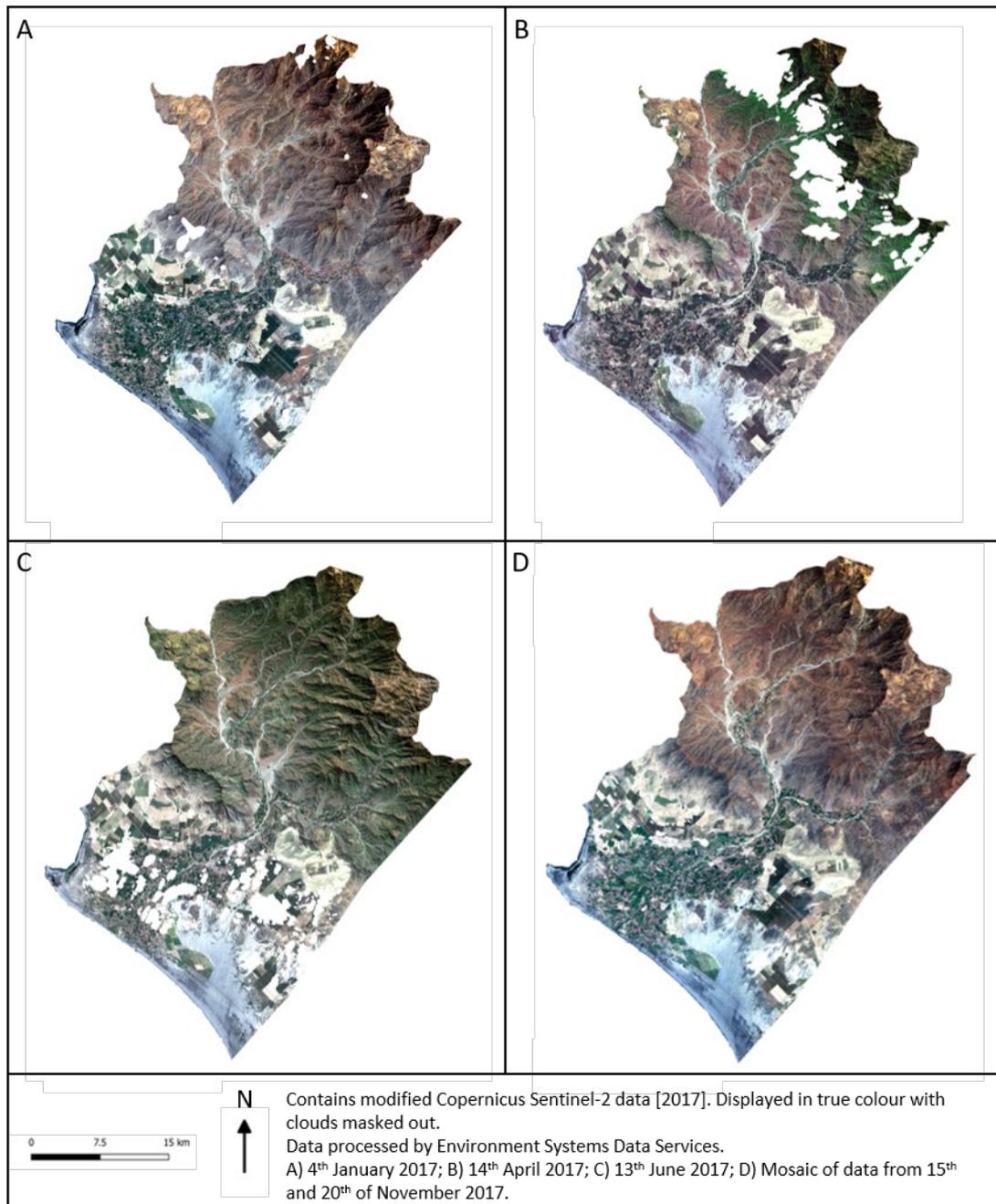


Figura 1.1: Imágenes Sentinel-2 que han sido recortadas según el Área de Interés del Valle de Virú.

El procesamiento adicional incluye el remuestreo de las bandas de 20 m a 10 m y el agrupamiento de todas las bandas para crear una imagen por fecha. La caja de herramientas SNAP de la ESA (<http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>) se utiliza para crear capas de Descomposición Espectral Lineal (Linear Spectral Unmixing, LSU) para la vegetación

productiva, la vegetación no productiva, la sombra y las superficies de agua, para cada una de las cuatro imágenes de Sentinel-2. Al identificar los píxeles puros de los criterios deseados, cada píxel se atribuye con afinidad a los píxeles de entrenamiento. Para más información sobre el proceso LSU, vea en informe sobre el Método de Mapa Vivo (Kilcoyne *et al.*, 2017).

### **1.3 Modelo Digital de Elevación (DEM)**

Se usó un DEM proporcionado por la Misión Shuttle Radar Topography (SRTM) de la NASA en 2000 para el primer borrador del mapa de hábitats (antes de que el producto WorldDEM sea comprado). Los datos SRTM son de acceso abierto y están disponibles a una resolución de 1 arco-segundo, o alrededor de 30 m. Los datos se descargaron del sitio web del Centro Earth Resources Observation and Science (EROS) (<https://www.usgs.gov/centers/eros>). También se crearon capas de pendiente y aspecto, y todas las capas fueron remuestreadas a una resolución espacial de 10 m.

Para el borrador final del mapa, se usó el producto WorldDEM que se compró, en lugar de los datos SRTM. Sin embargo, el WorldDEM no cubre toda el área de interés, por ello se usó el producto SRTM para completar las faltas.

### **1.4 Bioclim**

Se descargó la temperatura máxima, la temperatura mínima y la precipitación anual como capas raster disponibles gratuitamente a ~1km de resolución espacial (30 arco-segundos) de WorldClim (<http://worldclim.org/bioclim>).

### **1.5 Máscara de cultivo**

Environment Systems Ltd. envió una versión de la máscara de cultivo creada en el Paquete de Trabajo 5 como shapefile. El shapefile incluyó los límites de todas las áreas de cultivo en el Valle de Virú que se crearon usando una serie temporal de los datos Sentinel-1. Para más información vea la documentación del Paquete de Trabajo 5.

### **1.6 Datos de OpenStreetMap**

OpenStreetMap® son datos gratuitos que cuenta con la Licencia Abierta de Bases de Datos (ODbL) Open Data Commons por la fundación OpenStreetMap (OSMF). Los datos se descargaron a través de un plugin de QGIS ([https://wiki.openstreetmap.org/wiki/QGIS\\_OSM\\_Plugin](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/QGIS_OSM_Plugin)) que también incluía capas de edificios y carreteras.

## **2. Datos de entrenamiento**

No existían datos de campo disponibles para usar en este proyecto en el mapeo de hábitats. Por ello, se crearon datos de entrenamiento a través de la interpretación del paisaje usando

Google Earth ([https://www.google.co.uk/intl/en\\_uk/earth/](https://www.google.co.uk/intl/en_uk/earth/)). También, se utilizó la interpretación visual de las imágenes del Sentinel-2 y productos derivados, tal como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en la generación de datos de entrenamiento. La figura 1.2 muestra las etapas para la creación de datos de entrenamiento.

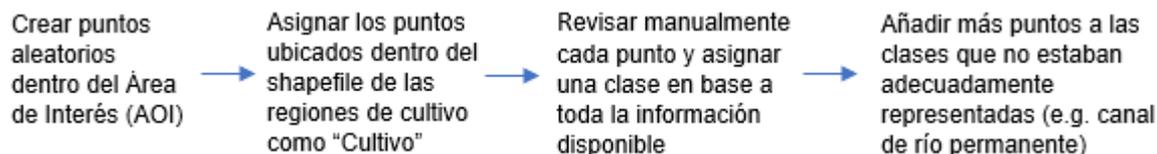


Figura 1.2: Método para identificar las clases de hábitat para ser usadas en una clasificación.

### 3. Clases

Las clases fueron definidas con relación a los hábitats de interés para el mapeo de servicios ecosistémicos SENCE.

Cuadro 3.1: Nombres de clases y descripciones.

Nombre de la clase	Descripción de la clase
Roca desnuda	Definida como un área de macizo rocoso que está expuesto. Cubre varios tipos de roca.
Arena desnuda	Incluye áreas de suelo desnudo que son arenosas. No incluye áreas costeras o áreas de depósitos de arena dentro de barrancos erosionados.
Arena desnuda – costa - playa	Arena desnuda cerca de la costa.
Tierras de cultivo – cobertura permanente	Áreas que están permanentemente cubiertas con algún tipo de actividad agrícola. Incluye una variedad de tipos de cultivo incluyendo pastizales usados para el pastoreo.
Tierras de cultivo – árboles & matorrales /arbustos - densos	Áreas que rodean los límites del campo que incluyen árboles y arbustos de matorrales en un formato denso. Incluye setos.
Tierras de cultivo – árboles & matorrales /arbustos - dispersos	Áreas que rodean los límites del campo que incluyen árboles y arbustos de matorrales, pero que están dispersos, i.e. árboles individuales y arbustos que nos están conectados, sino dispersos a lo largo de los límites de campo.
Canal de río efímero	Se refiere al canal de río en el que fluye el agua por periodos normalmente cortos luego del derretimiento de la nieve o las fuertes lluvias.
Barranco erosionado – roca desnuda	Una formación terrestre creada por el agua en curso que erosiona el paisaje y no incluye vegetación.
Barranco erosionado – matorral denso	Una formación terrestre creada por el agua en curso que erosiona el paisaje, normalmente en una ladera empinada e incluye áreas de matorral denso a lo largo de los barrancos.

Barranco erosionado – matorral disperso	Una formación terrestre creada por el agua en curso que erosiona el paisaje e incluye matorral disperso, gras o arbustos.
Canal de río permanente	Canal que incluye un permanente flujo de agua.
Reservorio	Áreas de lagos artificiales creados como una fuente de suministro de agua.
Duna de arena con vegetación	Una cresta de arena creada por el viento, normalmente detrás de las áreas costeras e incluye algunas áreas de vegetación dispersa.
Matorrales/arbustos – densos - Andino	Se refiere a áreas de estepa andina que están cubiertas en densos arbustos de matorral.
Matorrales/arbustos – dispersos - Andino	Se refiere a áreas de estepa andina que están cubiertas en arbustos de matorral disperso.
Matorrales/arbustos – dispersos - Andino – brotes de pastos estacionales	Se refiere a áreas de estepa andina que están cubiertas en arbustos de matorral disperso e incluye áreas de brotes de pasto estacionales.
Urbano	Esta clase incluye cualquier estructura construida, como casas, construcciones de fundos, carreteras y cualquier otra estructura construida, asfalto, hormigón o grava.
Humedal	Tierras compuestas por pantanos, ciénagas o cualquier otra forma de suelo saturado. Incluye marismas saladas.

#### 4. Método

En el diagrama de flujo se presenta un resumen de los pasos que se siguieron. Vea la Figura 1.4.

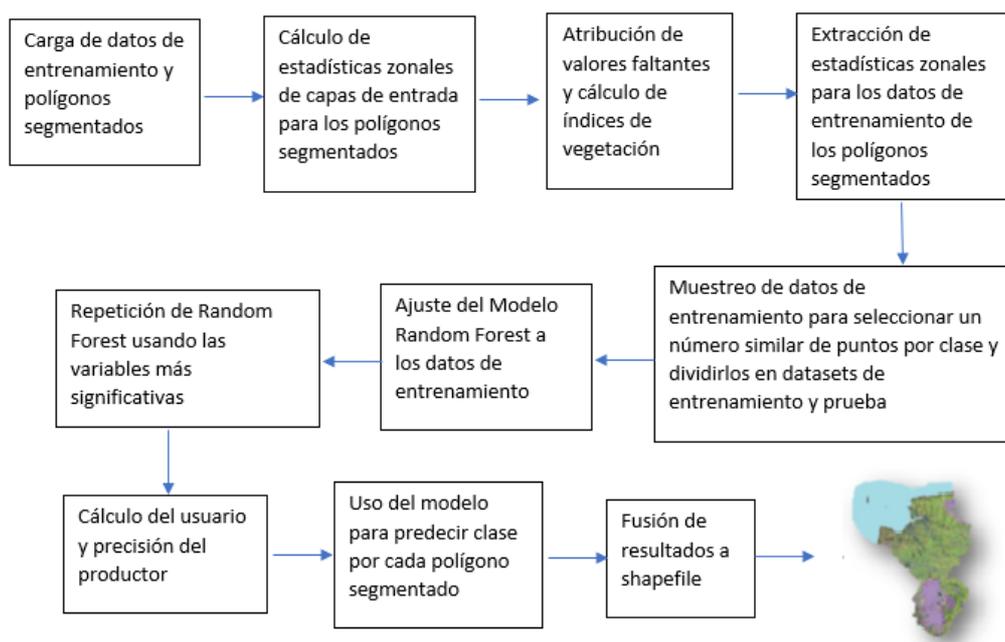


Figura 1.4: Diagrama de flujo del proceso de clasificación (Kilcoyne *et al.*, 2017).

El método sigue los pasos del Método de Mapas Vivos. Se puede observar mayor detalle sobre los pasos en el informe técnico (Kilcoyne *et al.*, 2017). La única diferencia con el método descrito en este informe es el proceso de segmentación y el número de variables significativas identificadas para mejorar el ajuste del modelo de Random Forest, que se describe a continuación.

## 4.1 Segmentación

La segmentación se aplicó en Trimble eCognition versión 9.2.1. El procesamiento de la segmentación utilizó las imágenes del Sentinel-2 desde el 13 de junio de 2017. El algoritmo de segmentación usado fue una combinación de una segmentación multiespectral y un algoritmo de diferencias espectrales. El algoritmo de segmentación multiespectral se utilizó primero para generar objetos, mientras que el algoritmo de diferencia espectral se utilizó para eliminar pequeños objetos combinando objetos espectralmente similares en uno solo. Los parámetros que se utilizaron se describen en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1: Parámetros utilizados para la generación de objetos.

Segmentación multiresolución	Parámetros
Pesos de banda de imagen	Azul = 1; Verde = 1; Rojo = 5; NIR = 5
Parámetro de escala	120
Forma	0.1
Compactación	0.8

## 4.2 Repetición de Random Forest empleando las variables más significativas

El script del Valle de Virú utiliza las 100 variables más importantes para hacer la repetición del Modelo Random Forest. El número de variables varía por proyecto y el número final es determinado por la nivelación de la precisión global, es decir, la inclusión de más variables no tendrá un efecto significativo en la presión del mapa final. Por ejemplo, solo se usaron 40 variables significativas en el ejemplo proporcionado por el informe de LMM. La lista final de variables se encuentra en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2: Lista final de variables utilizada en el mapeo y sus valores de importancia determinados por el algoritmo Random Forest.

Nombre de la Variable	Valor de importancia
Altura	14.508365
Pendiente	14.4282998
Índice Topográfico de Humedad	13.4462596
Precipitación anual	11.24304918
Desmezcla Lineal del Espectro – Junio - Vegetación fotosintética	11.11098651
Sentinel-2 – Enero – NDVI	10.3573368
Sentinel-2 – Junio – NDVI	9.505599504
Sentinel-2 – Enero – NDWI (verde)	9.407039183
Sentinel-2 – Junio – NDWI (SWIR)	9.013546553

Sentinel-2 – Enero – NDWI (SWIR)	8.633625807
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Junio – Banda Verde – Banda SWIR1	7.722319946
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Azul – Mediana	7.54919104
Sentinel-2 – Noviembre – NDWI (Verde)	7.544144683
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Azul – Media	7.458022925
Sentinel-2 – Enero – Banda Red Edge [8a]– Media	7.252278879
Desmezcla Lineal del Espectro – Noviembre - Vegetación fotosintética	6.923945885
Temperatura Mínima Anual	6.808263892
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Noviembre – Banda Verde – Banda SWIR	6.802561197
Sentinel-2 – Enero – Banda Azul – Desviación Estándar	6.794954515
Sentinel-2 – Enero – Banda Red Edge [8a]– Mediana	6.650129808
Sentinel-2 – Enero – Banda Roja – Desviación Estándar	6.638592631
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Enero – Green Band – Banda SWIR1	6.59597065
Sentinel-1 – Enero – Retrodispersión – VV – Media	6.460818662
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Noviembre – Banda Azul – Banda Roja	6.383894411
Sentinel-2 – Enero – Banda Verde – Desviación Estándar	6.379678813
Sentinel-2 – Junio – NDWI (Verde)	6.342999089
Sentinel-2 – Noviembre – NDWI (SWIR)	6.259285302
Sentinel-2 – Noviembre – NDVI	6.161794386
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Verde – Mediana	5.955621831
Sentinel-2 – Noviembre Banda Roja – Desviación Estándar	5.839130322
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Junio Banda Red Edge [6]– Banda Red Edge [7]	5.562267471
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Noviembre – Banda Roja – Banda Red Edge [5]	5.550925833
Sentinel-2 – Junio – Banda Azul – Media	5.542571443
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Verde – Media	5.535249546
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Enero – Banda Red Edge [6]– Banda Red Edge [7]	5.516922826
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Azul – Desviación Estándar	5.472885541
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Red Edge [8a]– Media	5.470600147
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Noviembre – Banda Roja – Banda Red Edge [5]	5.419546232
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Enero – Banda Red Edge [6]– Banda Red Edge [7]	5.415443497
Sentinel-2 – Enero – Banda NIR– Media	5.385597116
Sentinel-2 – Enero – Banda Red Edge [7]– Mediana	5.3691745
Sentinel-1 – Noviembre – Retrodispersión – VH – Mediana	5.353599415
Sentinel-2 – Enero – Banda Azul – Mediana	5.33917009
Sentinel-1 – Enero – Retrodispersión – VH – Media	5.32792712
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Noviembre – Banda Roja – Banda SWIR2	5.265643388
Sentinel-2 – Noviembre – Banda NIR– Media	5.2586895
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Red– Mediana	5.236769019
Sentinel-1 – Junio – Retrodispersión – VV – Mediana	5.233798684
Sentinel-1 – Noviembre – Retrodispersión – VV – Mediana	5.186841387
Sentinel-1 – Enero – Retrodispersión – VV – Mediana	5.109189285
Sentinel-1 – Junio – Retrodispersión – VH – Mediana	5.107040478
Sentinel-2 – Junio – Banda Verde – Media	5.090522144

Desmezcla Lineal del Espectro – Noviembre - Vegetación no fotosintética	5.026433662
Sentinel-2 – Junio – Banda Azul– Mediana	5.000160511
Desmezcla Lineal del Espectro – Noviembre – Agua/Sombra	4.974094374
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Junio – Banda Red Edge [6]– Banda Red Edge [7]	4.97333849
Sentinel-1 – Enero – Retrodispersión – VH – Mediana	4.962866071
Sentinel-2 – Noviembre – NIR – Desviación Estándar	4.950790771
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Red Edge [7]– Media	4.946051003
Sentinel-2 – Enero – Banda Red Edge [7]– Media	4.931888672
Sentinel-2 – Enero – Banda NIR– Mediana	4.92616703
Sentinel-2 – Noviembre – Banda NIR– Mediana	4.912698035
Sentinel-2 – Enero – Banda Red Edge [6]– Mediana	4.903687983
Sentinel-2 – Noviembre – Red Edge [7] – Mediana	4.891308649
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Enero – Banda Roja – Banda Red Edge [5]	4.890170944
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Enero – Banda Roja – Banda Azul – Desviación Estándar	4.882346073
Sentinel-2 – Enero – Banda Azul – Media	4.845987779
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Red Edge [8a]– Mediana	4.784024082
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Enero – Banda Azul – Banda Roja	4.78039349
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Noviembre – Banda Azul – Banda Verde	4.774076138
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Red Edge [6]– Media	4.743808029
Sentinel-2 – Noviembre –Banda Roja – Media	4.731707427
Sentinel-1 – Enero – Retrodispersión – VH – Desviación Estándar	4.710746445
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Noviembre – Banda Roja – Banda SWIR2	4.654216336
Sentinel-2 – Junio – Banda Verde – Mediana	4.604973846
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Enero – Banda NIR– Sentinel-2 Junio – Banda Red Edge [7] – Desviación Estándar	4.593414692
Sentinel-1 – Junio – Retrodispersión – VV – Media	4.567169203
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Red Edge [5]– Mediana	4.5493638
Sentinel-2 – Enero – Banda Red Edge [6]– Media	4.544814896
Sentinel-2 – Noviembre – Banda SWIR2– Media	4.537863319
Sentinel-1 – Noviembre – Retrodispersión – VV – Media	4.40890232
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Verde – Desviación Estándar	4.404754025
Sentinel-2 – Enero – Banda Verde – Mediana	4.337397356
Sentinel-2 – Noviembre – Banda SWIR2 – Mediana	4.309974897
Sentinel-1 – Enero – Retrodispersión – VV – Desviación Estándar	4.278797877
Sentinel-2 – Banda Azul Junio– Desviación Estándar	4.240859833
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Enero – Banda Roja – Banda Red Edge [5]	4.229966299
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Enero – Banda Roja – Banda SWIR2	4.223776046
Sentinel-2 – Junio – Banda NIR– Desviación Estándar	4.160549921
Sentinel-2 – Noviembre – Banda SWIR1– Desviación Estándar	4.150151163
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Junio – Banda Red– Banda Red Edge [5]	4.138624888
Sentinel-1 – Noviembre – Retrodispersión – VH – Desviación Estándar	4.074244562
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Enero – Banda Red Edge [6]– Banda Red Edge [7]	4.068290203
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Noviembre – Banda Red – Banda SWIR1	4.02805603

Sentinel-2 – Enero – Banda Red Edge [5]– Desviación Estándar	4.005571548
Sentinel-2 – Noviembre – Banda Red Edge [5]– Desviación Estándar	3.980220586
Sentinel-2 – Noviembre – Band Red Edge [6]– Mediana	3.928022443
Sentinel-1 – Noviembre – Backscatter – VH – Media	3.868710355
Sentinel-2 – Junio – Banda Verde – Desviación Estándar	3.628683295
Índice Diferencial – Sentinel-2 – Enero – Banda Roja – Banda SWIR1	3.5056466

## Anexo 2: Extracción de los elementos usando datos ópticos VHR

### 1. Conjunto de Datos

A continuación, se menciona un resumen de cada uno de los conjuntos de datos utilizados como entrada para la extracción de características/elementos. Todos los datos se georreferenciaron a WGS 84 / UTM zona 17S (EPSG:32717).

#### 1.1 Pleiades

Pleiades es un sistema de observación óptico que consiste en dos satélites idénticos que brindan productos multiespectrales (Rojo, Verde, Azul y NIR) de 2 m. También, se encuentra disponible una banda pansharpening que brinda productos de color de 50 cm.

Como se menciona en el informe, los datos Pleiades se compraron para el proyecto y fueron preprocesados por JNCC. Las distorsiones topográficas se registraron con la herramienta de Ortorectificación Orfeo ToolBox 6.6.1 ([https://www.orfeo-toolbox.org/CookBook/Applications/app\\_OrthoRectification.html](https://www.orfeo-toolbox.org/CookBook/Applications/app_OrthoRectification.html)). La aplicación utiliza un modelo de sensor inverso con una función de interpolación definida por el usuario para remuestrear los datos del sensor a una red geométrica, en este caso, WorldDEM™. El método se implementó a través de la línea de comando usando el método de interpolación bicúbica con el modelado RPC habilitado.

### 2. Método para delinear los elementos de los hábitats

A fin de mejorar la delineación de los elementos, se derivaron varios índices y productos usando las imágenes multiespectrales Pleiades:

- NDWI2: Índice de agua de diferencia normalizada 2 (McFeeters, 1996) (Green, NIR)
- SAVI: Índice de vegetación ajustado al suelo (Red, NIR)
- Energía (del NDWI2)
- Correlación de Haralick (del NDWI2)
- Haralick: “Suma de cuadrados: Variación” (del NDWI2)
- Correlación de Haralick (del SAVI)
- Haralick: “Suma de cuadrados: Variación” (del SAVI)

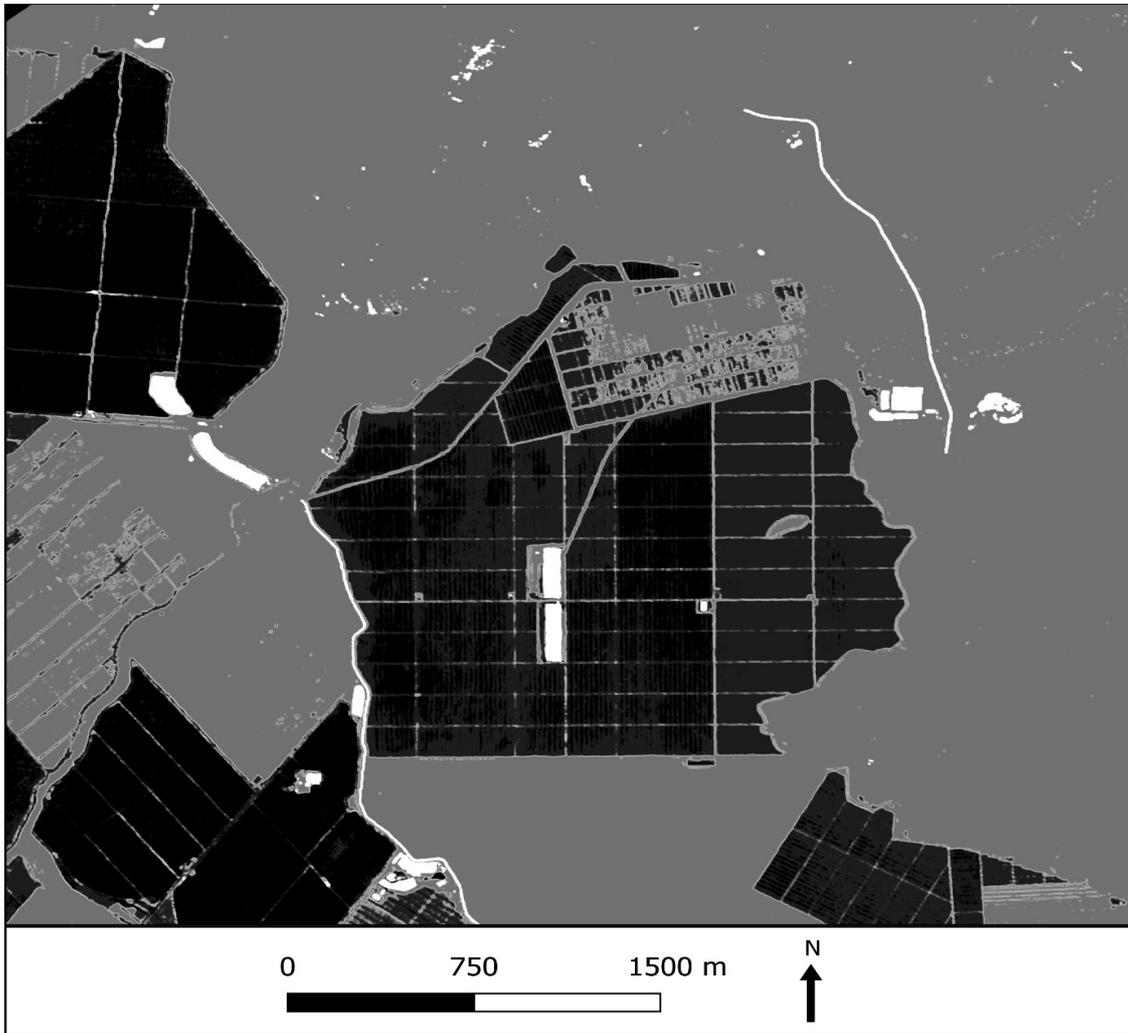


Figura 2.1: Región de ejemplo del producto de la Correlación de Haralick que muestra los elementos de las texturas identificadas. El suelo desnudo/sedimento clástico se muestra en gris y las regiones hídricas están definidas en blanco.

Se eligió NDWI2 debido a la falta de bandas infrarrojo medio (MIR) en las imágenes Pleiades, mientras que se utilizó SAVI para representar el clima y la geomorfología del Valle de Virú. Cuando se compara con el NDVI, los elementos delineados de SAVI delinean los elementos en mayor medida. Las funciones de Haralick arriba mencionadas se generan a partir de la herramienta Feature Extraction (extracción de características) a la cual se accede a través de la línea de comando en el Orfeo ToolBox 6.6.1 (<https://www.orfeo-toolbox.org/CookBook/recipes/featextract.html>). Podemos ver un ejemplo de estos resultados en la Figura 2.1. Aquí se representan texturas en el canal de la imagen (en este caso NDWI2 y SAVI) y son generados usando una Matriz de Co-ocurrencia del Nivel de Gris (GLCM)

Una vez que las imágenes Pleiades se prepararon, se creó un GeoTIFF de la banda 8 usando las 4 bandas originales y los datos derivados del NDWI2. Esto fue segmentado usando el algoritmo de Mean-Shift en Orfeo ToolBox 6.6.1 ([https://www.orfeo-toolbox.org/CookBook/Applications/app\\_Segmentation.html](https://www.orfeo-toolbox.org/CookBook/Applications/app_Segmentation.html)). Este algoritmo combina las diferencias espectrales y espaciales con los elementos de textura derivados que se han

considerado. También, se implementó un radio espacial de 30 m. La segmentación resultante definió claramente las áreas de agua. Se hicieron estadísticas sobre la segmentación extrayendo los valores medios de cada banda. Se realizó un umbral y los resultados se definieron como regiones de agua.

Se aplicó un proceso similar para definir las áreas de vegetación lineal, sin embargo, se produjeron problemas con el proceso de segmentación y umbral debido a que las zonas de interés con vegetación lineal no eran espectralmente diferentes de las otras zonas con vegetación. Esto fue un aspecto desafiante en la clasificación de elementos debido a la naturaleza del paisaje y la distribución de los elementos de vegetación lineal. Con el fin de intentar resolver esto, se realizó un umbral en los dos resultados Haralick. Las regiones resultantes se agruparon en base a los resultados Haralick y el tamaño de la región. Los resultados están incluidos en el producto final.

## **Anexo 3: Trabajo adicional después de la realización del mapa**

Luego de la producción del primer mapa de hábitats se hizo evidente que se necesitaban algunas revisiones menores en un pequeño número de clases. Se identificaron dos clases adicionales para mejorar los resultados del mapeo de los servicios ecosistémicos. A continuación, se describen las revisiones posteriores.

### 1. Cinturón de árboles de Acacia – nueva clase

Los cinturones de árboles de Acacia se definieron como elementos vegetales lineales que bordean las carreteras. Estos se identificaron visualmente desde los datos de Muy Alta Resolución de Pleiades con la ayuda de una capa de carretera de Open Street Maps. En donde se ha ubicado cinturones de árboles en uno o en ambos lados de la carretera se ha modificado manualmente a la nueva clase de hábitat *cinturón de árboles de Acacia*. Esta clase se registra en el campo *Class\_Befo* de la tabla de atributos. Al parecer, existen más carreteras en el área de interés que las que muestra la capa de Open Street Maps. Sólo se evaluaron las carreteras que podían identificarse con certeza para añadir los cinturones de árboles de Acacia.

### 2. Fajas protectoras – nueva clase

Las fajas protectoras se definen como elementos vegetales lineales que se encuentran dentro de o bordeando los campos. Estas se identificaron visualmente desde los datos de Pleiades con la ayuda de los elementos lineales escogidos en la Versión 1 (V1) del Mapa de Hábitats. En los casos en que el Mapa del Hábitat V1 no distinguía un elemento lineal, incluso cuando éste podía verse utilizando los datos visuales no se hizo ninguna edición. Por ejemplo, un campo de ‘cultivos permanentes’ que parecía dividido por una línea de árboles en los datos de Muy Alta Resolución, pero que estaba clasificado como ‘cultivos permanentes’ para todo el campo. En donde el Mapa del Hábitat V1 distinguía un elemento lineal y lo clasificaba por

separado del hábitat de fondo (por ejemplo, una línea de 'tierras de cultivo – árboles y arbustos – denso' dentro de 'cultivos permanentes') la línea se cambiaba a 'fajas protectoras'.

Las fajas protectoras fueron identificadas fácilmente dentro de grandes áreas de cultivo comercial, sin embargo, cerca del Valle de Virú la heterogeneidad de la matriz de uso de la tierra hizo más difícil identificar las fajas protectoras de los matorrales. Esto incluye a la mayoría de las áreas manejadas por los pequeños productores. Existen demasiados elementos que podrían clasificarse potencialmente como fajas protectoras dentro del área de interés para identificarlas manualmente dentro del tiempo disponible. Esta nueva clase se añadió más tarde para facilitar la cartografía de los servicios del ecosistema. Se dio prioridad a los que se identificaban visualmente con mayor facilidad y con mayor alcance de cobertura sobre los que eran más difíciles de identificar. Un mayor esfuerzo aplicado a la distinción de esta clase conduciría probablemente a una mayor extensión y exactitud de esta.

Esta nueva clase se registra en el campo `Class_Befo` de la tabla de atributos. En los casos en que había alguna incertidumbre acerca de si el elemento era o no una faja de protección, se mantuvo la clase de hábitat original del Mapa de Hábitats V1.

### 3. Humedales

Hubo cierta confusión entre los humedales, descritos como tierras que se forman naturalmente y que consisten en pantanos, ciénagas o cualquier otra forma de tierra saturada y embalses. También había algunos artefactos de orilla que rodeaban el límite del área de interés en donde había objetos que se clasificaron incorrectamente como humedal. Ya que esta clase se considera prioritaria para el mapeo de servicios ecosistémicos, estos objetos fueron modificados manualmente para eliminar los valores atípicos. Se identificaron los cambios de clase utilizando los datos Pleiades de Muy Alta Resolución y las imágenes de Google Earth.

### 4. Arena Desnuda – costa – playa

Algunas áreas del interior fueron identificadas como *playa* cuando deberían haber sido clasificadas como "arena desnuda". Estas fueron modificados manualmente basados en la interpretación de datos Pleiades de Muy Alta Resolución (VHR) y las imágenes de Google Earth.

### 5. Tierras de cultivo – árboles & matorrales/arbustos – denso

Esta clase hace referencia a las áreas que bordean los límites de campo que incluyen árboles y arbustos de matorrales en forma densa. Estas áreas fueron sobre clasificadas, particularmente en áreas con campos de cultivo más pequeños, donde el tipo de cultivo tiene características similares a los árboles y matorrales. Como esta clase también se identifica como importante para el mapeo de los servicios de los ecosistemas, los mayores valores atípicos se identificaron y se cambiaron manualmente en base a la interpretación visual de datos Pleiades de Muy Alta Resolución y las imágenes de Google Earth.

### Resumen

En total, 0.78% de los objetos fueron modificados manualmente de la primera versión del mapa de hábitat. Ninguno de los datos de campo recogidos para el proyecto se superpuso a ninguno de los polígonos modificados, por lo que la precisión general del mapa no cambia. Sin embargo, la calidad del mapa mejoró con el propósito de realizar el mapeo de servicios ecosistémicos. Todos los cambios se registraron en una columna adicional incluida en los atributos del producto final del mapa del hábitat.

## Referencias

KILCOYNE, A.M., ALEXANDER, R., COX, P. & BROWNETT, J. (2017). Living Maps: Satellite based Habitat Classification. Evidence Project SD1705

McFEETERS, S. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), pp.1425-1432.

WORLD BANK (2017). Gaining Momentum in Peruvian Agriculture: Opportunities to Increase Productivity and Enhance Competitiveness. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/107451498513689693/pdf/P162084-06-26-2017-1498513685623.pdf> [Se accedió el 6 de febrero de 2018]