

UKSA International Partnership Programme (IPP)



EO4cultivar

Proyecto No 417000001416

Estudios de caso sobre los medios de vida sostenibles de EO4cultivar: mapeo de hábitats en la región del Magdalena, Colombia

Control de la versión:

| | |
|--|---------------------|
| Número de la versión: | V1.0 |
| Documento originalmente preparado por: | Gemma Bell |
| Fecha: | 11 de junio de 2019 |
| Última actualización por: | Matt Smith |
| Fecha de actualización: | 18 de junio de 2020 |
| Distribución para: | Externo |



Contenido

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | Introducción | 4 |
| 1.1 | Antecedentes del proyecto | 4 |
| 1.2 | Justificación | 4 |
| 2. | Definición de la región de interés | 5 |
| 3. | Adquisición de imágenes y preprocesamiento | 7 |
| 4. | Segmentación y clasificación basada en normas | 8 |
| 4.1 | Segmentación de la imagen | 9 |
| 4.2 | ¿Qué es la clasificación basada en normas? | 10 |
| 4.3 | El desarrollo de la base de normas | 11 |
| 4.4 | Post-procesamiento | 13 |
| 5. | Visitas de campo para la validación y evaluación de precisión | 16 |
| 6. | Próximos pasos | 16 |
| | Referencias | 17 |
| | Apéndice A – Detalles del conjunto de datos | 18 |
| | Apéndice B – Detalles del conjunto de datos del Sentinel 1 y 2 | 25 |

Mención:

Bell, G., Parker, N., Parker, J.A. y Smith, M.A.E., 2020. Estudios de caso sobre los medios de vida sostenibles de EO4cultivar: mapeo de hábitats en la región del Magdalena, Colombia. Informe del proyecto EO4cultivar. UK Space Agency International Partnership Programme, Proyecto No. 417000001416

Agradecimientos

El equipo de proyecto agradece a Kareen Cuello de ASBAMA, organización socia en Colombia del proyecto EO4cultivar por su aportación y entusiasmo en la organización de los talleres con los grupos de interés y por facilitar el compromiso de las organizaciones locales con el proyecto. Nuestro agradecimiento también va al personal de Fundeban y a Indhira Reyes por su ayuda en la verificación en campo de las áreas de estudio de casos y a las muchas organizaciones que contribuyeron en los talleres con los grupos de interés. EO4cultivar es cofinanciado por UKSA International Partnership Programme (IPP) y los socios del proyecto. IPP utiliza los conocimientos especializados en soluciones, aplicaciones y competencias espaciales para proporcionar un beneficio económico o social sostenible a las naciones emergentes y las economías en desarrollo. IPP es financiado por el fondo Global Challenges Research Fund, un fondo de £1.5 mil millones declarado por el Gobierno del Reino Unido, el cual brinda apoyo a la investigación y la innovación de vanguardia sobre cuestiones mundiales que afectan a los países en desarrollo. GCRF forma parte del comité Asistencia Oficial para el Desarrollo (ODA, por sus siglas en inglés) del Reino Unido.

1 Introducción

1.1 Antecedentes del proyecto

El proyecto EO4cultivar (EO4c) tiene como objetivo fortalecer las cadenas de suministro agrícolas-comerciales que operan entre Colombia, Perú y el Reino Unido. Asimismo, el proyecto está desarrollando una mejor comprensión para aumentar la producción e identificar oportunidades para el crecimiento y la gestión sostenible de la tierra. Esto se está logrando mediante la generación de nuevas formas de evidencia y consultoría para los productores apoyándolos en adaptar sus prácticas agrícolas en respuesta al nuevo conocimiento derivado de la observación terrestre. Se espera que a través de la generación de capacidades y del apoyo al uso de la tecnología y los datos de observación terrestre se incrementen las competencias de nuestros socios en Colombia y Perú.

En concreto, el proyecto, a través de la colaboración, busca obtener los siguientes resultados:

- Contribuir positivamente en los sistemas sostenibles de producción de alimentos y la aplicación de prácticas agrícolas resilientes.
- Aumentar la productividad y gestionar el riesgo en las cadenas de suministro agrícolas.
- Apoyar el crecimiento económico inclusivo y sostenible en los sectores agrícolas objetivo.
- Ayudar a mantener los ecosistemas y asegurar que los pequeños agricultores se beneficien de las actividades del proyecto.

1.2 Justificación

Los mapas de hábitats son una parte importante de cualquier conjunto de herramientas para la toma de decisiones espaciales ya que muestran el tipo de hábitats naturales y seminaturales, así como otros usos de la tierra, su distribución y extensión. Estos son un conjunto de datos esenciales para comprender cómo se maneja la tierra, en dónde se ubican los activos naturales de un área y las funciones que desempeñan. Además, brindan una base para considerar las implicaciones de cierta acumulación de actividades de pequeña escala en un entorno natural y pueden apoyar en la identificación de problemas y soluciones que probablemente no sean visibles al trabajar sólo a escala localizada.

Los mapas de hábitats forman una línea de base para la detección y el seguimiento de los cambios a lo largo del tiempo y también son un componente clave para el modelado espacial de servicios ecosistémicos y el mapeo de riesgos y oportunidades. Debido a la ausencia de datos de hábitats existentes para formar una línea de base para el área de interés del estudio de caso de los medios de vida sostenibles, este proyecto se encargó de crear un mapa de hábitats utilizando imágenes satelitales de fácil acceso y conjuntos de datos de apoyo.

2. Definición de la región de interés

La amplia región del estudio de caso fue identificada en coordinación con partes de interés locales y claves. Esta región se encuentra en la región del Magdalena al norte de Colombia, específicamente en la Zona Bananera. Esta área es de gran importancia económica en la región y cuenta con un gran número de pequeños y grandes productores. Debido a que el propósito del mapeo de hábitats fue producir un conjunto de datos para apoyar los servicios ecosistémicos y el mapeo de riesgos y oportunidades (lo cual requirió un enfoque a escala de cuenca), se definió el área de interés (AOI, por sus siglas en inglés) principal en función a los límites de las cuencas hidrológicas que incluyen la Zona Bananera. Las cuencas fueron definidas usando datos analizados a una resolución de 30 m. Datos de la Misión topográfica Radar Shuttle (SRTM), área de 1799.7 km² (**Imagen 1**).

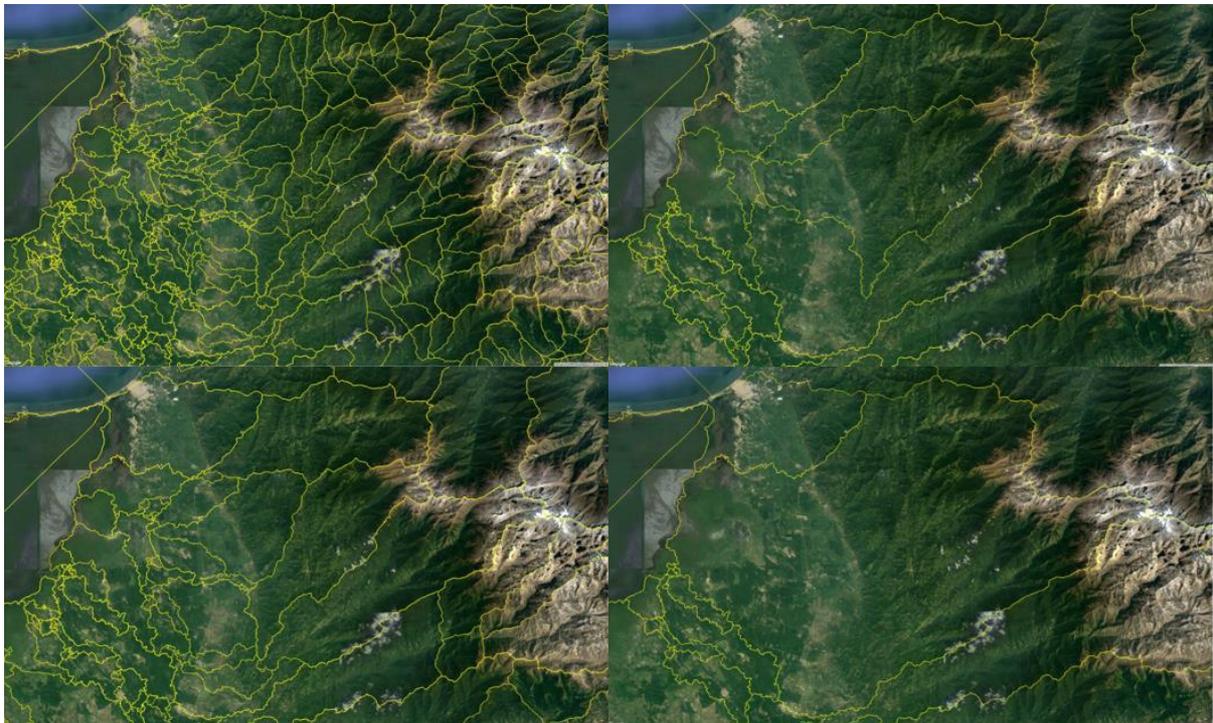


Imagen 1: Derivación por etapas de los límites de las cuencas hidrológicas usando datos de elevación SRTM

El área de interés final para producir el mapa de hábitats (**Imagen 2**) se extiende desde el nivel del mar, en los bordes de la Ciénaga Grande de Santa Marta, hasta una elevación máxima de 5696 m en la cordillera de la Sierra Nevada. Dentro de esta área, existe una variación climática extrema basada en gradientes altitudinales, las cuales influyen en los tipos de hábitat y en el uso del suelo presentes en cada zona climática.

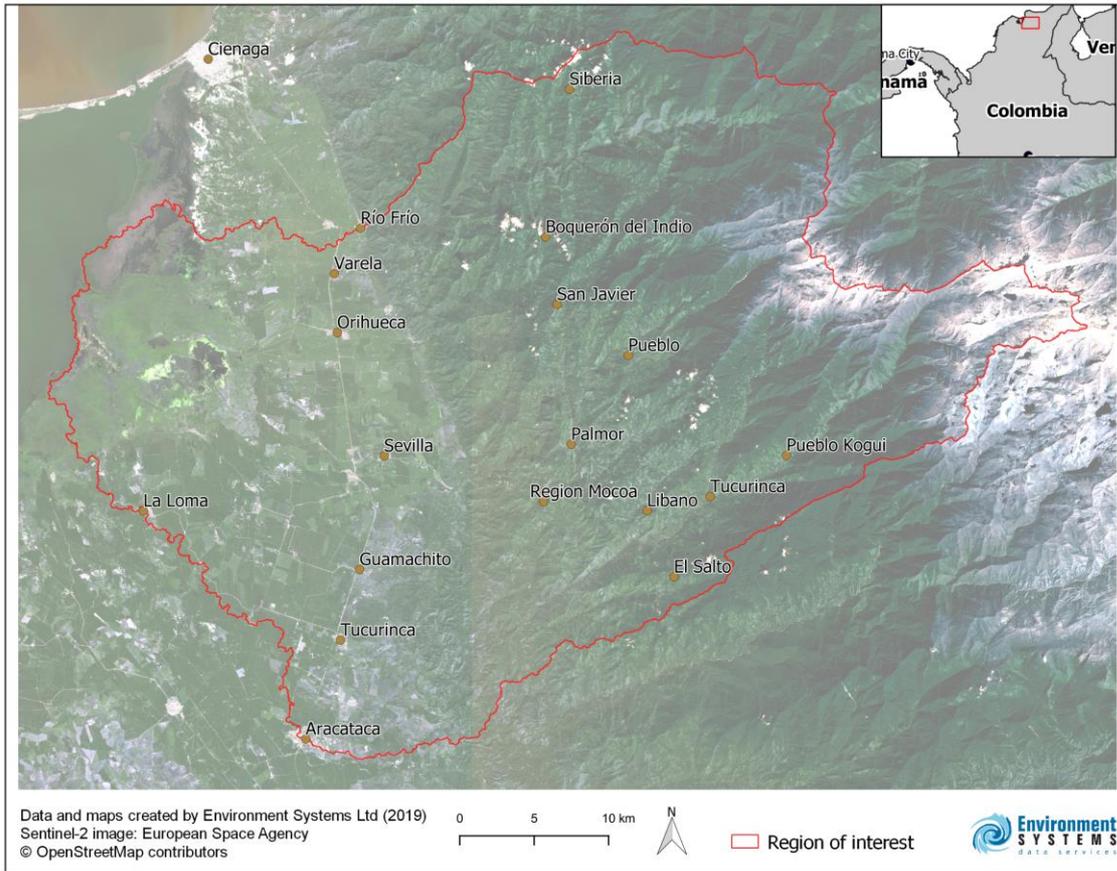


Imagen 2: Área de Interés para el mapeo de hábitats

Stadel (1991) ofrece una visión general de las zonas climáticas comúnmente aplicada a Centroamérica y Sudamérica, además vincula las zonas climáticas con diferentes tipos de formaciones vegetales y actividades humanas. Esto se resume en la **Imagen 3**.

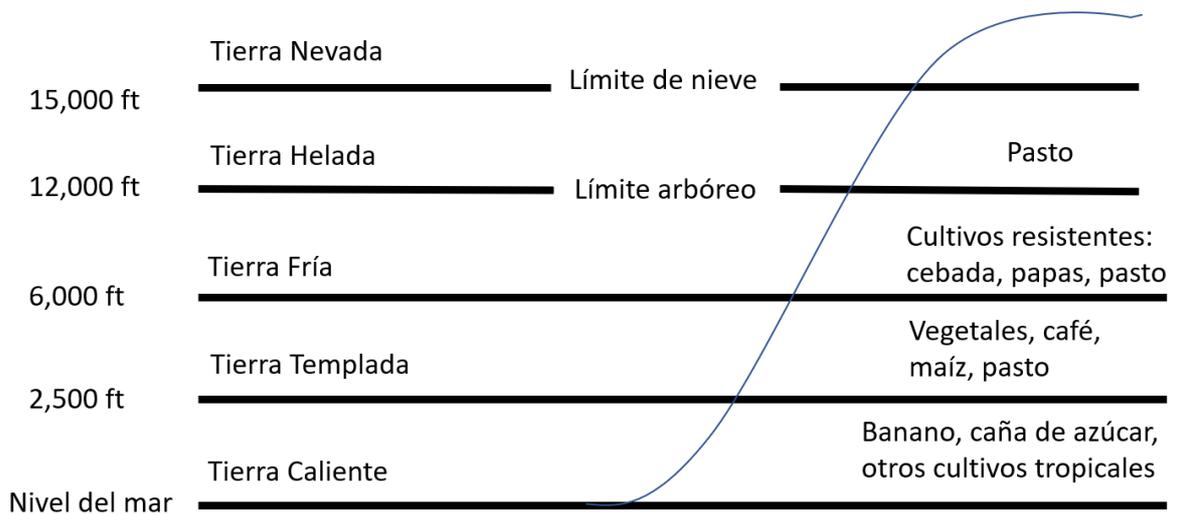


Imagen 3: Zonificación altitudinal en Latinoamérica (Stadel, 1991)

Con el fin de obtener una visión general del área de interés, estas amplias zonas de altitud fueron visualmente comparadas con imágenes satelitales del Sentinel-2 para establecer su relevancia para la clasificación del hábitat y subsecuente análisis de servicios ecosistémicos. Las zonas y sus características de hábitat, según se encuentran en la región del estudio de caso, se describen a continuación:

- **Nevada:** Presente con limitada extensión en las zonas más altas dentro de la región del estudio de caso. Se caracteriza por una cobertura de nieve permanente.
- **Helada:** Más allá del límite de la vegetación arbórea. Hábitat de páramo de muy baja productividad que probablemente puede usarse para el pastoreo. En esta zona también se observan varios lagos naturales de altura.
- **Fría:** Se caracteriza por una cobertura extensa y casi continua de bosque primario denso. En los tramos más bajos se observan focos de terreno despejado para la agricultura en pequeña escala. El umbral de altitud más bajo para esta zona se definió por la frecuencia de la actividad agrícola y la tala de bosques.
- **Templada:** Esta zona empieza en las elevaciones donde la actividad agrícola y la deforestación se vuelven más frecuentes. Se observó que la zona estaba compuesta por poblados constantes, dispersos y pequeños, y pequeñas fincas agrícolas, por medio de visitas de campo que confirmaron un importante cultivo de café en esta zona, en particular como cultivo de sotobosque. Esta mezcla de cobertura de actividad agrícola a pequeña escala se estimó visualmente que representaba el 50% del territorio de esta zona. La cobertura de bosque restante es una mezcla de grandes bloques de bosque (particularmente en pendientes, orientadas al sureste) y secciones de bosque fragmentado o secundario que rodean las áreas agrícolas.
- **Caliente:** Se considera que esta zona empieza en piedemonte a una altura donde el bosque primario se vuelve mucho más fragmentado, con grandes áreas de bosque secundario que se ha regenerado luego de una deforestación. Se observa una transición abrupta de los piedemontes a un fondo de valle plano, caracterizado por el cultivo intensivo de palma y banano, además de los humedales de la Ciénaga, bordeado por campos de pastoreo. El fondo del valle se distingue por la falta de hábitat forestal, aunque se encuentran parches de hábitat de matorrales en las áreas de manejo menos intensivo.

3. Adquisición de imágenes y preprocesamiento

Los cambios en la vegetación dentro de la región de interés fueron evaluados como principalmente no estacionales, por consiguiente, para seleccionar las imágenes ópticas del Sentinel-2 adecuadas se consideró fundamentalmente la cobertura de nubes. Se eligieron dos escenas que cubrían la región de interés en su totalidad y solo contenían bajos niveles de cobertura de nubes, las cuales fueron capturadas el 04 de enero de 2017 y el 08 de febrero de 2018.

Además, se eligió una serie temporal de imágenes radar del Sentinel-1 con el fin de brindar promedios temporales mensuales y anuales (media) y una desviación estándar para tres valores de retrodispersión: VV (polarización vertical), VH (polarización cruzada), y VV/VH (relación entre VV y VH). La densa serie temporal de la imagen disponible del Sentinel-1 fue particularmente provechosa para identificar áreas de agricultura intensiva; esto se logró mediante el seguimiento de las etapas de crecimiento y ciclos de cosecha de los cultivos

principales. Además, ya que el Sentinel-1 no es afectado por cobertura de nubes, estas imágenes brindaron soporte para la clasificación de hábitats en áreas afectadas por la cobertura de nubes en las imágenes del Sentinel-2.

Tras una revisión de los conjuntos de datos disponibles, el conjunto de datos promedio de noviembre de 2017 (VV, VH y valores de ratio) y el conjunto de datos de la desviación estándar anual (VV, VH, ratio) fueron incluidos en la clasificación de hábitats.

Las imágenes fueron obtenidas y procesadas automáticamente a través de los Servicios de Datos de Environment Systems. La información sobre los métodos de procesamiento se puede encontrar en la documentación WP6 asociada. Los datos de entrada fueron creados usando las bibliotecas SNAP v4.0, GDAL v2.0 and RSGISLib 3.0. El procesamiento incluyó el montaje de segmentos, la eliminación de los límites y del ruido térmico, calibración radiométrica, corrección del terreno, filtro de partículas y reproyección a EPSG 32618 (WGS 84 / UTM zona 18N).

Los paneles de datos de elevación SRTM de resolución de 30m fueron representados en mosaicos y re proyectados a EPSG 32618 (WGS 84 / UTM zona 18N).

En el Apéndice A se encuentra una lista completa de conjuntos de datos. En el Apéndice B se puede encontrar un resumen de las misiones Copérnico Sentinel-1 y Sentinel-2.

4. Segmentación y clasificación basada en normas

El mapa de hábitats fue producido por análisis de imágenes usando eCognition 9.0.3. Debido a la fuerza de influencia de la zonificación altitudinal en hábitats y pautas de uso de suelos, se eligió un método jerárquico de clasificación basado en normas para permitir que el conocimiento existente sobre las pautas de uso de suelos y las tolerancias fisiológicas sean incorporadas. Se previó que esto minimizaría el riesgo del análisis clasificando hábitats dentro de lugares fuera de su tolerancia fisiológica (por ejemplo, cultivos dentro de la zona de Tierra Helada).

Además, el enfoque basado en normas brindó la flexibilidad para aplicar diferentes escalas de segmentación (ver sección 4.1) a distintas zonas según sea necesario; por ejemplo, se usó una segmentación a mayor escala (la cual da como resultado objetos de imagen más grandes) en la Zona Fría para facilitar la clasificación de áreas forestales densas y así atenuar los fuertes efectos de sombra causados por la topografía en esta región montañosa. En contraste, se aplicó una segmentación a escala más fina en las zonas Templada y Caliente Superior con el fin de definir pequeños terrenos despejados y finas franjas de bosque remanente e intervenido, los cuales se distinguen de las zonas de bosque primario.

El enfoque basado en normas brindó flexibilidad para el doble propósito de la clasificación de hábitats y la evaluación de servicios ecosistémicos ya que proporcionó un método directo para registrar información adicional en el conjunto de datos de salida de la clasificación de hábitats, el cual fue necesario para el análisis de los servicios

ecosistémicos. La información adicional incluye características que describen la posición del hábitat dentro del entorno natural y probable 'naturalidad' del hábitat, los cuales son importantes componentes de los análisis de servicios ecosistémicos (Bell, et.al. 2020).

4.1 Segmentación de la imagen

El proceso de análisis de imagen inició con la segmentación de imagen, con el fin de dividir el escenario en objetos ecológicamente significativos, agrupando píxeles con valores similares (Imagen 4) y creando una delimitación digital alrededor de ellos (vector). Se incluyeron características urbanas y acuáticas de OpenStreetMap como fuentes de información en esta etapa (cuadro 1).

Cuadro 1: Conjuntos de datos vectoriales usados en la segmentación y en la clasificación basada en normas

| Vector | Descripción/Objetivo |
|--------------------|---|
| Infraestructura | OpenStreetMap elementos urbanos (máscara urbana) |
| Vías de Navegación | OpenStreetMap elementos de vías de navegación (máscara fluvial) |
| Cuerpos de agua | OpenStreetMap elementos de cuerpos de agua (lago/máscara de estanque) |
| Cuenca | Área de interés (AOI) para la definición del alcance de la clasificación de la cubierta terrestre |

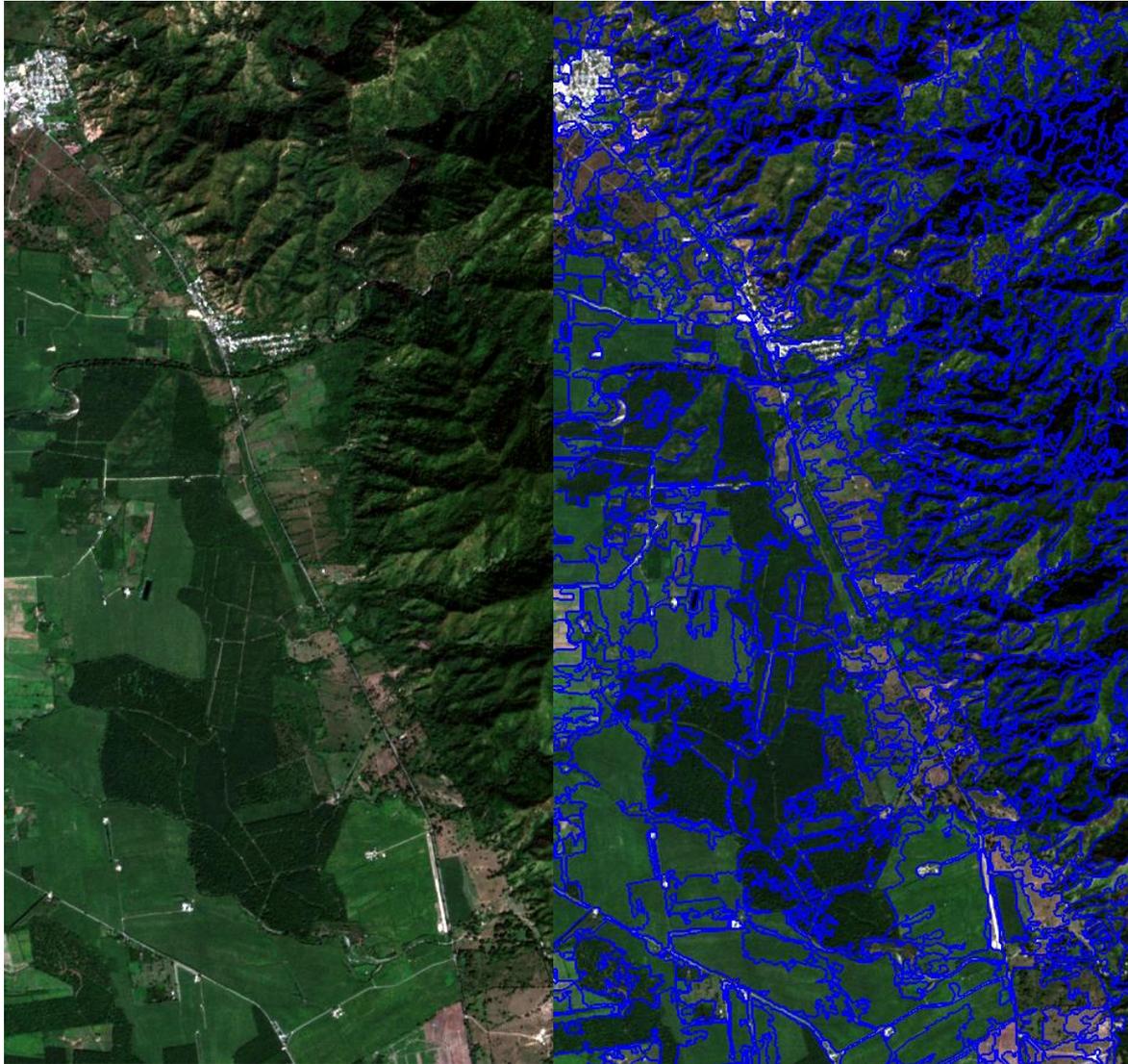


Imagen 4: Ejemplo de resultados de segmentación de imágenes

Luego de la segmentación, se desarrolló la base de normas de clasificación.

4.2 ¿Qué es la clasificación basada en normas?

La clasificación basada en normas es una metodología establecida, revisada por pares para separar un tipo de hábitat de otro usando sus características distintivas en las imágenes satelitales (valores de datos del objeto de imagen en distintas bandas de imagen). Por ejemplo, las áreas de suelo desnudo se caracterizan por el conocimiento de que el suelo no tiene o tiene muy poca productividad vegetal la cual es se mide como índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en la imagen. Si la superficie permanece sin vegetación, la medición de NDVI se mantiene estable a lo largo del tiempo. Por el contrario, los bosques de hoja perenne tienen una productividad vegetal muy alta que es estable a lo largo del tiempo. También se puede integrar información contextual en la base de normas; por ejemplo, el bosque de manglar no puede existir en las montañas. Al combinar el conocimiento de la ecología del entorno, las comunidades de plantas y la reflectancia de la vegetación dentro de la base de normas, se tiene como resultado un enfoque jerárquico que primero separa los principales tipos de cubierta terrestre, y luego, dentro de estas, clasifica a los distintos hábitats (Medcalf et. al, 2014) como se muestra en la ilustración de la Imagen 5.

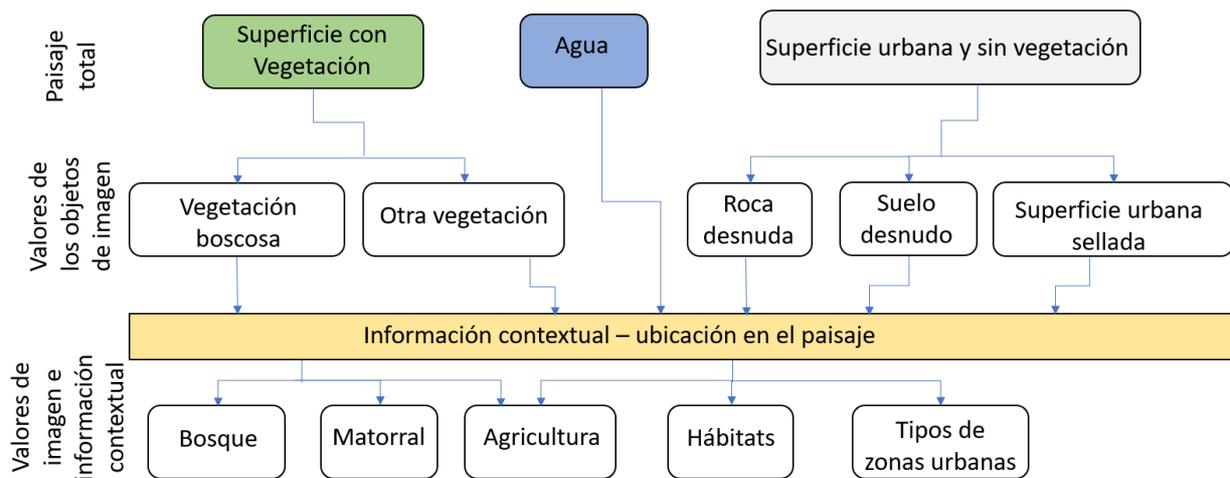


Imagen 5: División jerárquica del paisaje usando una base de normas de clasificación

4.3 El desarrollo de la base de normas

El desarrollo de la base de normas de la Zona Bananera comenzó con la familiarización inicial del área del estudio de caso, la cual incluyó la geografía, el clima, la ecología, la fenología y las prácticas agrícolas de la región. Estos análisis se basaron en visitas de investigación a la Zona Bananera, las cuales incluyeron visitas de campo y conversaciones con partes de interés. Esta información fue luego transmitida al equipo de expertos en análisis de imagen y ecología, y posteriormente, se usó para desarrollar un amplio plan para mapear los hábitats clave y las clases de uso de suelos. De esta forma, se desarrolló una base de normas para cumplir con los requerimientos, en un proceso iterativo. El primer bosquejo de mapa fue revisado por el equipo del proyecto y presentado a partes de interés en Colombia. La retroalimentación de estas reuniones se incorporó en la versión final del mapa.

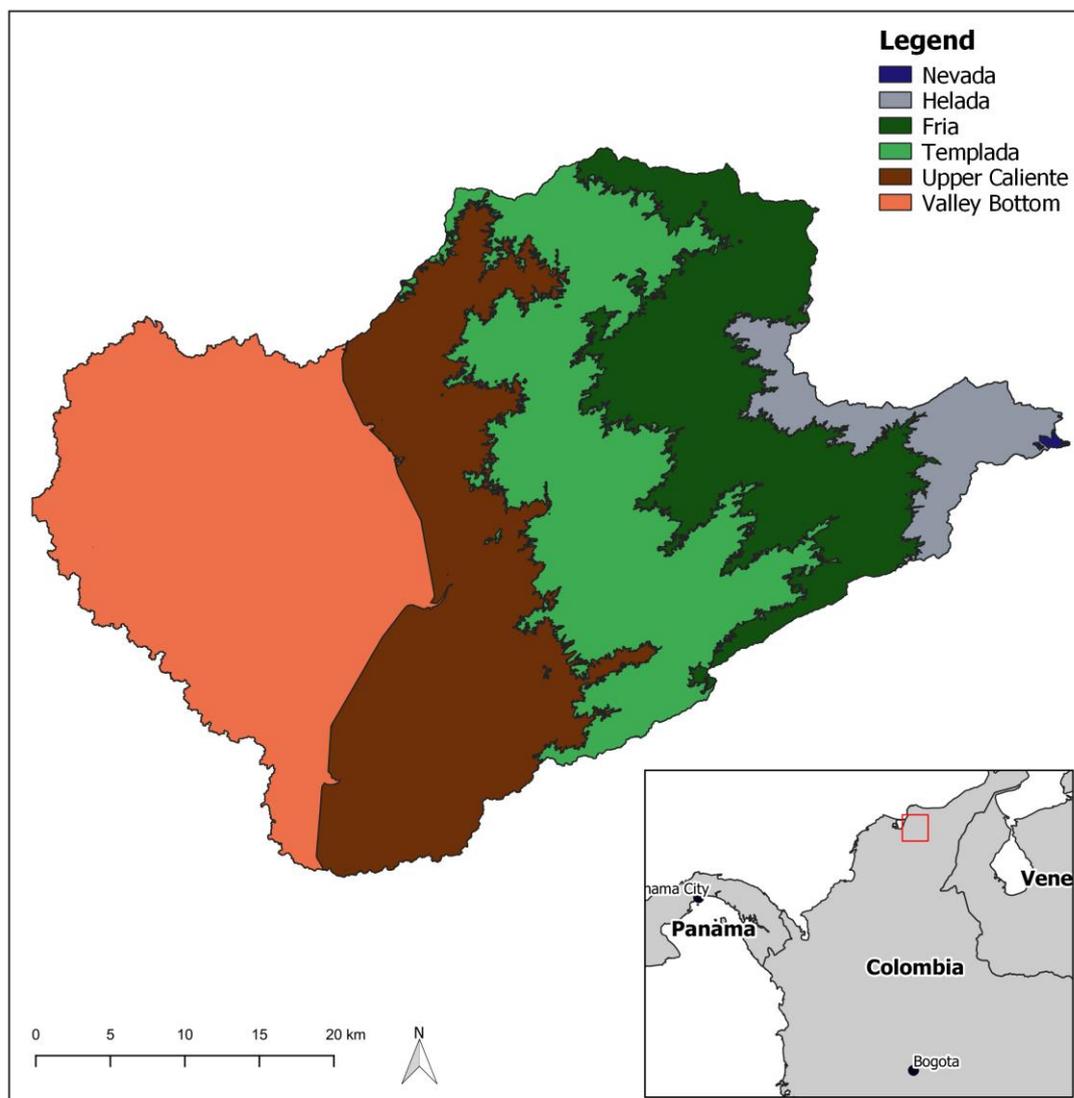
El análisis de imagen inicial definió las zonas altitudinales clave en la región de estudio (imagen 5) basándose en la zonificación altitudinal en América Latina (imagen 3) evaluando visualmente las imágenes del Sentinel-2 para establecer la ubicación del límite arbóreo (límite superior de crecimiento del árbol) y del a nieve permanente. Estos valores de elevación se usaron en combinación con las imágenes del Sentinel-2 para clasificar las zonas de Nevada (> ~4500 m) y Helada (> ~3750 m). Se estimó que la zona Caliente se situaba entre 0 y 900 m, y las zonas restantes están entre 900 y 3700 m clasificadas como Templada (900 – 2000 m) y Fría (2000 – 3700 m). Debido a claras diferencias en la distribución de los hábitats y uso del suelo dentro de la zona Caliente que estaban evidentemente relacionadas con la topografía, la región fue dividida en dos: la zona 'Caliente Superior' que se extiende desde el pie de las montañas, y la zona 'Fondo del Valle' que representa la llanura del valle.

Con el uso de las características de imagen se desarrollaron normas para definir nueve tipos de hábitat principales (cuadro 3): agricultura (excepto cultivos de banano y palma), plantaciones de banano, roca desnuda, pastizales, plantaciones de palma, cuerpos de

agua, humedales, bosques y zona urbana. Luego, las normas se aplicaron dentro de cada una de las zonas de elevación para identificar y clasificar los hábitats presentes.

No se aplicaron las normas para hábitats en donde se conocía que un hábitat no podría existir en una zona de elevación (cuadro 2). Por ejemplo, es un hecho conocido que los manglares sólo están presentes en las zonas costeras. Puede haber áreas en las montañas con características similares a los manglares en las imágenes, pero no tendría sentido permitir que los manglares sean mapeados en el proceso de clasificación en estas áreas. Donde fue posible, los tipos de hábitat amplios se subdividieron en clases de hábitats más detalladas (cuadro 3).

Las áreas urbanas y los cuerpos de agua fueron mapeados primero usando datos de OpenStreetMap y luego, elementos urbanos y de agua adicionales fueron clasificados a partir de un análisis de imagen basado en normas.



Cuadro 2: Los tipos de hábitat amplios a los que se aplicaron restricciones zonales durante la clasificación

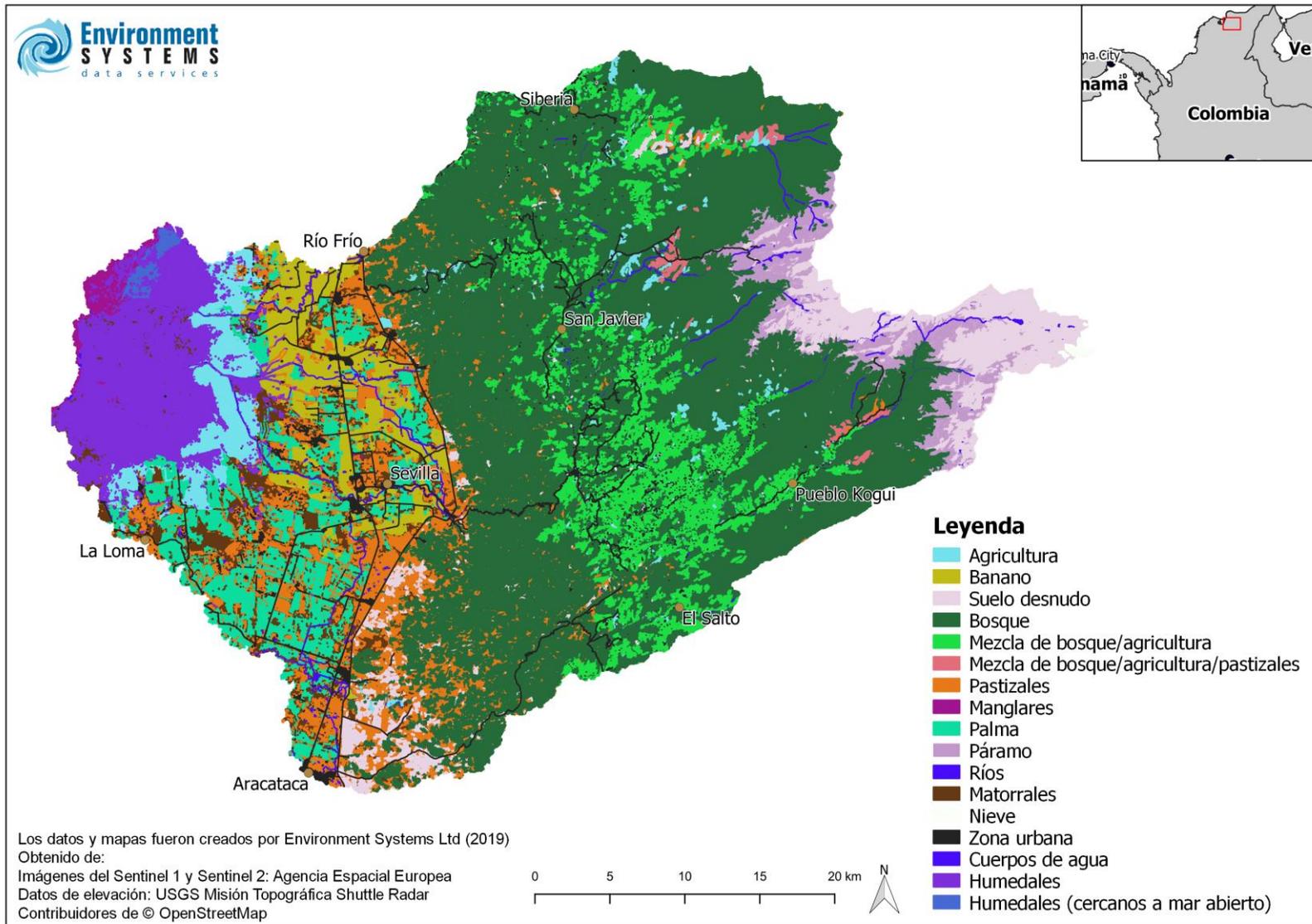
| Tipo de hábitat amplio | Restricciones de zona | Razón |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|
| Manglares | Clasificado sólo en la zona del Valle | Los manglares son un hábitat costero que no se encuentra en las montañas. |
| Agricultura (todos los tipos) | No clasificado en la zona de Helada | La agricultura intensiva no está presente en esta zona. Los pastizales pueden ser utilizados como zona de pastoreo; estos son capturados en las clases de pastizales y páramo. |
| Bosque | No clasificado en la zona de Helada | Esta zona está por encima del límite arbóreo. |
| Todos (excepto Nieve) | No clasificado en la zona de Nevada | Esta zona está definida por una capa de nieve permanente, por lo que toda la zona está clasificada como Nevada. |

4.4 Post-procesamiento

La clasificación resultante fue descompuesta por clase de hábitat y exportada como un conjunto de datos vectoriales. A ello siguió un proceso manual de verificación de la calidad que se centró en los humedales, agricultura ubicada alrededor de los márgenes de la Ciénaga, y una evaluación de naturalidad de los cuerpos de agua. Posterior a la retroalimentación inicial de las partes de interés, el área de la Ciénaga fue subdividida por elevación para brindar información adicional para el mapeo de servicios ecosistémicos.

En un evento posterior de participación de los interesados se identificó la importancia de etiquetar el hábitat del páramo como una clase de hábitat distinta en el mapa. Debido a que la distribución del páramo es altamente restringida, se tuvo que realizar reclasificando todos los polígonos de hábitat de pastizales dentro de zona Helada. Además, los polígonos de pastizales de menor productividad en la zona Fría, cuyos centroides se ubicaban dentro un límite altitudinal de 3000 m o más, fueron reclasificados como páramo. El mapa de hábitat resultante se muestra en la imagen 6 y las descripciones de clase se encuentran en el cuadro 3.

Imagen 6: Mapa de clasificación de hábitats amplios



Cuadro 3: Descripciones de clase del mapa de hábitats

| Hábitat | Descripción |
|---|---|
| Agricultura | Clasifica la agricultura de tipo indeterminado; áreas recuperadas de la Ciénaga, y áreas resultantes de la tala de bosques en las zonas montañosas. Excluye plantaciones de banano y palma. |
| Banano | Áreas de plantaciones de banano establecidas. |
| Suelo desnudo | Incluye áreas de roca desnuda, suelo pedregoso y desnudo. El suelo desnudo puede ser natural o inducido por la presión por pastoreo, o el desbroce para la agricultura. |
| Bosque | Cubierta de bosque denso (incluye bosque primario y secundario). |
| Mezcla de bosque/agricultura | Mosaico de área boscosa con espacios despejados para la agricultura de relativamente baja intensidad, incluida la agrosilvicultura (e.g. cultivo de café). |
| Mezcla de bosque/agricultura/pastizales | Mosaico de área forestal, agrosilvicultura (e.g. cultivo de café) y pastizales en regeneración, con espacios despejados para la agricultura de relativamente baja intensidad. |
| Pastizales | Incluye más pastizales 'naturales' sobre el límite arbóreo, y más pastizales de tierras bajas gestionados de forma intensiva. |
| Manglares | Bosques de manglares a lo largo de la franja costera y canales del área de humedales de la Ciénaga. |
| Palma | Áreas de plantaciones de palma establecidas. |
| Páramo | Vegetación de montaña por encima de la línea continua arbórea, incluidas las zonas sometidas a manejo humano (e.g. actividades de quema y pastoreo). |
| Ríos | Cauce permanente - en gran medida mapeado usando los datos de OpenStreetMap. |
| Matorrales | Vegetación de arbustos dispersos y densos presentes dentro del sistema de humedales y más tierra adentro. |
| Nieve | Cobertura de nieve permanente. |
| Zona Urbana | Carreteras, edificios, superficies duras y otras estructuras construidas - parcialmente mapeado usando los datos de OpenStreetMap. |
| Cuerpos de agua | Estanques y lagos - parcialmente mapeado usando los datos de OpenStreetMap. |

| | |
|---------------------------------|---|
| Humedales | Humedales costeros e interiores; incluye las zonas de pastizales húmedos, juncal, pantano, ciénaga, fango, marisma salina y pastizales de inundación. |
| Humedales (cercano mar abierto) | Áreas de aguas abiertas dentro de un sistema de humedales. |

5. Visitas de campo para la validación y evaluación de precisión

Se llevó a cabo una visita de campo con el fin de validar y perfeccionar los mapas el 23 de abril de 2018. Sin embargo, debido a limitaciones de accesibilidad y logística, solo se logró visitar las áreas dentro de la Zona Bananera. Durante la visita se obtuvo información basada en la observación sobre la presión de pastoreo en la zona del Valle y la distribución del bosque primario y secundario en las zonas Caliente Superior y Templada. Esto fue incorporado en la segunda versión de la base de normas para producir la clasificación final de hábitats.

6. Próximos pasos

Se creó un mapa de hábitats para la región de estudio dentro del departamento del Magdalena en Colombia. Esto nos proporciona una línea base de tipo, extensión y distribución del uso actual de los suelos y hábitats. Estos activos naturales están ecológica e hidrológicamente conectados a lo largo de la cuenca dentro del área de interés. El mapa puede usarse para ayudar a informar la planificación a escala de cuenca para el uso sostenible de la tierra, intervenciones centradas en la gestión de la tierra y subsiguientes decisiones políticas. El mapa fue desarrollado para su uso como conjunto de datos de entrada para los servicios ecosistémicos y el análisis de riesgo y oportunidades (Bell et al., 2020).

Al interpretar el mapa de hábitats se debe tener en cuenta que las clases de mapas se desarrollaron con el propósito de evaluar el suministro de servicios ecosistémicos, que a menudo se basa en el funcionamiento del ecosistema más que en la composición de las especies y en las subcategorías de los hábitats. Este mapa de hábitats no capta completamente la extensión de la agroforestación, debido a la falta de datos del terreno y a las dificultades para identificar la actividad del sotobosque (e.g. cultivos de sotobosque como el café) que está oculto a la vista del satélite por el dosel de los árboles; por lo tanto, la extensión de la clase de bosques podría estar sobreestimada en algunos lugares.

El mapa actual se basa en imágenes de una resolución de 20m del Sentinel 1 y Sentinel 2, además de datos de elevación de una resolución de 30m. Se podría desarrollar una clasificación de hábitats más detallada si se dispusiera de imágenes de mayor resolución.

Se espera que los socios del proyecto y otras partes interesadas asuman la titularidad del mapa de hábitats y lleven a cabo una validación del mapa y su actualización, incorporando

datos de campo y conocimiento local para mejorar el mapa, luego de realizar una metodología de control de versiones. El mapa existente es adecuado para su uso como línea base para el monitoreo de cambios futuros, tales como aquellos que resultan de las acciones de gestión o de los acontecimientos medioambientales. Las futuras actualizaciones de los mapas deben llevarse a cabo periódicamente para facilitar el seguimiento del uso del suelo y de los hábitats, la detección de cambios y la garantía de que la política y las actividades de uso de la tierra sigan estando bien informadas y sean adecuadas.

Referencias

Bell, G., Parker, N., Parker, J.A. y Smith, M.A.E., 2020. *Estudios de caso sobre los medios de vida sostenibles de EO4cultivar: mapeo de los servicios ecosistémicos en la región del Magdalena, Colombia*. Informe del proyecto EO4cultivar. UK Space Agency International Partnership Programme, proyecto No 417000001416. Disponible en:

<https://jncc.gov.uk/eo4cultivar>

Medcalf, K.A., Parker, J.A., Turton, N. & Bell, G., (2014), *Making Earth Observation Work for UK Biodiversity - Phase 2* (La Observación Terrestre al servicio de la Biodiversidad en el Reino Unido – Fase 2), JNCC Report 495 Phase 2, ISSN 0963-8091. Disponible en:

<https://hub.jncc.gov.uk/assets/9192679c-5260-443e-a413-acee4798a62a> [Consultado el 01 de agosto de 2019].

Stadel, C. (1991), *Altitudinal Belts in the Tropical Andes: Their Ecology and Human Utilization* (Cinturones Altitudinales en los Andes Tropicales: Su Ecología y Uso Humano). Libro Anual (Conferencia de Geógrafos Latino Americanistas, noviembre de 1991).

Apéndice A – Detalles del conjunto de datos

| Asunto | Conjunto de datos / fecha de captura | Fuente | Cobertura | Licenciamiento |
|---|--------------------------------------|---|--|-------------------------------|
| Mapeo base | OpenStreetMap 2017-09-26T20:43:02z | OpenStreetMap | Mapeo parcial de carreteras, edificios y obras hidráulicas | Open Database 1.0 License |
| Geomorfología | SRTM 30m | USGS | Completo | Open License |
| Sentinel 2 | S2A_2017-01-04 | ESA | Cobertura menor de nubes | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| Sentinel 2 | S2A_2018-02-08 | ESA | Cobertura menor de nubes | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| Derivado de Sentinel 1 (noviembre 2017; media temporal) | S1_2017_11_mean | Servicios de Datos de Environment Systems | Completo | Open license CC BY-SA 4.0 |
| Derivado de Sentinel 1 (junio 2017- mayo 2018 desviación estándar temporal) | S1_2017_18_stdev | Servicios de Datos de Environment Systems | Completo | Open license CC BY-SA 4.0 |
| Imágenes del Sentinel-1 usadas para producir una media temporal (noviembre 2017) y desviación estándar temporal (junio 2017- mayo 2018) | 20171111T230725 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171123T230725 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171105T104006 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171105T230640 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171110T104839 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171117T104006 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171117T230640 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171122T104839 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171129T104005 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |

| Asunto | Conjunto de datos / fecha de captura | Fuente | Cobertura | Licenciamiento |
|---|--------------------------------------|--------|-----------|-------------------------------|
| | 20171129T230640 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| Imágenes del Sentinel-1 usadas para producir una desviación estándar temporal (junio 2017- mayo 2018) | 20170608T230719 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170620T230720 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170602T104000 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170602T230634 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170607T104834 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170614T104000 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170614T230635 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170619T104834 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170626T104001 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170626T230636 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170702T230721 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170714T230721 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170726T230722 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170701T104835 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170708T104002 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170708T230636 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170713T104836 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170720T104003 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170720T230637 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170725T104837 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |

| Asunto | Conjunto de datos / fecha de captura | Fuente | Cobertura | Licenciamiento |
|--------|--------------------------------------|--------|-----------|-------------------------------|
| | 20170807T230723 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170819T230723 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170831T230724 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170801T104003 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170801T230638 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170806T104837 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170813T104004 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170813T230638 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170818T104838 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170825T104004 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170825T230639 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170830T104838 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170912T230724 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170906T104005 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170906T230639 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170911T104839 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170918T104005 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170918T230643 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170923T104839 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170930T104006 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20170930T230643 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |

| Asunto | Conjunto de datos / fecha de captura | Fuente | Cobertura | Licenciamiento |
|--------|--------------------------------------|--------|-----------|-------------------------------|
| | 20171006T230725 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171018T230725 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171030T230725 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171005T104840 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171012T104006 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171012T230643 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171017T104840 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171024T104006 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171024T230643 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171029T104840 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171111T230725 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171123T230725 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171105T104006 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171105T230640 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171110T104839 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171117T104006 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171117T230640 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171122T104839 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171129T104005 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171129T230640 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171205T230724 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |

| Asunto | Conjunto de datos / fecha de captura | Fuente | Cobertura | Licenciamiento |
|--------|--------------------------------------|--------|-----------|-------------------------------|
| | 20171217T230724 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171229T230723 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171204T104839 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171211T104005 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171211T230639 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171216T104839 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171223T104004 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171223T230639 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20171228T104838 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180110T230723 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180122T230722 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180104T104004 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180104T230638 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180109T104838 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180116T104004 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180116T230638 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180121T104837 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180128T104003 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180128T230638 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180203T230722 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180215T230722 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |

| Asunto | Conjunto de datos / fecha de captura | Fuente | Cobertura | Licenciamiento |
|--------|--------------------------------------|--------|-----------|-------------------------------|
| | 20180227T230722 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180202T104837 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180209T104003 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180209T230637 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180214T104837 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180221T104003 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180221T230637 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180226T104836 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180311T230722 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180323T230722 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180305T104003 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180305T230637 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180310T104837 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180317T104003 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180317T230637 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180329T104003 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180329T230638 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180404T230722 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180416T230723 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180428T230723 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180403T104837 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |

| Asunto | Conjunto de datos / fecha de captura | Fuente | Cobertura | Licenciamiento |
|--------|--------------------------------------|--------|-----------|-------------------------------|
| | 20180410T104004 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180410T230638 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180415T104837 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180422T104004 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180422T230638 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180427T104838 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180510T230724 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180522T230725 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180504T104005 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180504T230639 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180509T104838 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180516T104005 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180516T230640 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180521T104839 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180528T104006 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |
| | 20180528T230640 | ESA | Completo | Open license CC BY-SA 3.0 IGO |

Apéndice B – Detalles del conjunto de datos de los Sentinel 1 y 2

Sentinel-1 es un satélite parte de la misión de imágenes de radar de órbita polar, de día y de noche, para servicios de tierra y océano. La misión es parte del Programa Copérnico de la Unión Europea (UE) y es operado por la Agencia Espacial Europea (ESA). La misión consiste en una constelación de dos satélites que tienen una frecuencia de órbita de seis días. El instrumento de radar transmite y recibe en banda C (5.405 GHz) a una resolución de 5 x 20 metros en modo de barrido ancho interferométrico. Este es el modo más común usado para masas terrestres. Los datos son procesados y almacenados como productos Complejo de Aspecto Único (SLC, por sus siglas en inglés) Nivel 1 y Rango de Tierra Detectada (GRD, por sus siglas en inglés) por el segmento terrestre de ESA. El producto SLC contiene la intensidad de los retornos y la información de fase, mientras que el producto GRD no contiene la información de fase; esto se debe a la optimización del procesamiento que recibe. Los datos GRD son multiespectrales y proyectados a un rango de tierra usando el modelo elipsoidal de la tierra.

Sentinel-2 es un satélite parte de la misión de imágenes multiespectrales de alta resolución y de órbita polar. También, es parte del Programa Copérnico de la UE y es operado por ESA. La misión consiste en una constelación de dos satélites que tienen una frecuencia de órbita de 10 días a nivel del ecuador con un satélite y cada 5 días con dos satélites que operan en condiciones de ausencia de nubes, lo que da como resultado de 2 a 3 días a 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 del barrido orbital es de 290 kilómetros.