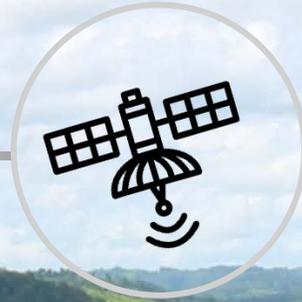




Paisajes Productivos
Conservar la biodiversidad con producción sostenible



**Conservando la biodiversidad por medio del
manejo sostenible de paisajes productivos
en Costa Rica-MOCUPP Piloto
Pastos sin árboles ACLAP**

CONSEJO NACIONAL DE RECTORES (CONARE)

Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT)

Laboratorio PRIAS

Conservando la biodiversidad por medio del manejo sostenible de paisajes productivos en Costa Rica – MOCUPP Piloto Pastos sin árboles ACLAP

I Entrega: Informe I-Pastos ACLAP

Participaron en la elaboración de este documento

Heileen Aguilar Arias

Brandon Blanco Arias

Yorleny Calvo Elizondo

Armando Vargas Céspedes

Yerlin Vargas Solano

Revisión y aprobación

Cornelia Miller Granados

Francini Acuña Piedra

26/04/2019, San José



Paisajes Productivos
Conservar la biodiversidad con producción sostenible



333.951.6
C755c

Conservando la biodiversidad por medio del manejo sostenible de paisajes productivos en Costa Rica – MOCUPP Piloto Pastos sin árboles ACLAP [Recurso electrónico] / Heileen Aguilar Arias, [et al.]. – Datos electrónicos (1 archivo : 6300 kb). -- San José, C.R. : CONARE - CENAT, 2019.

Formato pdf, 61 páginas.

I Entrega: Informe I-Pastos ACLAP

1. BIODIVERSIDAD. 2. PAISAJES PRODUCTIVOS. 3. COBERTURA FORESTAL. 4. PASTOS. 5. COSTA RICA. I. Aguilar Arias, Heileen. II. Blanco Arias, Brandon. III. Calvo Elizondo, Yorlany. IV. Vargas Céspedes, Armando. V. Vargas Solano, Yerlin. VI. Título.

LRD



Índice de contenido

I. RESUMEN	7
II. INTRODUCCIÓN	8
III. CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES	11
IV. METODOLOGÍA.....	13
4.1 Diagrama de flujo de proceso metodológico.....	13
4.2 Descripción de la zona de estudio.....	14
4.3 Planificación de toma de puntos de control y validación.....	17
4.3.1 Estimar el tamaño de la muestra	18
4.3.2 Diseño de rutas.....	19
4.3.3 Establecer distancia optima de toma de puntos.....	20
4.3.4 Captura de puntos GPS y fotografías (muestreo de puntos de control y validación).....	20
4.3.5 Procesamiento de datos	21
4.5 Tratamiento de imágenes satelitales.....	21
4.5.1 Descarga de imágenes satelitales	23
4.5.2 Preprocesamiento de imágenes satelitales.....	37
4.6 Identificación y creación de zonas de interés.....	47
4.7 Clasificación/Segmentación a partir de regiones de interés.....	47
4.8 Depuración de la clasificación.....	48
4.9 Validación de la clasificación.....	48
V. RESULTADOS	49
5.1 Revisión de literatura y taller de trabajo.....	49

<p style="text-align: center;">CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Piloto Pastos sin árboles ACLAP</p>	Informe N°: 1
	Cultivo: Pastos productivos
	Fecha: 26/04/2019
	Página 4 de 61

5.2 Muestreo de puntos de control y validación 51

5.3 Preprocesamiento de imágenes..... 52

5.4 Identificación de zonas de interés y pruebas de clasificación/segmentación . 53

VI. ANEXOS..... 55

VII. REFERENCIAS 58



<p>CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Piloto Pastos sin árboles ACLAP</p>	Informe N°: 1
	Cultivo: Pastos productivos
	Fecha: 26/04/2019
	Página 5 de 61

Indice de cuadros

Cuadro 1. Actividades trimestrales programadas para la programación de trabajo del paisaje productivo de pastos sin árboles 11

Cuadro 2. Porcentaje de avance de las actividades trimestrales programadas para la programación de trabajo del paisaje productivo de pastos sin árboles..... 12

Cuadro 3. Distribución de bandas para el sensor Sentinel 2 (ESA, 2015)..... 23

Cuadro 4. Características y especificaciones del sensor Landsat..... 31

Cuadro 5. Distribución de bandas para el sensor Landsat 8 31

Cuadro 6. Total de imágenes descargadas y pre-procesadas de los sensores Landsat 8 y Sentinel 2. 53

Cuadro 7. Capacitaciones impartidas por los investigadores del Laboratorio PRIAS al nuevo personal del MOCUPP 54



<p style="text-align: center;">CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Piloto Pastos sin árboles ACLAP</p>	Informe N°: 1
	Cultivo: Pastos productivos
	Fecha: 26/04/2019
	Página 6 de 61

Indice de figuras

Figura 1. Flujograma de trabajo de la metodología para la identificación de pastos sin árboles en ACLAP. 13

Figura 2. Área de estudio del Plan Piloto del proyecto MOCUPP Pastos..... 17

Figura 3. Metodología de la toma de datos de campo, del proyecto MOCUPP-Pastos 18

Figura 4. Flujograma del tratamiento de imágenes satelitales..... 22

Figura 5. Distribución de puntos de control tomados en ACLAP para el proyecto MOCUPP Piloto Pastos 52



I. RESUMEN

El proyecto Conservando la biodiversidad por medio del manejo sostenible de paisajes productivos en Costa Rica es financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), ejecutado por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y apoyado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Este proyecto busca generalizar la conservación de la biodiversidad, la gestión sostenible de la tierra y los objetivos de secuestro de carbono hacia los paisajes de producción y los corredores biológicos interurbanos de Costa Rica. Se espera, además, cumplir con varios compromisos ambientales de la agenda nacional; así mismo, difundir la información que se genere, ya que será de orden público y estará disponible para consulta de cualquier usuario en el servidor del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT).

Este proyecto engloba diferentes componentes de desarrollo para llevar a cabo los objetivos planteados. Dentro de estos componentes la ejecución del proyecto Monitoreo de Cambio de Uso de los Paisajes Productivos (MOCUPP) es una de las metas que involucra fuertemente la participación del Laboratorio PRIAS, quien tiene a cargo el desarrollo de la información cartográfica de los cultivos de palma aceitera, piña y el paisaje productivo de pastos sin árboles, tanto a nivel de ubicación de las áreas de cultivo; así como, el análisis de pérdida y ganancia de la cobertura forestal asociada a estos cultivos.

Este informe contempla los aspectos iniciales para elaborar la capa de pastos sin árboles, en el cual se plantea la elaboración de un estudio piloto en el área de Conservación la Amistad Pacífico (ACLAP) con el objetivo de desarrollar una metodología a partir del uso de imágenes satelitales que se pueda replicar luego a nivel país para la identificación de este paisaje productivo.



II. INTRODUCCIÓN

La ganadería es la actividad humana que ocupa la mayor superficie de la tierra, tiene una importancia significativa a nivel social y político, ya que, además de generar millones de empleos, también es el medio de subsistencia para muchas personas en todo el mundo (Food and Agriculture Organization (FAO), 2009). Se estima que el 30% de la superficie terrestre del mundo está ocupada por ganadería y actividades ganaderas, como los cultivos forrajeros (Russo, et al., 2014).

En Costa Rica existen 2.406.418,4 hectáreas dedicadas a actividades agropecuarias, en términos de uso, sólo el 43,4% está dedicado a pastos, distribuyéndose estos en pastos naturales (53,3%), pastos mejorados (44,6%) y pastos de corte (2,1%)(Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2015).

La actividad ganadera en Costa Rica ha sido de gran importancia a través de los años. Si bien, los censos realizados han determinado una disminución en el área ocupada por pastos, en la actualidad este sector continúa generando un gran impacto en el desarrollo del país. Realizar buenas prácticas pecuarias es una herramienta muy importante para sobrellevar los desafíos y realidades que enfrenta el país para lograr un sector rentable, competitivo y sostenible (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2018).

A nivel nacional, se conocen casos exitosos de buenas prácticas agrícolas utilizadas en el desarrollo de actividades ganaderas que generan el mínimo impacto al ambiente, como por ejemplo los sistemas silvopastoriles; sin embargo, actualmente, aún existen casos donde la actividad ganadera puede tener efectos negativos en el medio ambiente, entre estos se puede mencionar la deforestación (sobre todo en América Latina, generando pérdidas en la biodiversidad), emisión de gases de efecto invernadero, consumo importante de agua (principalmente para la irrigación de cultivos forrajeros), degradación del suelo, entre otros (FAO, 2009) (Cingolani, Noy-Meir, Renison, & Cabido, 2008).



Por esto, es de gran importancia que exista un monitoreo en este tipo de actividades, de manera que puedan ser desarrolladas de forma sostenible.

Actualmente, el avance de la tecnología permite que herramientas como la teledetección puedan ser útiles en diversos estudios relacionados con el uso del suelo. Según (Chuvienco, 2010), por medio de la teledetección es posible obtener información de los objetos presentes en la superficie terrestre, esto sin tener contacto directo con ellos, por medio de sensores remotos como Landsat y Sentinel.

El programa Landsat inició sus misiones en el año 1972, la más reciente (Landsat 8) tiene una Cámara Terrestre Operacional (OLI, por sus siglas en inglés) y un Sensor Térmico infrarrojo (TIRS), esto proporciona imágenes satelitales de resolución media, compuestas por 11 bandas, de las cuales del 1 al 7 y la 9 tienen una resolución de 30 metros, la banda 8 (pancromática) 15 metros y las bandas térmicas (10 y 11) tienen 100 metros de resolución (Knight & Kvaran, 2014). Por otro lado, la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) posee la misión multispectral Sentinel 2; estas imágenes están compuestas por 13 bandas que van de los 10 a los 60 metros de resolución (European Space Agency (ESA), 2015).

Con la disponibilidad gratuita de estas imágenes que poseen una resolución media, es posible determinar la ubicación de los paisajes productivos bajo estudio y los cambios en el territorio asociados al uso del suelo. Las metodologías para la identificación de estos productos están generalmente relacionadas con el uso de métodos de clasificación supervisada y no supervisada en imágenes satelitales. Estos métodos parten del hecho de que existe conocimiento de la zona de estudio, ya sea por experiencia previa o por trabajo de campo, de forma tal que el usuario puede delimitar en la imagen, áreas de entrenamiento representativas para cada categoría que puedan ser usadas por algoritmos computacionales que automatizan la identificación de los objetos en las imágenes, en sí, el método supervisado consistente en “entrenar” un algoritmo de clasificación (Chuvienco, 2010).



CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Piloto Pastos sin árboles ACLAP	Informe N°: 1
	Cultivo: Pastos productivos
	Fecha: 26/04/2019
	Página 10 de 61

Estos métodos son parte de lo que se estará evaluando en el desarrollo de este estudio piloto.

El objetivo principal es por tanto, llevar a cabo un estudio piloto en el Área de Conservación La Amistad Pacífico (ACLAP) para a futuro identificar de manera digital y a bajo costo, la cobertura total de paisajes productivos de pastos sin árboles y los focos de deforestación o regeneración de cobertura forestal en el territorio nacional.



III. CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES

En el Plan de trabajo presentado en el 2018 para el proyecto general “Conservando la biodiversidad por medio del manejo sostenible de paisajes productivos en Costa Rica-MOCUPP, se asignaron las actividades que se muestran en el **Cuadro 1**, para el cultivo específico de pastos (estudio piloto en ACLAP), el cual es abordado en este informe.

Cuadro 1. Actividades trimestrales programadas para la programación de trabajo del paisaje productivo de pastos sin árboles

Actividad/Trimestre	2018			2019
	II	III	IV	I
Plan Piloto ACLAP				
Pre-procesamiento de datos		x		
Giras de campo NANTI MOCUPP			x	x
Giras puntos control validación clasificación		x	x	x
Digitalización y desarrollo de cobertura total de pastos sin árboles, plan piloto			x	x
Validación de la cobertura				
Publicación en el SNIT				
Entrega Informe de avance				x

De las actividades mencionadas anteriormente se presenta en el **Cuadro 2** el porcentaje de avance para cada una de ellas y los comentarios generales a razón de generalizar y justificar dicho avance.

Cuadro 2. Porcentaje de avance de las actividades trimestrales programadas para la programación de trabajo del paisaje productivo de pastos sin árboles.

Actividad	Porcentaje de avance	Comentarios
Pre-procesamiento de datos	100%	Se encuentran descargadas, corregidas atmosféricamente, unidas y cortadas, con el área de ACLAP las imágenes disponibles para el año 2018 tanto Landsat 8 como Sentinel 2 para los meses de menor nubosidad. Se utilizó el archivo shape del área de ACLAP disponible en el Atlas Digital de Costa Rica 2014. Para este año se está utilizando la actualización del área ACLAP disponible en el SNIT.
Giras de campo NANTI MOCUPP	25%	Se realizó una gira de entrenamiento para delimitar el pixel de Landsat y Sentinel con la realidad del terreno observada, este material fue utilizado como insumo en el taller de trabajo para la definición conjunta de la capa de pastos sin árboles. Se continuarán realizando giras con el dron durante el año en el momento que sea necesario para completar áreas faltantes de cobertura de imágenes y puntos de control y validación que no puedan ser tomados por problemas de acceso a los sitios. Así como, para comprobación en áreas con alta nubosidad.
Giras puntos control validación - clasificación	100%	En el mes de diciembre de 2018 se completaron las giras programadas para el área de ACLAP para un total de siete giras. Durante la última semana de marzo 2019 se completaron las áreas que estaban pendientes. De igual forma, se tienen contemplando mantener una gira extra en el caso que se requieran puntos para la validación, esto se realizará en el tercer trimestre de 2019.
Digitalización y desarrollo de cobertura total de pastos sin árboles	15%	Luego de los trabajos previos realizados y analizando la información disponible para el país, se identifica la necesidad de clarificar el término de pastos sin árboles con diferentes expertos, para ser utilizado en la clasificación de las imágenes. Para aclarar este punto se llevó a cabo el taller “Definición conjunta de criterios que permitan construir la capa de pastos sin árboles, dentro de las herramientas del MOCUPP”. Este taller se realizó el 6 de marzo de 2019 y a partir de los resultados de este taller se trabaja en la definición que permita al equipo técnico desarrollar la capa de pastos sin árboles del ACLAP y en el futuro cercano, del país. Los resultados del taller estarán disponibles en una memoria que será presentada en el mes de junio. Como parte de los resultados más importantes del taller es la utilización de una metodología internacional para la clasificación de las coberturas, se ha iniciado el proceso de digitalización y entrenamiento de las imágenes Sentinel 2. Así mismo, se han llevado a cabo varias capacitaciones impartidas al personal técnico que trabaja en el desarrollo de la información cartográfica. Además, se ha realizado una fuerte revisión de literatura y evaluación de diferentes métodos de clasificación.
Validación de la cobertura	0%	Actividad programada para realizarse durante el segundo y tercer trimestre de 2019.
Publicación en el SNIT	0%	Actividad programada para realizarse a finales de 2019.
Entrega Informe de avance	100%	Esta actividad contempla la entrega de este documento.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Diagrama de flujo de proceso metodológico.

En la **Figura 1**. Flujograma de trabajo de la metodología para la identificación de pastos sin árboles en ACLAP. se muestra el flujograma correspondiente al desarrollo de la metodología preliminar de trabajo para elaborar la capa de pastos sin árboles para el Área de Conservación La Amistad Pacífico (ACLAP).

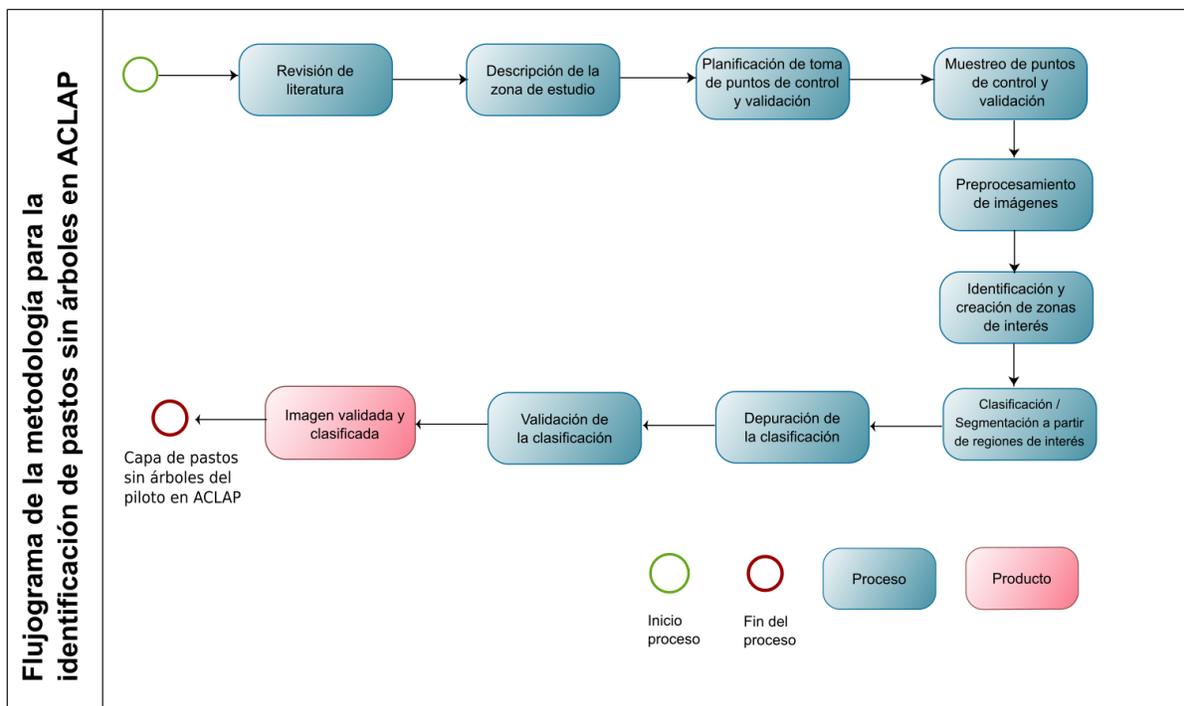


Figura 1. Flujograma de trabajo de la metodología para la identificación de pastos sin árboles en ACLAP.

Esta metodología está en desarrollo y se valorará su aplicabilidad para la implementación en la identificación de pastos sin árboles para todo Costa Rica.

4.2 Descripción de la zona de estudio.

Para el desarrollo del proyecto “*Conservando la biodiversidad por medio del manejo sostenible de los paisajes productivos en Costa Rica-MOCUPP-Piloto Pastos ACLAP*” se eligió el Área de Conservación La Amistad Pacífico (ACLAP) como plan piloto para el diseño de la metodología de identificación de pastos limpios, dicha metodología se valorará para ser replicada posteriormente a nivel nacional.

La descripción de la Zona de Estudio se presenta como parte de la investigación inicial realizada. Esta información es fundamental para analizar los momentos de la realización de las giras de campo, la productividad en la zona y a futuro información de importancia para el análisis de las coberturas en función de los tipos de uso del suelo y las relaciones de pérdida y ganancia. Además, es una de las zonas de interés del proyecto financiado por el GEF.

El Área de Conservación la Amistad Pacífico cuenta con una extensión de 5.557,9 km², la cuál abarca la mayor parte de la Cordillera de Talamanca hasta la frontera con Panamá. Está conformada por siete cantones; sin embargo, el 94% del área, lo comprenden los cantones de Pérez Zeledón, Buenos Aires y Coto Brus. El otro 6% del área está cubierta por los cantones de Talamanca, Limón, Turrialba y Paraíso.

Dentro de ACLAP se localizan áreas Silvestres Protegidas de gran importancia para el país como la Reserva Forestal los Santos, el Parque Internacional la Amistad, el Parque Nacional Chirripó, la Zona Protectora las Tablas, los refugios nacionales de vida silvestre Montaña del Tigre, Río General y Longo Mai; así como los humedales de San Vito y Lacustrino Laguna del Paraguas. Razón por la que es considerada una zona con gran diversidad de ecosistemas y variedad de microhábitat.

Considerando los cantones con mayor extensión dentro de ACLAP, se indicarán algunos aspectos socioeconómicos además de las principales actividades agrícolas que se desarrollan en cada uno de estos.



a) Pérez Zeledón

Según datos del Censo Nacional de Población y Vivienda (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), 2011), Pérez Zeledón cuenta con una población total de 134.534 habitantes, de los cuales un 33,8% (45.551 habitantes) de la población integra la fuerza de trabajo. Es importante resaltar que más de la mitad de la población del cantón reside en zona rural (51,9%) y una mayoría de su población se encuentra alfabetizada (97,2%) con un nivel educativo del 34% con primaria completa. Además, presenta un bajo desempleo de 3,4% del total de su población. (Municipalidad de Pérez Zeledón, 2016). En el área de salud, la mayoría de la población de Pérez Zeledón cuenta con algún método de seguro (86,4%), solo un 12,9% no cuenta con ningún tipo. En cuanto a infraestructura, del total de complejo habitacional de la población un 99,4% cuenta con servicio de luz eléctrica, agua potable 89,9% y un 20,6% con acceso a internet.

Según INEC (2011), las principales actividades dentro del cantón de Pérez Zeledón se enfocan en el comercio, la agricultura, ganadería y pesca; en porcentajes menores está la enseñanza, la industria, la prestación de servicio a hogares y la construcción. Por otro lado el cantón contiene 8.059 fincas, con una extensión de 97.274,1 de hectáreas, donde el 46,7% de las fincas se dedican a la actividad agrícola principalmente a la producción de café, caña de azúcar y granos básicos; un 46,9% se dedican a la actividad pecuaria dentro de ellas la acuicultura, avicultura, ganado porcino y el ganado vacuno y el otro 6,4% a otras actividades como el turismo y protección de los bosques, entre otras actividades. Es importante mencionar que 38.396 hectáreas del cantón son dedicadas al pastoreo, (INEC, 2015).

b) Buenos Aires y Coto Brus

Según INEC (2011), el cantón de Buenos Aires y Coto Brus cuentan con un total de 83.677 habitantes, incluyendo a la población indígena que albergan cinco grupos étnicos y nueve territorios indígenas, ocupando distintas áreas de su territorio. Además, es importante



mencionar que en ambos cantones la mayoría de la población reside en zonas rurales con un 69,05% de la población y un 30,95% en la zona urbana.

Ahora bien, respecto a las características económicas del cantón se obtienen datos del Censo de Población del 2011, en el cual arroja que los cantones de Buenos Aires y Coto Brus son los que presentan las tasas más bajas respecto al acceso de mercado laboral. Asimismo, se concluye que Buenos Aires es considerado el tercer cantón de la región Brunca con mayor pobreza extrema, con tan solo tener a un 29,62% de la población total trabajando de manera activa.

En relación con las principales actividades productivas del territorio por sus características climáticas y topográficas se enfocan en el cultivo de piña, la ganadería, el café, la caña de azúcar y el cultivo de granos básicos.

Sin embargo, de acuerdo con (Instituto de Desarrollo Rural (INDER), 2014), la información suministrada por la Dirección Regional del Ministerio de Agricultura y Ganadería; las principales actividades agrícolas a las que se dedican los cantones son el café, ganadería, granos básicos, tubérculos, frutales, comercio, hortalizas y caña de azúcar. Por otro lado, INEC (2015), indica que el cantón de Buenos Aires destina 58.469,2 hectáreas para trabajar en pastoreo, mientras que Coto Brus utiliza solamente 20.199,5 hectáreas para dicha actividad.

A continuación, se adjunta el mapa con la ubicación del Área de Conservación la Amistad Pacífico, correspondiente a la zona de estudio de este proyecto.



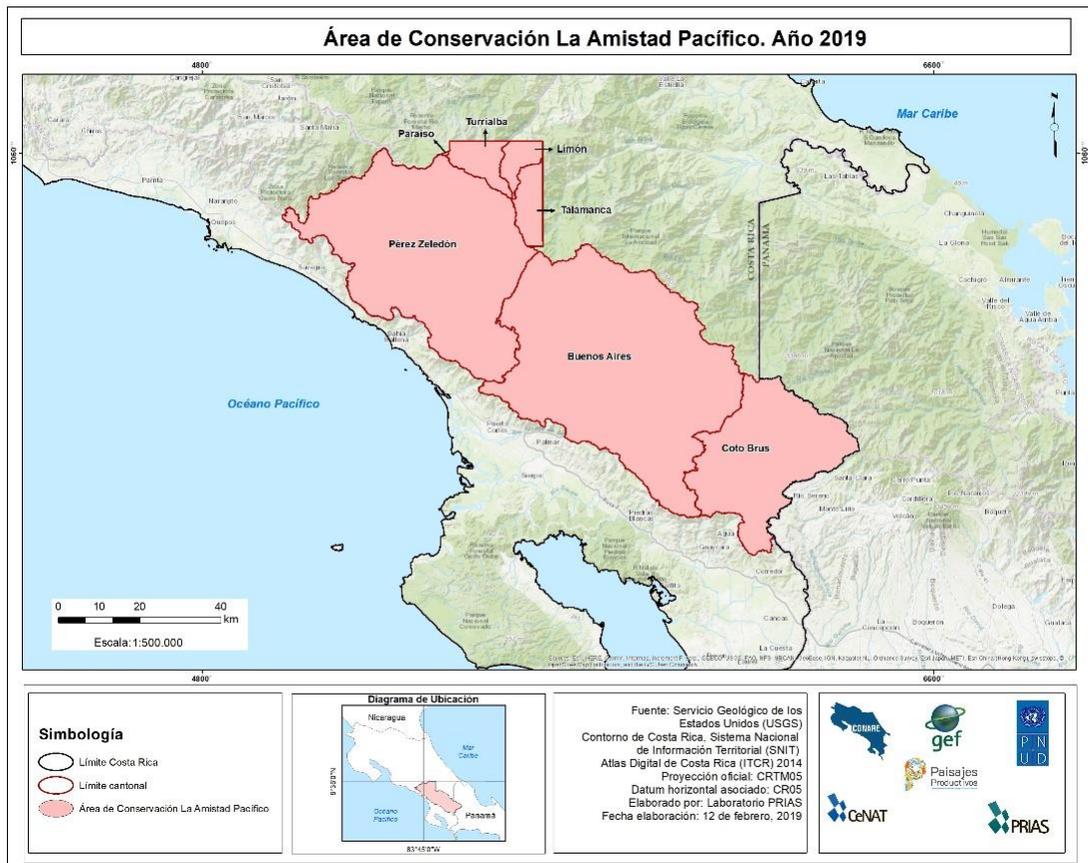


Figura 2. Área de estudio del Plan Piloto del proyecto MOCUPP Pastos.

4.3 Planificación de toma de puntos de control y validación.

Un punto esencial para la correcta ejecución de una gira de campo, es una buena y detallada planificación previa. Donde se delimitan las zonas a visitar, las rutas a seguir, la cantidad de puntos a tomar y la frecuencia de la medición. En la **Figura 3** se muestra la metodología utilizada para la planificación y muestreo de las giras de campo del plan piloto de la capa de pastos sin árboles.

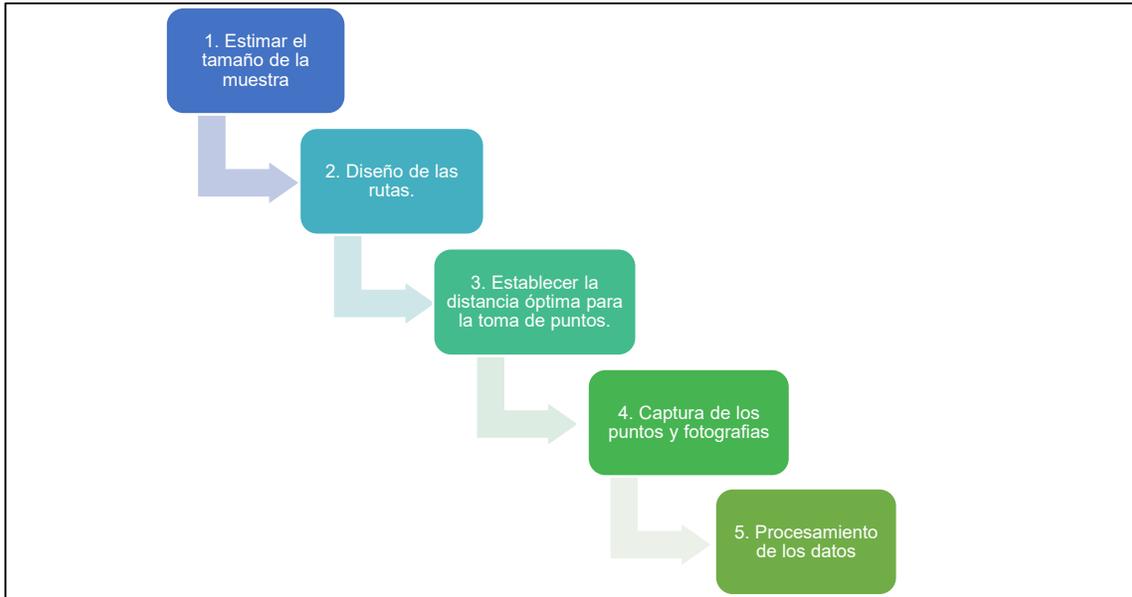


Figura 3. Metodología de la toma de datos de campo, del proyecto MOCUPP-Pastos

4.3.1 Estimar el tamaño de la muestra

La cantidad de puntos a tomar en campo por tipo de clase debe representar una muestra significativa, tomando en cuenta los parámetros de interés a desarrollar en el proyecto.

Para la toma de puntos de campo por tipo de clase se aplicó la siguiente fórmula, debido a que según Chuvieco (2010), “Para el caso de una imagen clasificada, en donde la variable no es cuantitativa sino categórica, se recomienda emplear la distribución binominal de probabilidad”.

$$\text{Formula 1: } n = \frac{z^2 pq}{L^2}$$

Donde las variables a analizar son las siguientes:

n: Tamaño de la muestra

z: Nivel de probabilidad



p: Porcentaje estimado de aciertos

q: El porcentaje de errores $((1-p) \times 100)$

L: El nivel permitido de errores

Para el proyecto en estudio se muestran los valores aplicados para cada una de las variables, con el cual se obtuvo la cantidad de puntos a muestrear por clase.

n: 384,16

z: 1,96

p: 50

q: 50

L: 5

$$n = \frac{1,96^2 * 50 * 50}{5^2} = 384,16$$

Con respecto a los datos anteriores el tamaño de la muestra (n) por clase debe ser de 384,16 puntos, sin embargo, a este valor se le suma el 50% para obtener los puntos de validación, para un total de 576 puntos por clase, con los que se comprobará la calidad del trabajo generado. La variable (z) corresponde a un valor de 1,96, esto debido a que se definió un porcentaje de probabilidad de un 95%. Los valores de (p) y (q) se igualaron a 50 y (L) se determinó con un error permitido de un 5%.

4.3.2 Diseño de rutas

Establecido el tamaño de la muestra por clase, se trazaron las rutas a nivel de ACLAP. Las rutas fueron diseñadas con el objetivo de recorrer la mayor cantidad de área posible y obtener puntos de cobertura y uso en toda el área de estudio.



Primeramente, con ayuda de Google Earth Pro se analizó el área de estudio y se colocaron puntos de interés. Una vez obtenidos los puntos a nivel de ACLAP por medio del software libre QGIS 3.4.1 se trazaron las rutas siguiendo los puntos y verificando que los caminos fueran accesibles según la información de Google Maps.

Generadas las rutas en QGIS, se exportaron en formato .kml para ser utilizadas en el campo por medio de la aplicación de Google My Maps.

4.3.3 Establecer distancia óptima de toma de puntos

Se estableció una distancia óptima de 2 kilómetros entre punto y punto para la toma de datos de campo, considerando que los puntos tomados de uso y cobertura sean aleatorios en donde no se altere los datos y se capture la mayor cantidad de coberturas existentes en ACLAP.

4.3.4 Captura de puntos GPS y fotografías (muestreo de puntos de control y validación).

Una vez definida la distancia para la toma de puntos, se procedió a la recolección de los mismos por medio de un dispositivo GPS, utilizando un error máximo permitido de ± 5 metros, este dispositivo es un receptor de señales satelitales denominado Sistema de Posicionamiento Global.

Para cada punto se registró el tipo de cobertura y uso a los 50, 100 y 150 metros a ambos lados del punto central, además se calculó el azimut por medio de una brújula y se tomaron fotografías en las dos direcciones.

4.3.5 Procesamiento de datos

Para el procesamiento de los datos obtenidos en campo se realizaron los siguientes tres pasos.

1. Descargar los puntos del GPS
2. Completar la tabla de Excel
3. Reproyectar los puntos, utilizando la distancia y azimut respectivo

La descarga de los puntos del GPS se realizó por medio del programa Garmin Base Camp, una vez descargada la información, ésta permitió obtener las coordenadas geográficas para cada punto, así como la altura.

Con la información obtenida de los puntos tomados con el GPS, además del uso y la cobertura dada a los 50, 100 y 150 metros, el dato del azimut y el número de foto se procedió a completar la tabla de excel.

Una vez tabulada toda la información en la tabla de excel, se procedió a la re-proyección de los datos, con el objetivo de analizar la información generada y que sea un insumo más para la elaboración del proyecto.

4.5 Tratamiento de imágenes satelitales.

El pre-procesamiento de las imágenes satelitales es fundamental al trabajar con sensores remotos, de modo que se pueden identificar errores radiométricos, geométricos o bien atmosféricos, debido a la interacción de la atmosfera con el sensor.

A continuación, se muestra la **Figura 4**, donde se detalla el pre-procesamiento de las imágenes. Primeramente, se realizó un análisis de las imágenes tanto de los sensores Landsat 8 como Sentinel 2. Una vez seleccionadas las imágenes se



descargaron para el tratamiento digital de la información.

Las imágenes Landsat 8 fueron sometidas a la corrección radiométrica y atmosférica. La corrección radiométrica se enfoca principalmente en la restauración de líneas y píxeles perdidos, lo que ayuda en la interpretación de imágenes, especialmente cuando se realiza análisis digital (Chuvienco, 2010). Además, las imágenes se corrigieron atmosféricamente, previamente los datos se registraron como porcentajes de reflectancia, mediante estas correcciones se elimina el efecto de las condiciones atmosféricas.

Para las imágenes Sentinel 2 se realizó una combinación de bandas para formar una imagen a color natural o a falso color.

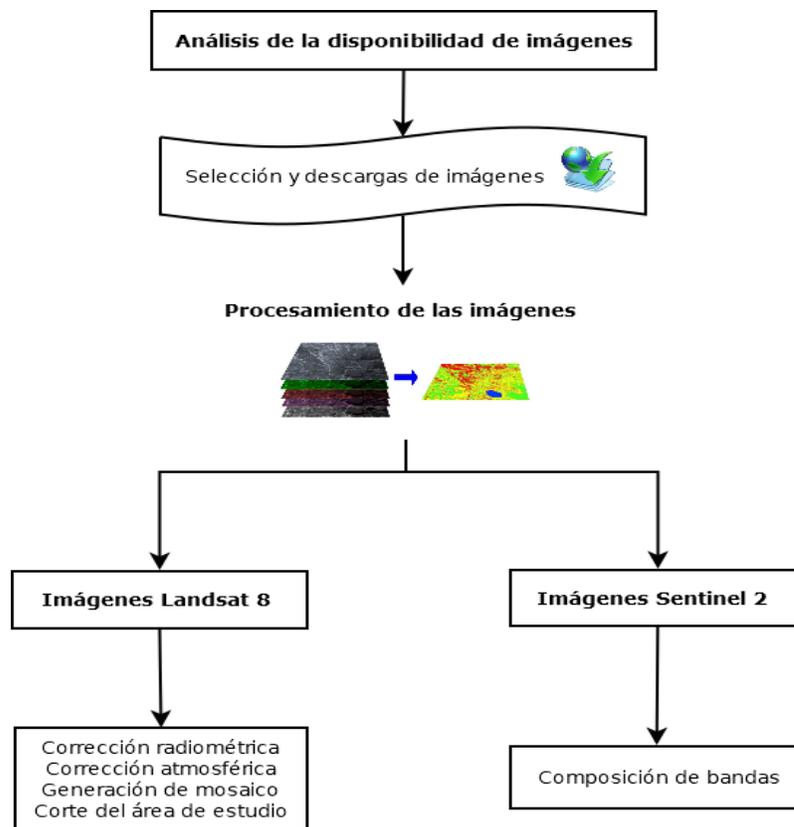


Figura 4. Flujograma del tratamiento de imágenes satelitales.

4.5.1 Descarga de imágenes satelitales

Se descargaron imágenes Landsat 8 y Sentinel 2. La cantidad de imágenes requeridas para cubrir el área de ACLAP fueron 3 para Landsat y 4 para Sentinel. Estas imágenes se descargaron para todos los meses del año 2018.

Se muestra en este informe el proceso de descarga de datos para Sentinel y Landsat.

a) Descarga de datos Sentinel

En el **Cuadro 3** se muestra la distribución de las bandas de las imágenes Sentinel 2, identificando el número de banda con su respectivo nombre, la longitud de onda en nanómetros y la resolución de la banda en metros.

Cuadro 3. Distribución de bandas para el sensor Sentinel 2 (ESA, 2015).

Banda	Longitud de onda (nm)	Resolución (m)
B1 - Aerosol costero	443	60
B2 - Azul	490	10
B3 - Verde	560	10
B4 - Rojo	665	10
B5 - Infrarrojo cercano (NIR)	705	20
B6 - Infrarrojo cercano (NIR)	740	20
B7 - Infrarrojo cercano (NIR)	783	20
B8 - Infrarrojo cercano (NIR)	842	10
B8A - Infrarrojo cercano (NIR)	865	20
B9 - Vapor de agua	945	60
B10 - Cirrus (SWIR)	1375	60
B11 - Infrarrojo lejano (SWIR)	1610	20
B12 - Infrarrojo lejano (SWIR)	2190	20

Feunte: European Space Agency (ESA). (2015). *Sentinel-2 Products Specification Document*. Recuperado de

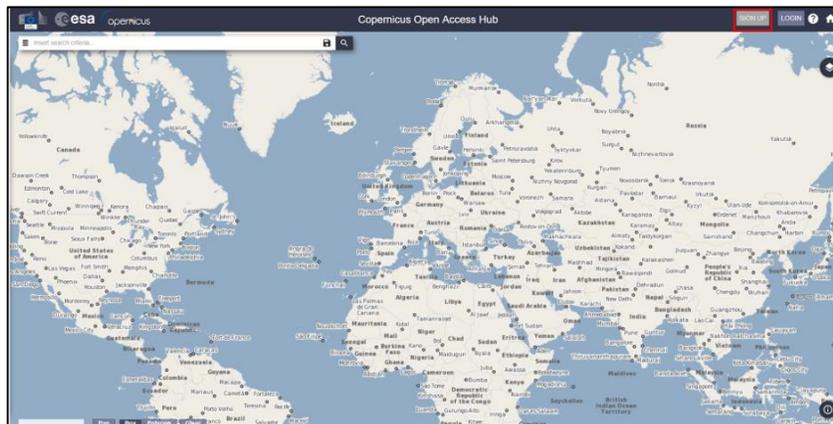
https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2_MSI_Product_Specification.pdf

Búsqueda y registro en la página

- a) Ingresar a la página de Copernicus de la ESA
<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>



- b) Una vez se encuentre en la página de Copernicus diríjase a la opción de **SIGN UP** para ingresar al formulario de registro.



- c) En la ventana **Register new account** debe completar los espacios en blanco para poder crear un usuario y ser miembro de la página. Finalmente debe dar click en la opción **REGISTER**

Register new account

Sentinel data access is free and open to all.

On completion of the registration form below you will receive an e-mail with a link to validate your e-mail address. Following this you can start to download the data. Username field accepts only lowercase alphanumeric characters plus ".", "-", "_" and ".".

Firstname Lastname

Username

Password Confirm Password

E-mail Confirm E-mail

Select Domain

Select Usage

Select your country

By registering in this website you are deemed to have accepted the T&C for Sentinel data use.

REGISTER

Selección del área de interés

- a) Una vez la información del registro sea confirmada se procede a ingresar a la cuenta. En la opción **LOGIN** digite su nombre de usuario y contraseña creados en el paso anterior.

SIGN UP LOGIN ?

LOGIN

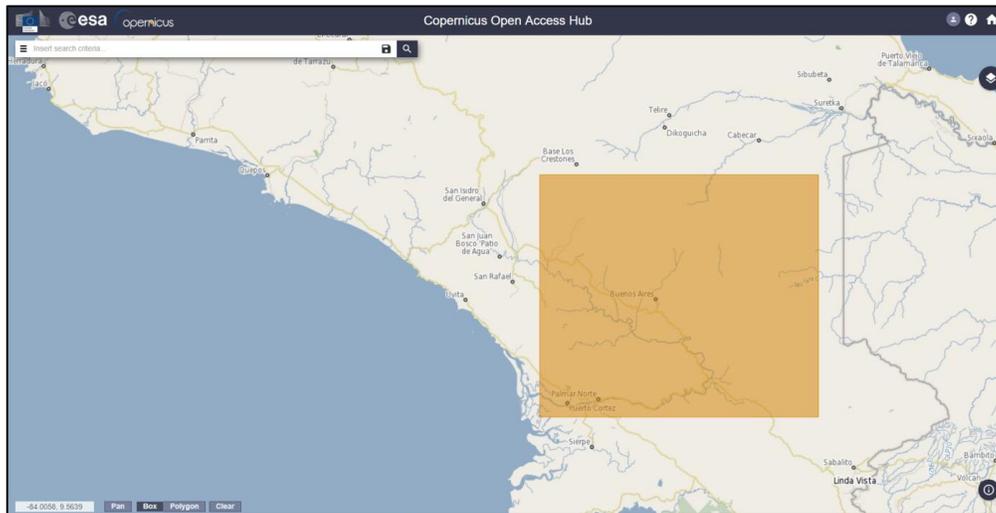
Username

Password

LOGIN

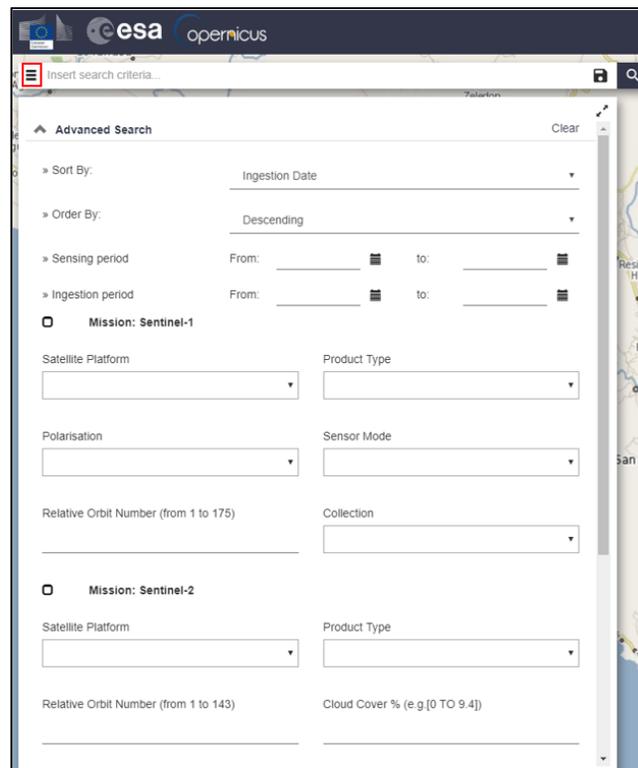
Forgot password?

- b) En el mapa presente en la página principal busque el lugar del cuál desea obtener la imagen satelital. Al mantener presionado el click izquierdo del mouse se puede desplazar por el mapa. Seguidamente con click derecho dibuje un polígono en el área específica donde desea buscar la imagen.

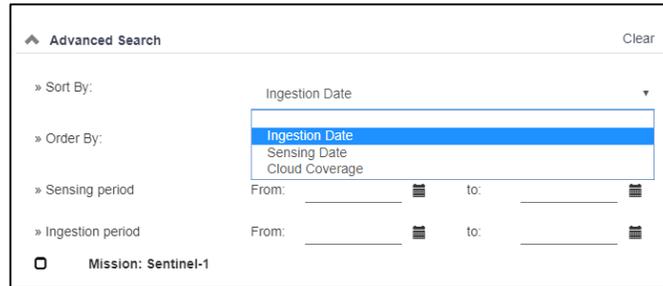


Búsqueda y descarga de imágenes

- Seleccione la opción ***Insert search criteria*** para desplegar los criterios de búsqueda de las imágenes.

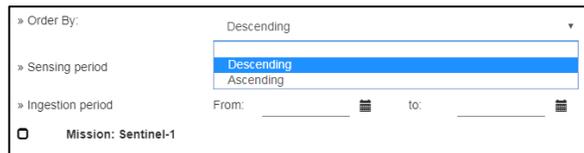


- b) En la opción **Sort By** se puede seleccionar un orden en la búsqueda. **Ingestion date** se refiere a la fecha en que se subió la foto y **Sensing Date** la fecha en la que esta fue tomada. Además, se puede ordenar a partir de la cobertura de nubes con la opción **Cloud Coverage**.



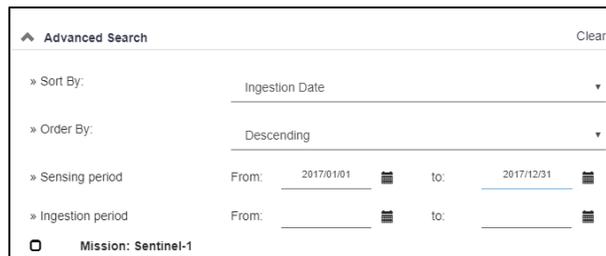
The screenshot shows the 'Advanced Search' interface. The 'Sort By' dropdown menu is open, displaying three options: 'Ingestion Date', 'Sensing Date', and 'Cloud Coverage'. The 'Ingestion Date' option is currently selected. Other search criteria like 'Order By', 'Sensing period', and 'Ingestion period' are visible but not selected. The mission is identified as 'Sentinel-1'.

- c) La opción **Order By** permite mostrar las imágenes ya sea en un orden descendente o ascendente.



The screenshot shows the 'Advanced Search' interface. The 'Order By' dropdown menu is open, displaying two options: 'Descending' and 'Ascending'. The 'Descending' option is currently selected. Other search criteria like 'Sort By', 'Sensing period', and 'Ingestion period' are visible but not selected. The mission is identified as 'Sentinel-1'.

- d) Según la opción elegida en la pestaña de **Sort By**, se procede a seleccionar un rango de fecha deseada para las imágenes.



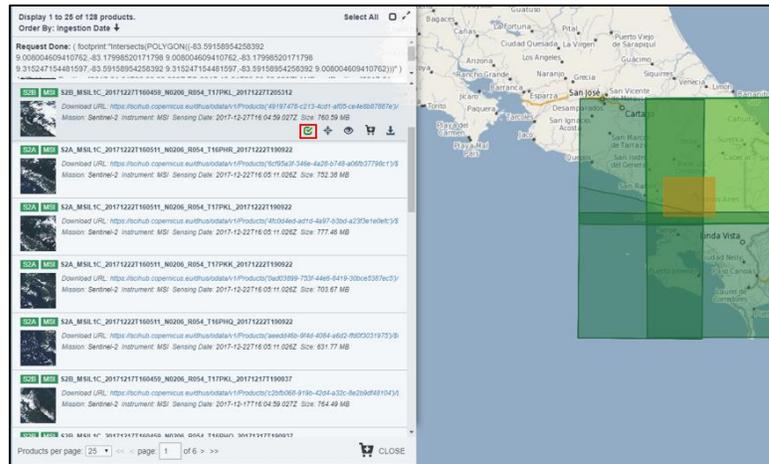
The screenshot shows the 'Advanced Search' interface. The 'Sensing period' dropdown menu is open, and the date range is set from '2017/01/01' to '2017/12/31'. Other search criteria like 'Sort By' and 'Order By' are visible and selected. The mission is identified as 'Sentinel-1'.

- e) Las imágenes que se desean buscar son Sentinel-2, por lo que se debe seleccionar el cuadro que dice **Mission: Sentinel-2**.

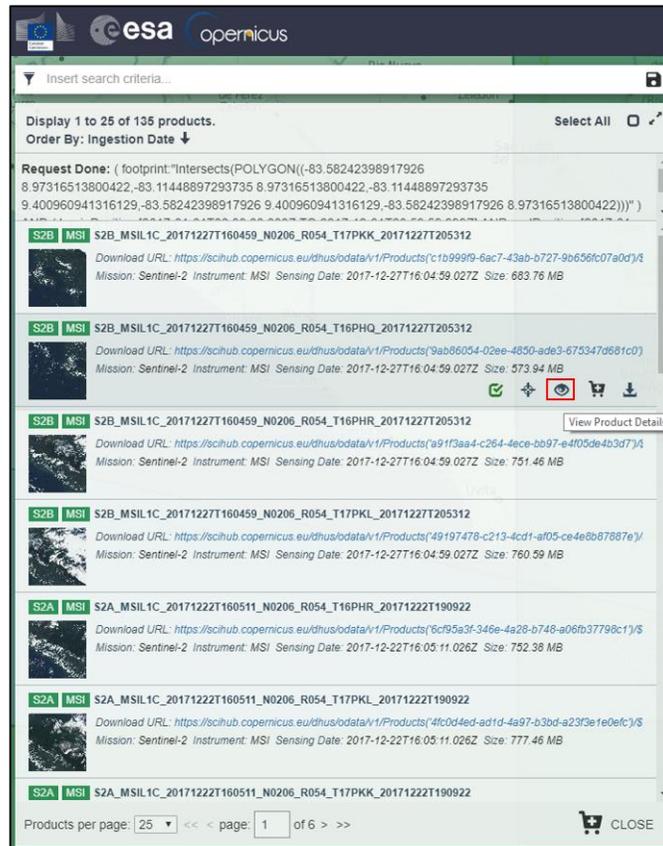


The screenshot shows a checkbox labeled 'Mission: Sentinel-2' which is checked, indicating the selection of Sentinel-2 images.

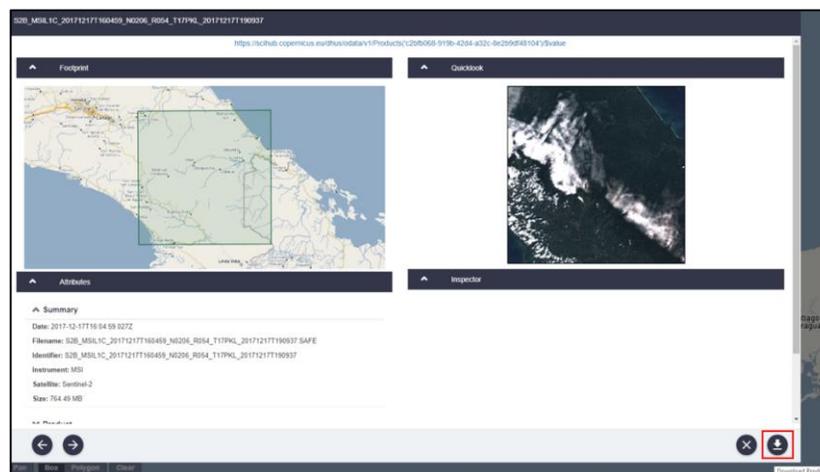
- f) Una vez seleccionados los criterios deseados para las imágenes se da click en el icono de buscar . Seguidamente aparecerá un listado de las imágenes disponibles. En el mapa salen diferentes recuadros en color verde, que corresponden a la ubicación de las imágenes que aparecieron en la búsqueda, al seleccionar alguna con el icono , la sección del mapa donde ésta se ubica se pondrá de un color verde más claro.



- g) Para poder observar una vista previa de alguna imagen, esta se debe seleccionar y dar click en el icono de **View Product Details**.

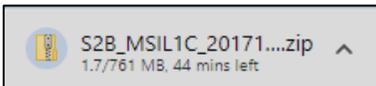


h) Una vez seleccionada la imagen deseada se debe dar click en la opción **Download Product**.



CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Piloto Pastos sin árboles ACLAP	Informe N°: 1
	Cultivo: Pastos productivos
	Fecha: 26/04/2019
	Página 30 de 61

i) La imagen comenzará a descargarse



b) Descarga de datos Landsat

El otro sensor seleccionado para este estudio es Landsat, específicamente Landsat 8, el cual incorpora dos instrumentos de barrido: el sensor Operational Land Imager (OLI) y un sensor térmico infrarrojo Thermal Infrared Sensor (TIRS). La incorporación de dos nuevas bandas espectrales, un canal profundo en el azul visible (banda 1), diseñado específicamente para los recursos hídricos e investigación en zonas costeras, y un nuevo canal infrarrojo (banda 9) para la detección de nubes cirrus. Adicionalmente una nueva banda de control de calidad se incluye con cada producto de datos generado. Esto proporciona información más detallada sobre la presencia de características tales como las nubes, agua y nieve. Los datos recogidos por los instrumentos a bordo el satélite están disponibles para descargar gratuitamente de GloVis, EarthExplorer, o mediante el Visor de LandsatLook dentro de las 24 horas de recepción.

Los datos de productos Landsat 8 son totalmente compatibles con todos los datos de los productos estándar a nivel 1 (ortorectificado) creados usando Landsat 1 al Landsat 7, el **Cuadro 4** describe algunas características de los datos (United States Geological Survey , 2013).



Paisajes Productivos
 Conservar la biodiversidad con producción sostenible



Cuadro 4. Características y especificaciones del sensor Landsat

Característica	Especificaciones
Tamaño de píxel	Bandas OLI multiespectrales 1-7,9: 30-metros Banda OLI pancromática 8: 15-metros Bandas TIRS 10-11: tomadas en 100 metros, pero remuestreadas a 30 metros para que coincida con las bandas multiespectrales de OLI
Información de los datos	<ul style="list-style-type: none"> • Formato de datos GeoTIFF • Remuestreo por convolución cúbica (CC) • Norte arriba (MAP) de orientación • Proyección cartográfica: Universal Transversal Mercator (UTM) (estereográfica polar de la Antártida) • Datum al Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84 • 12 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para OLI • 41 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para TIRS • Los valores de píxel en 16 bits
Entrega de datos	Archivo comprimido .Tar.gz y de descarga a través de HTTP
Tamaño de archivo	Aproximadamente 1 GB (comprimido), aproximadamente 2 GB (sin comprimir)

Fuente: (United States Geological Survey , 2013)

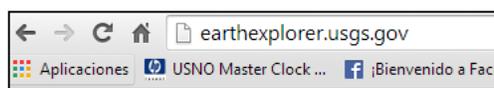
Cuadro 5. Distribución de bandas para el sensor Landsat 8

Banda	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
Banda5 – Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
*Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS)	10.60 - 11.19	100
*Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

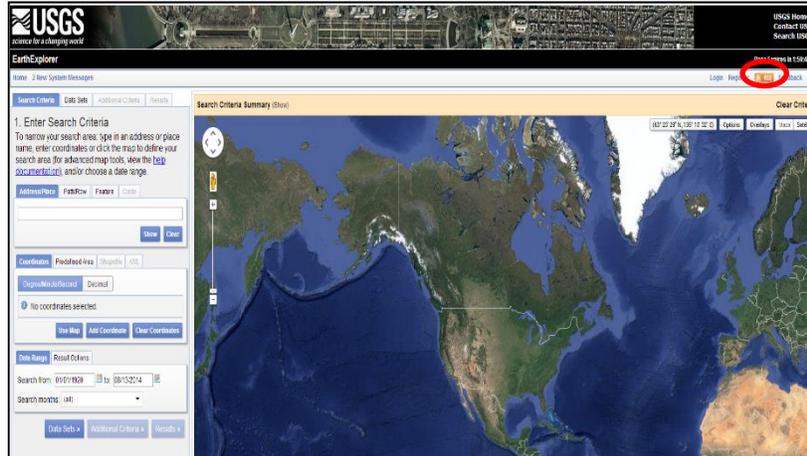
Fuente: (United States Geological Survey , 2013)

a) Búsqueda y registro en la página

- 1) Entrar a la página de *Earth Explorer* <http://earthexplorer.usgs.gov/>



- 2) Una vez que esté en la página del *Earthexplorer* del USGS diríjase al link de registro y aparecerá el formulario de registro.



- 3) En la ventana **Login Information** tendrá que crear el usuario llenando los espacios en blanco para poder ser miembro de la página.

1. Login 2. User Affiliation 3. Address 4. Confirmation

The USGS EROS registration service allows you to register and save information that can be used to access a specific USGS site or to place orders for USGS products. Additional features, such as the ability to save search information, may also be available to registered users depending on the site accessed.

To register, please create a user name and password. The information you provide will be secure and not shared with others. Review our [privacy policy](#).

Login Information

Password must be between 8 and 16 characters long, and contain at least one alphabetic and numeric character.

Username:

Password:

Confirm Password:

You may wish to use your email address for your user name.

[Privacy & Terms](#)

Note: All fields are required.

4) En la venta **UserAffiliation** se deben ingresar los datos con la información de acuerdo al uso que se le va dar a las imágenes y seleccionar **Continue**.

[1. Login](#) [2. User Affiliation](#) [3. Address](#) [4. Confirmation](#)

Enter your user affiliation and data usage information. This information helps us do a better job of addressing your needs.

User Affiliation/Data Usage Information

In what sector do you work? (Please select only one answer.)
 *Sector:

*U. S. Fed Agency user: Yes No
 If you selected Academic institution, Non-profit organization or Private business, are you working on behalf of a U.S. Federal Agency?

*Which of the following characterizes you as a user of remotely sensed data from USGS? (Please check all that apply.)

Data provider (provide data for someone else to use)
 Product developer (create products derived from Landsat imagery, such as land cover maps)
 Technical user (work on technical issues specifically related to the imagery, like calibration and validation)
 End user (apply data or products derived from the data to accomplish my work, including scientific research and education)
 Manager (supervise technical and/or end users; also may make decisions based on work which uses the data)
 Other (please specify):

*Does your work use remotely sensed data from the USGS?
 Yes No

Of your work that uses remotely sensed data from USGS, what percentage is operational and non-operational?
 - Operational work is defined as continuous or ongoing work that either relies on the consistent availability of remotely sensed data or is mandated or required (for example, crop reports, routine mapping, monitoring).
 - Non-operational work is defined as one-time projects or other work that is not mandated (for example, most scientific research).

Operational Work Percentage: 80%

 (Use slider to set the Operational Percentage.)

What is the primary application for which you have used remotely sensed data from USGS in the past year? (Please select only one answer.)
 *Primary Data Usage:

*In addition to the primary application, in what other areas have you used remotely sensed data from USGS in the past year? (Please check all that apply.)

I have not used it in other areas

<input type="checkbox"/> Agriculture forecasting	<input type="checkbox"/> Agricultural management/production/conservation
<input type="checkbox"/> Alternative energy exploration/development	<input type="checkbox"/> Assessments and taxation
<input type="checkbox"/> Biodiversity conservation	<input type="checkbox"/> Climate science/change
<input type="checkbox"/> Coastal science/monitoring/management	<input type="checkbox"/> Cryospheric science
<input type="checkbox"/> Cultural resource management/archaeology/archaeology	<input type="checkbox"/> Defense/national security
<input type="checkbox"/> Ecological/ecosystem science/monitoring	<input type="checkbox"/> Education: K-12
<input checked="" type="checkbox"/> Education: university/college	<input type="checkbox"/> Emergency/disaster management
<input type="checkbox"/> Energy /metals/minerals exploration/extraction/development	<input type="checkbox"/> Engineering/construction/surveying
<input type="checkbox"/> Environmental regulation	<input type="checkbox"/> Fish and wildlife science/management
<input type="checkbox"/> Fire science/management	<input type="checkbox"/> Forest science/management
<input type="checkbox"/> Geology	<input type="checkbox"/> Hazard insurance
<input type="checkbox"/> Humanitarian aid	<input type="checkbox"/> Law enforcement
<input type="checkbox"/> Land use/land cover change	<input type="checkbox"/> Public health
<input type="checkbox"/> Range/grassland science/management	<input type="checkbox"/> Real estate/property management
<input type="checkbox"/> Recreation science/management	<input type="checkbox"/> Rural planning and development
<input type="checkbox"/> Software development	<input type="checkbox"/> Telecommunications
<input type="checkbox"/> Technical training	<input type="checkbox"/> Transportation
<input checked="" type="checkbox"/> Urban planning and development	<input type="checkbox"/> Urbanization (e.g., growth, sprawl)
<input type="checkbox"/> Utilities	<input type="checkbox"/> Water resources

Other Application:

Over the next year, approximately how much of the remotely sensed data you acquire from USGS will you distribute to others to use as opposed to using it yourself? (Please select only one answer.)
 *Distribution Amount:

Over the next year, how important will free and open access to remotely sensed data from USGS be to conducting your work? (Please select only one answer.)
 *Access Importance:



<p>CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Piloto Pastos sin árboles ACLAP</p>	Informe N°: 1
	Cultivo: Pastos productivos
	Fecha: 26/04/2019
	Página 34 de 61

5) En la ventana **Address** se deben llenar los espacios en blanco con los datos personales, dirección, teléfono, correo y dar click en *Continue*.

[1. Login](#) [2. User Affiliation](#) [3. Address](#) 4. Confirmation

Steps for entering Address information ([We do not share any information you enter here!](#))

Enter the address where we can contact you.

Click the "Continue" button when you are done.

Contact [Customer Services](#) if you are a business partner or if you qualify for special ordering options.

Contact Information

*First Name:

*Last Name:

Company/Organization:

*Address 1:

Address 2:

*Country:

*City:

State/Province:

Example: SD, South Dakota, sd, south dakota

*Zip/Postal Code:

*E-mail: Needed to activate your account.

*Retype E-mail:

Alternative E-mail:

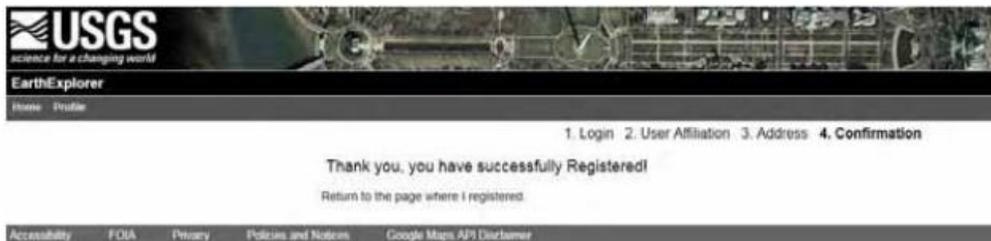
*Telephone:

Example: XXXXXXXXXX, XXX XXX, XXXX, XXX-XXX-XXXX, (Phone # used only if we have questions about an order)

Fax:

* = Required Field

6) Verá la información de confirmación de su registro exitosa.



Una vez registrado se puede consultar y descargar imágenes, recuerde que si no está registrado se puede consultar, pero al momento de descargar la información tendrá que ser un usuario registrado.



b) Selección del área de interés

- 1) Una vez registrado, vuelva a “Home” del sitio web dando clic en el link de la izquierda.
- 2) Ingrese a la cuenta creada anteriormente. Marque con el botón izquierdo del mouse el punto de su interés con un click sobre el área y verifique en la parte izquierda de su pantalla que se haya marcado la coordenada.

c) Búsqueda y descarga de imágenes

- 1) En la pestaña “**Data Range**” seleccione los valores en “**Searchfrom**” entre 01/01/1920 y 12/31/2020, y en la casilla que dice “**SearchMonths**” seleccione **ALL**.
- 2) En la pestaña de “**ResultOptions**” seleccione “100” en **Numberofrecordstoreturn**(ver el registro de la Imagen).
- 3) Pique el botón “**Data Sets**”. Se desplegará una lista de los datos que se pueden consultar, seleccione “**Landsat Archive**” y de las opciones escoja **L8 OLI/TIRS**. Luego seleccione **Results**.
- 4) Se despliegan los resultados de las imágenes encontradas para el área de interés.
- 5) Para ver la cobertura del área de la imagen, seleccione el botón “**Show Footprint**”.
- 6) Para tener una vista previa de la imagen a descargar seleccione el botón “**Show BrowseOverlay**”.
- 7) Para descargar la imagen seleccione el botón “**DownloadOptions**”.
- 8) Se despliega la ventana de los productos que se pueden utilizar, elija **Level 1 GeoTIFF Data Product**.
- 9) La imagen comenzará a descargarse.

Descarga de imágenes gratuitas desde la página GLOVIS del USGS (U.S.GEOLOGICAL SURVEY)

- 1) Ingrese al sitio web de *GLOVIS* <http://glovis.usgs.gov/>
- 2) Seleccione el área de interés con el clic izquierdo del mouse.
- 3) Se despliega una serie de imágenes satelitales sobre las cuales se puede desplazar y seleccionar la de interés.
- 4) Si se conocen las coordenadas geográficas del sector se pueden ingresar directamente.
- 5) Puede utilizar las herramientas disponibles para determinar el porcentaje de nubosidad y para desplazarse por las imágenes.
- 6) Puede seleccionar el mes y año de la imagen a trabajar.
- 7) Seleccione la opción **Add** para agregar la imagen a la zona de descarga, y seleccione **SendtoCart**.
- 8) Aparecerá la opción para ingresar a su cuenta.
- 9) Saldrá una ventana donde se activan todas las imágenes a descargar. Seleccione el botón de descarga.
- 10) En la ventana **DownloadOptions** indique el nivel del producto, en este caso, *Level 1 product*. La imagen comenzará a descargarse.

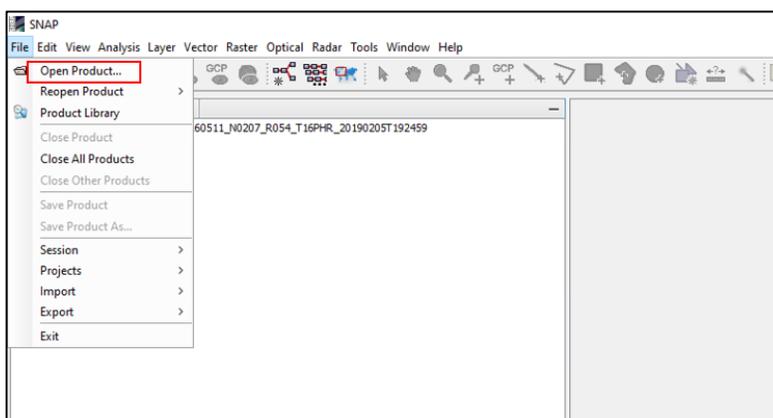
4.5.2 Preprocesamiento de imágenes satelitales

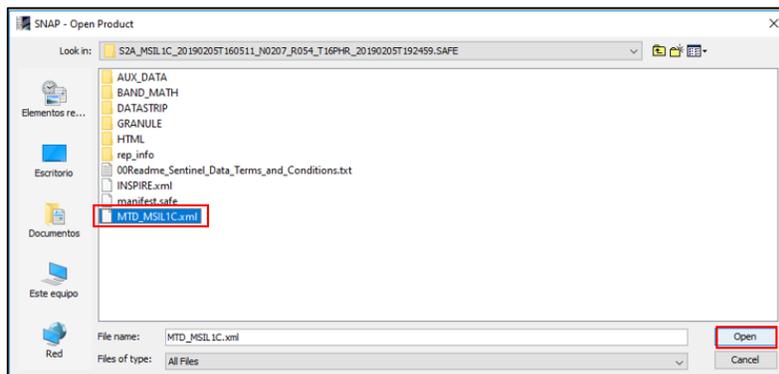
Al realizar la descarga de imágenes satelitales, estas presentan errores inherentes debido a la interacción del sensor con la atmósfera y la superficie en estudio. Para el caso de conocer el pre-procesamiento de las imágenes Landsat se puede consultar el proceso de corrección atmosférica descrito por (Aguilar-Arias, Mora-Zamora, & Vargas-Bolaños, 2014).

El pre-procesamiento para las imágenes satelitales del sensor Sentinel 2 en el Software SNAP se muestra a continuación.

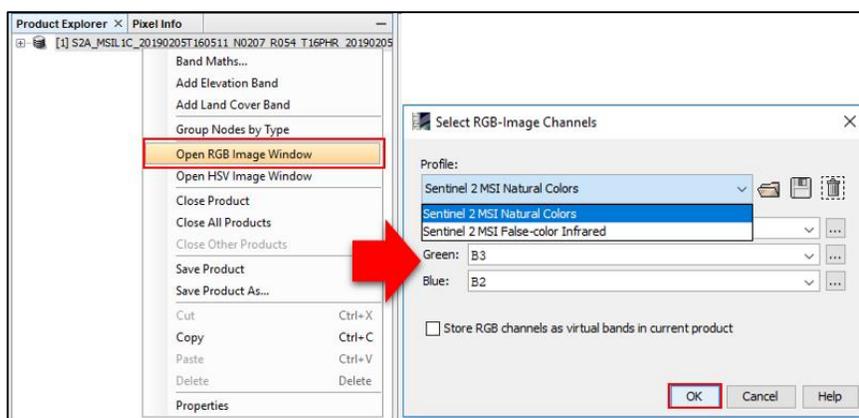
Procesamiento de imágenes Sentinel con SNAP

- a) Para iniciar se debe cargar la imagen Sentinel 2 en SNAP, dirigiéndose a **File/Open Product**, allí busca el directorio donde tiene el archivo guardado y selecciona el llamado MTD_MSIL1C.xml y da click en **Open**.



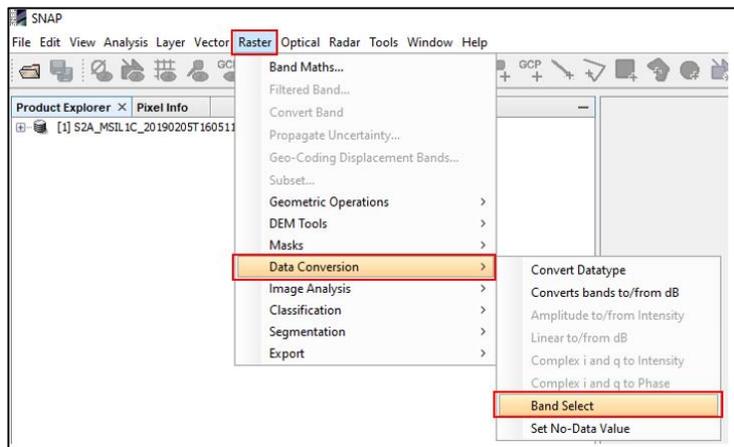


- b) El archivo se abrirá en la barra de **Product Explorer**, pero no se desplegará en el visor, por lo que debe dar click derecho sobre la imagen y seleccionar la opción de **Open RGB Image Window**. Seguidamente le aparecerá una ventana donde le muestra la combinación de bandas predeterminada para color verdadero. Si se requiere en la parte superior de la ventana se puede cambiar por Falso Color. Dar click en **OK**.

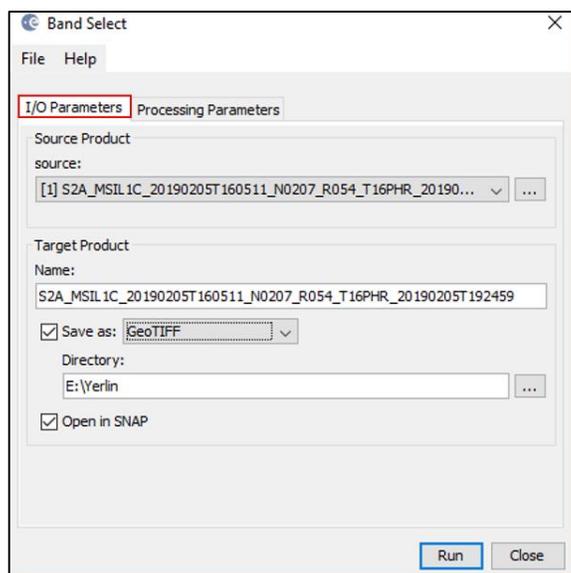


Unión de bandas

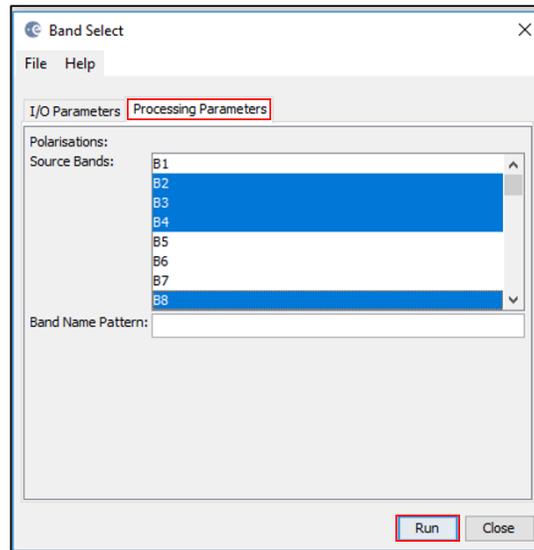
- a) Una vez desplegada la imagen en el visor se procede a seleccionar en la barra principal la opción de **Raster/Data Conversion/Band Select**



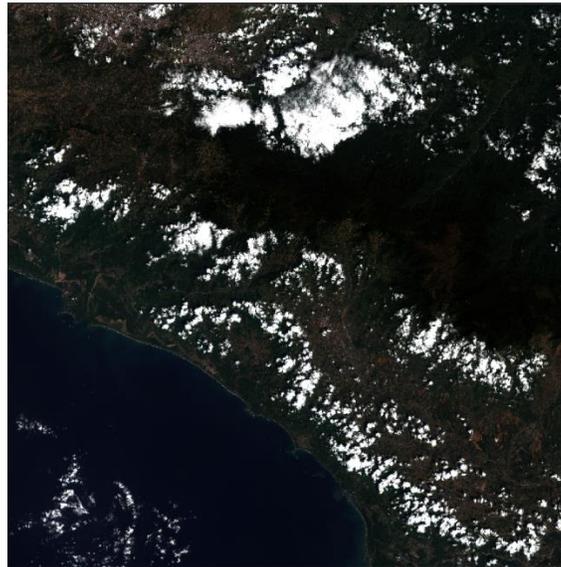
- b) Seguidamente emergerá la siguiente ventana donde en la primera pestaña (**I/O Parameters**) en la parte **Source:** se selecciona la imagen que se está trabajando, la recién cargada, en **Name:** se le puede asignar el nombre deseado o dejar el predeterminado, en **Save as:** se selecciona el formato de salida requerido, TIFF en este caso y en **Directory:** se asigna la ubicación en la que se desea guardar el archivo. Este no debe ser muy largo.



- c) Una vez configurada la primera pestaña se procede a la segunda, **Processing Parameters**, allí se selecciona con la tecla de CTRL las bandas que se desean unir (2, 3, 4 y 8 para este caso). Se debe tener presente que todas las bandas seleccionadas deben tener el mismo tamaño de pixel, ya que Sentinel cuenta con bandas de diferentes resoluciones. Finalmente se marca **Run**.



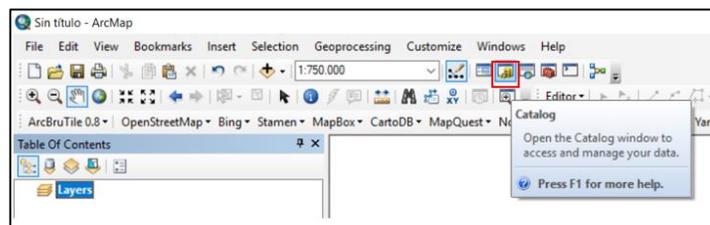
- d) El producto del proceso aparecerá en la barra de **Product Explorer**, por lo que debe ser desplegado de la manera anteriormente descrita.

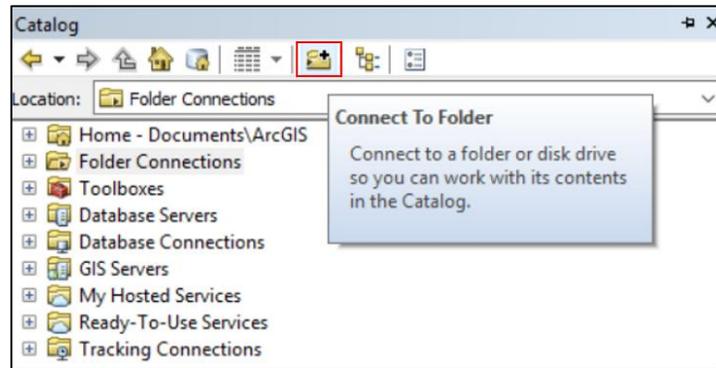


Para continuar con el procedimiento se utilizará el programa ArcGIS 10.6.1.

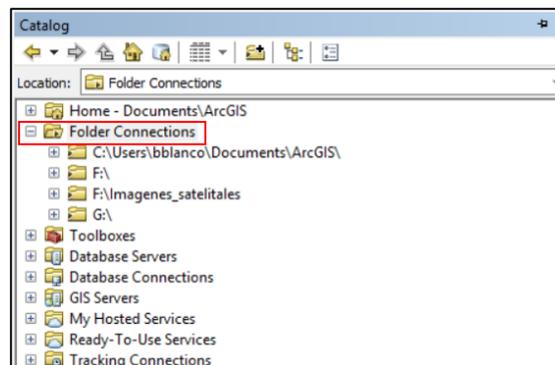
Cargar archivos en ArcGIS 10.6.1

- a) Se selecciona el ícono **Catalog**, luego se debe conectar la carpeta en donde se encuentran los archivos deseados, esto se realiza en la opción **Connect To Folder**.



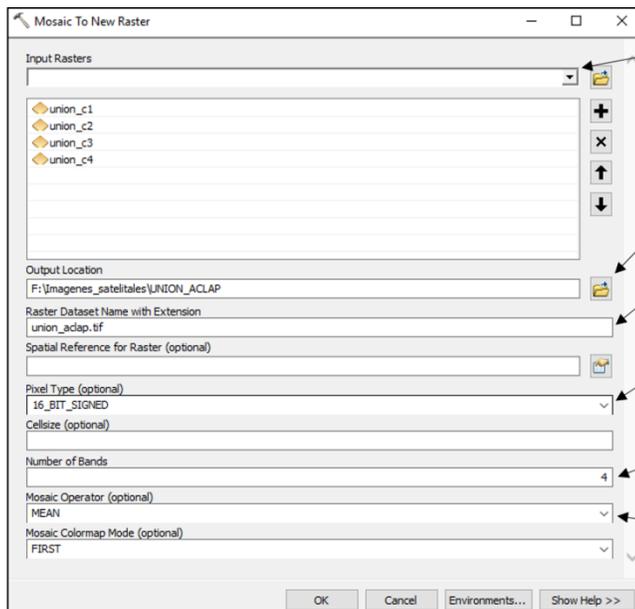
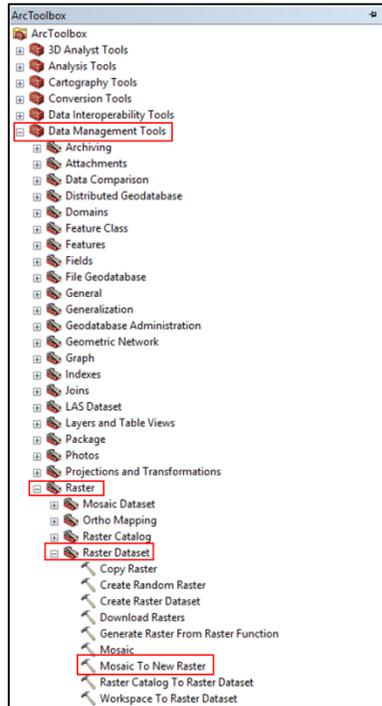


- b) En la opción **Folder Connections** se encuentran las carpetas conectadas, por lo que sólo se debe buscar el archivo que se quiere cargar y arrastrarlo a la ventana principal.



Creación de mosaico

- a) Para unir dos o más archivos ráster en uno solo se debe ir a la opción **ArcToolbox/Data Management Tool/Raster/Raster Dataset/Mosaic to New Raster**.



Cargar las imágenes que se dese unir.

Seleccionar la carpeta donde se guardará el archivo.

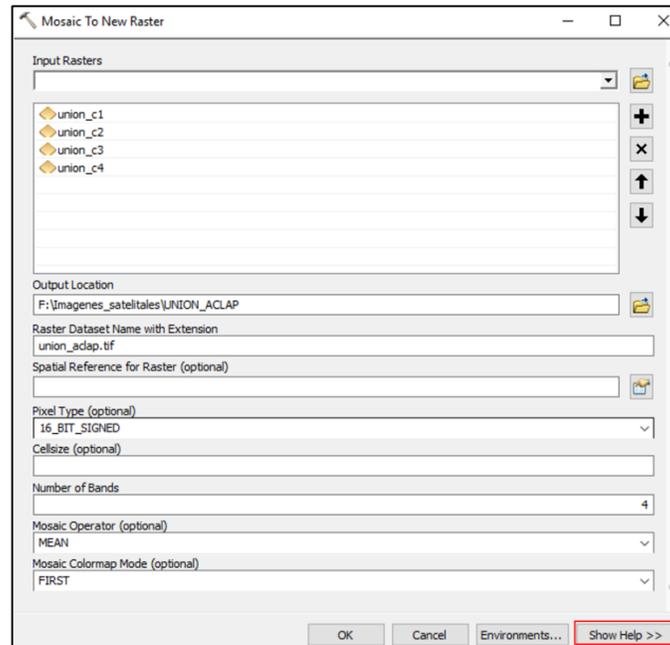
Poner nombre y extensión al archivo.

El tipo de píxel del nuevo ráster debe coincidir con el de los ráster originales.

Indicar el número de bandas que poseen las imágenes. En este caso son las bandas 2, 3, 4 y 8.

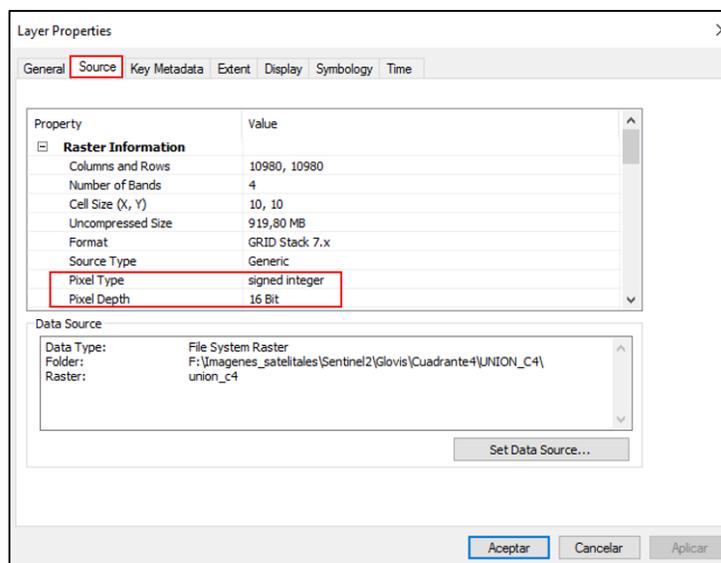
Probar la mejor opción para el "Mosaic Operator".

b) En la opción **Show Help** la herramienta despliega un cuadro de texto donde se muestra una ayuda para cada parámetro.

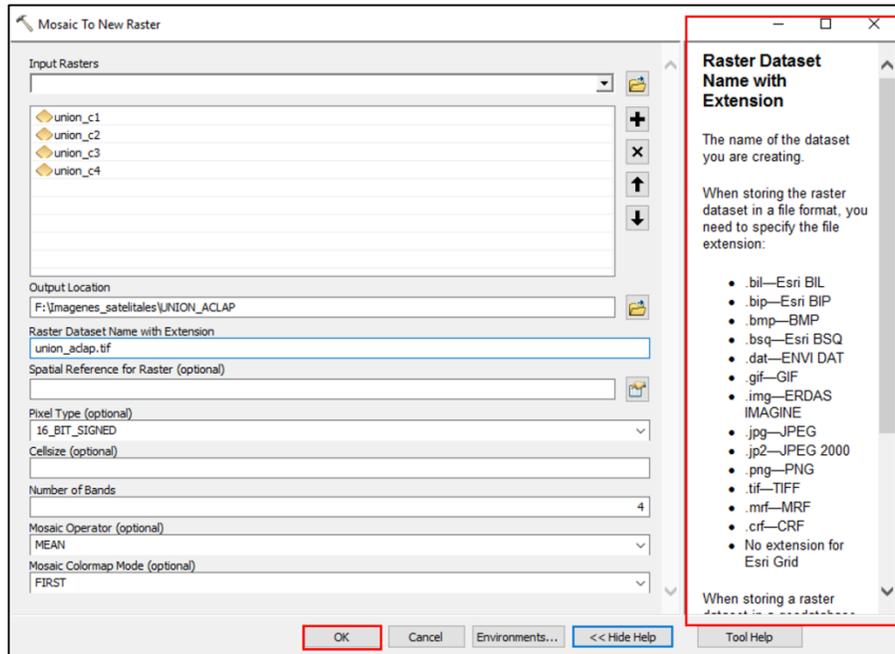


Una vez desplegada esta opción solamente se debe dar en click en alguno de los parámetros, y en la parte derecha de la ventana se mostrará el texto de ayuda.

- c) Para ver la información de los pixeles de las imágenes que se van a unir se da click derecho en la imagen **Properties/Source**.

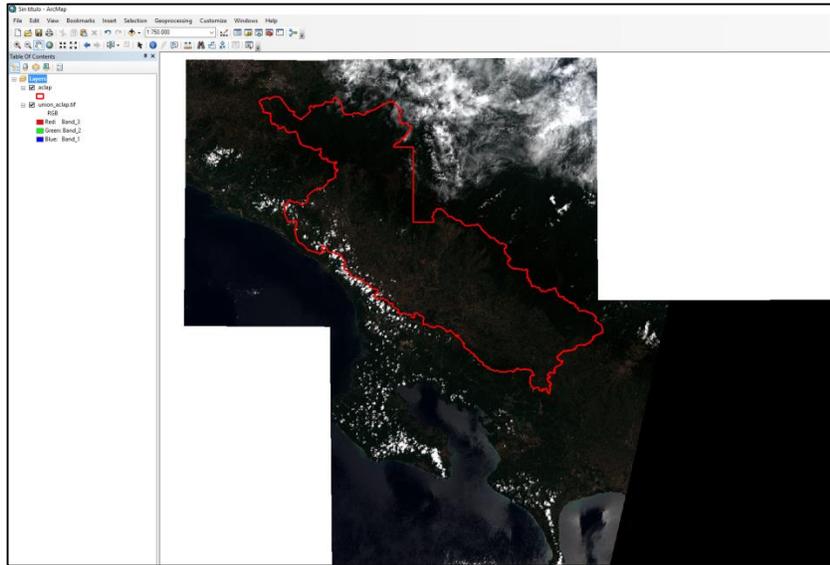


- d) Después de completar los parámetros necesarios se da click en la opción **OK** para que el programa empiece a crear el mosaico.

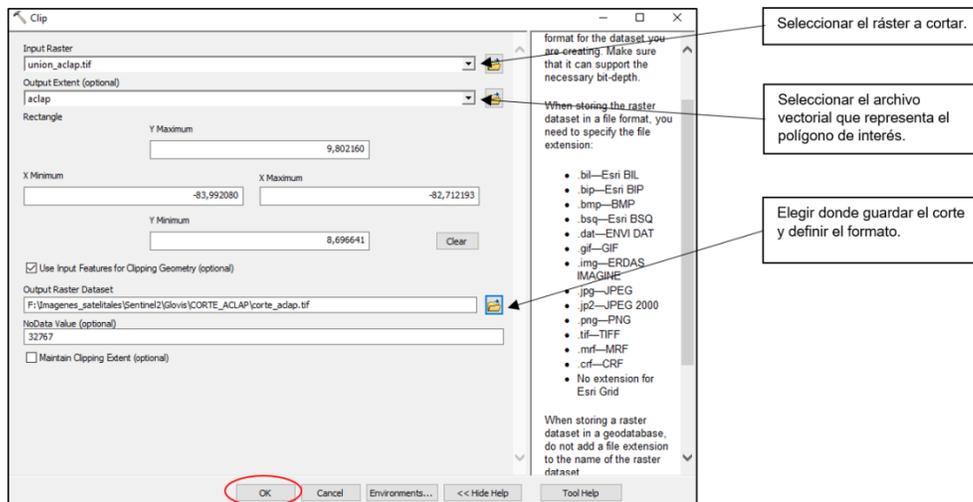


Recorte de imagen

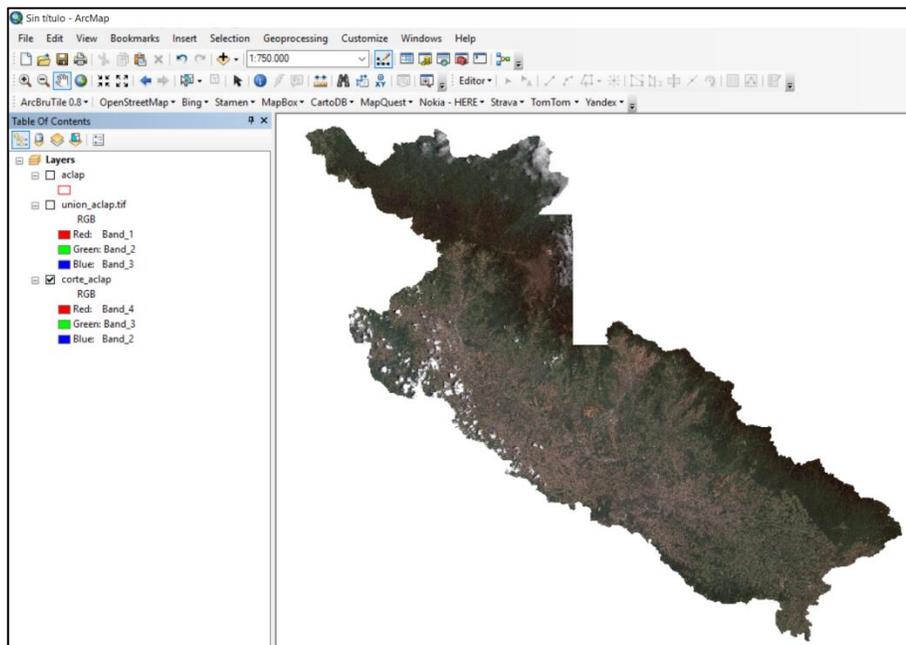
- a) Se debe cargar en el ArcGIS la imagen ráster que se desea cortar; además del archivo vectorial del polígono que representa el área de interés a cortar.



b) En la herramienta **ArcToolbox** seleccionar la opción **ArcToolbox/Data Management Tool/Raster/Raster Processing/Clip**. Completar como se muestra en la imagen y dar click en la opción **OK**.



c) El resultado será un archivo ráster con la forma del polígono que se ingresó en las opciones de la herramienta **Clip**, como se muestra en la siguiente figura.



4.6 Identificación y creación de zonas de interés.

A partir de las imágenes satelitales seleccionadas y la utilización del software ENVI 5.5 se realizarán áreas de entrenamiento o regiones de interés, tomando como base la información de uso y cobertura de la tierra de los puntos recolectados en campo.

4.7 Clasificación/Segmentación a partir de regiones de interés.

Con las áreas de interés dibujadas en el punto anterior se entrenarán diferentes algoritmos de clasificación para identificar cuál genera los mejores resultados y con ello determinar la metodología por aplicar. También, se valorará la inserción de variables adicionales, por ejemplo NDVI, análisis de componentes principales, entre otros. Así mismo, se está valorando la aplicación de métodos de segmentación de imágenes.

4.8 Depuración de la clasificación.

Este proceso consiste en eliminar el efecto “sal-pimienta” que genera la clasificación. Esto se puede realizar mediante la herramienta “Edit Classification Image” del programa ENVI 5.5. Donde es posible (a partir del conocimiento o datos extra que se tengan) cambiar una categoría por otra. También se puede exportar la imagen a formato vectorial y cargarla en el programa ArcGIS 10.6.1, donde se podrán editar algunas áreas a partir de datos adicionales.

4.9 Validación de la clasificación.

De los datos recolectados en campo, el 50% se utilizará para realizar la validación de la clasificación. Esto mediante una matriz de confusión que permita determinar su exactitud y precisión. Basado en la metodología de (Chuvieco, 2010).

V. RESULTADOS

5.1 Revisión de literatura y taller de trabajo

Para llevar a cabo e identificar los procesos metodológicos necesarios para la identificación del paisaje productivo de pastos sin árboles en la región piloto de ACLAP; se realizó una búsqueda de información científica, que permita generar un mayor conocimiento sobre herramientas/métodos de fusión entre imágenes multiespectrales y RADAR, así como métodos de clasificación de imágenes Landsat y Sentinel. La búsqueda se realizó en bases de datos confiables como Researchgate, Sciencedirect, MDPI, ELSEVIER, entre otras.

Como parte de los resultados obtenidos en la revisión de literatura, uno de los métodos más utilizados es el algoritmo de clasificación de máxima verosimilitud (MLC), ya que presenta una distribución normal o casi normal para cada característica de interés. También se encontró que las imágenes ópticas y radar no han sido utilizadas en el país; sin embargo, en países como Brasil, Colombia, México y China han utilizado la combinación de estos métodos para mejorar la clasificación de coberturas terrestres. Las imágenes de Radar pueden representar la corteza terrestre a una sola frecuencia y resalta los niveles de humedad, los cambios de relieve y rigurosidad del terreno; además, provee una imagen más clara y despejada, ya que utiliza una longitud de onda especial que atraviesa lluvia, neblina e inclusive nubes. Por otra parte, las imágenes multiespectrales expresan mayor cantidad de características del área seleccionada al utilizar mayor cantidad de bandas, que mejoran la interpretación visual y el rendimiento de los análisis seleccionados. Por lo cual se valorará el uso de radar en zonas con alta nubosidad en el país.

Así mismo, basado en la revisión de literatura llevada a cabo durante el segundo semestre del 2018 y principios de 2019, como parte del proceso de investigación dentro de la línea piloto para identificar los pastos en Costa Rica, se identificó la necesidad de clarificar el concepto de pastos sin árboles dentro de los productos del

MOCUPP. Dado que en Costa Rica existe una variedad a nivel de conceptos en las diferentes instituciones consultadas, se determinó que era necesario llevar a cabo un taller de trabajo con diferentes expertos en el tema de pastos para contruir un concepto útil para todos. Como resultado de ello, se propuso un taller para finales de enero del 2019. Sin embargo, la organización del taller se llevó a cabo durante los dos primeros meses del 2019 y este se realizó el día 6 de marzo del 2019. El taller fue titulado “Definición conjunta de criterios que permitan construir la capa de pastos sin árboles dentro de las herramientas del MOCUPP”. Se contó con la participación de diferentes miembros de instituciones como el Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Tecnológico de Costa Rica (TEC), la Universidad Nacional (UNA), la Secretaría REDD+, el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), el Centro Nacional de Información Geo-Ambiental (CENIGA-MINAE), Organix S.A., el Banco Central de Costa Rica (BCCR), la Universidad de Costa Rica (UCR), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), la Corporación de Fomento Ganadero (CORFOGA), la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y la Cámara Nacional de Productores de Leche (CNPL), por mencionar algunos. Además, el taller se llevó a cabo con la participación de 20 mujeres y 50 hombres; miembros de las instituciones antes mencionadas.

Los resultados totales de este taller estarán disponibles en una memoria que se entregará a principios del mes de junio. De momento uno de los resultados más importantes que se aplicarán en el piloto para continuar con el procesamiento de la información está basado en la utilización de una metodología internacional para la categorización de uso y cobertura del suelo a clasificar en las imágenes, dentro de lo cual, en el análisis realizado, la metodología de FAO, Land Cover Classification System (LCCS) es una de las recomendadas por los participantes del taller, en función de los usos que se le pueda dar a la información generada, como por ejemplo:



<p>CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD POR MEDIO DEL MANEJO SOSTENIBLE DE PAISAJES PRODUCTIVOS EN COSTA RICA – MOCUPP Piloto Pastos sin árboles ACLAP</p>	Informe N°: 1
	Cultivo: Pastos productivos
	Fecha: 26/04/2019
	Página 51 de 61

cálculos de carbono para el sistema de cuentas ambientales del Banco Central de Costa Rica.

La revisión de literatura se continúa y es parte de los datos que se han utilizado para las pruebas en las imágenes.

5.2 Muestreo de puntos de control y validación

Durante el 2018 se llevaron a cabo las giras de campo correspondientes a la toma de puntos de campo para ser utilizados en la etapa de clasificación de las coberturas observadas con las imágenes; así mismo, los puntos que serán tomados como parte de la información para la validación de los resultados de clasificación de imágenes.

Se realizaron siete giras de campo durante el año 2018 recolectando un total de 554 puntos centrales. Los cuales al reproyectarlos a ambos lados generaron un total de 3129 puntos de control con uso y cobertura capturada en campo. La **Figura 5** muestra la distribución de los datos obtenidos.

Durante la última semana de marzo se programó una gira más para completar las áreas faltantes de ACLAP (estos datos aún se están procesando). Cabe destacar que durante el mes de febrero y previo al evento del taller de trabajo, se llevó a cabo una gira de toma de datos NANTI-MOCUPP, esto para capturar datos de alta resolución con el dron Phantom 4. Esta información fue utilizada para comparar el nivel de precisión de lo observado en campo contra la realidad que pueden dar los sensores con lo que se trabajará para la obtención de la capa de pastos sin árboles.



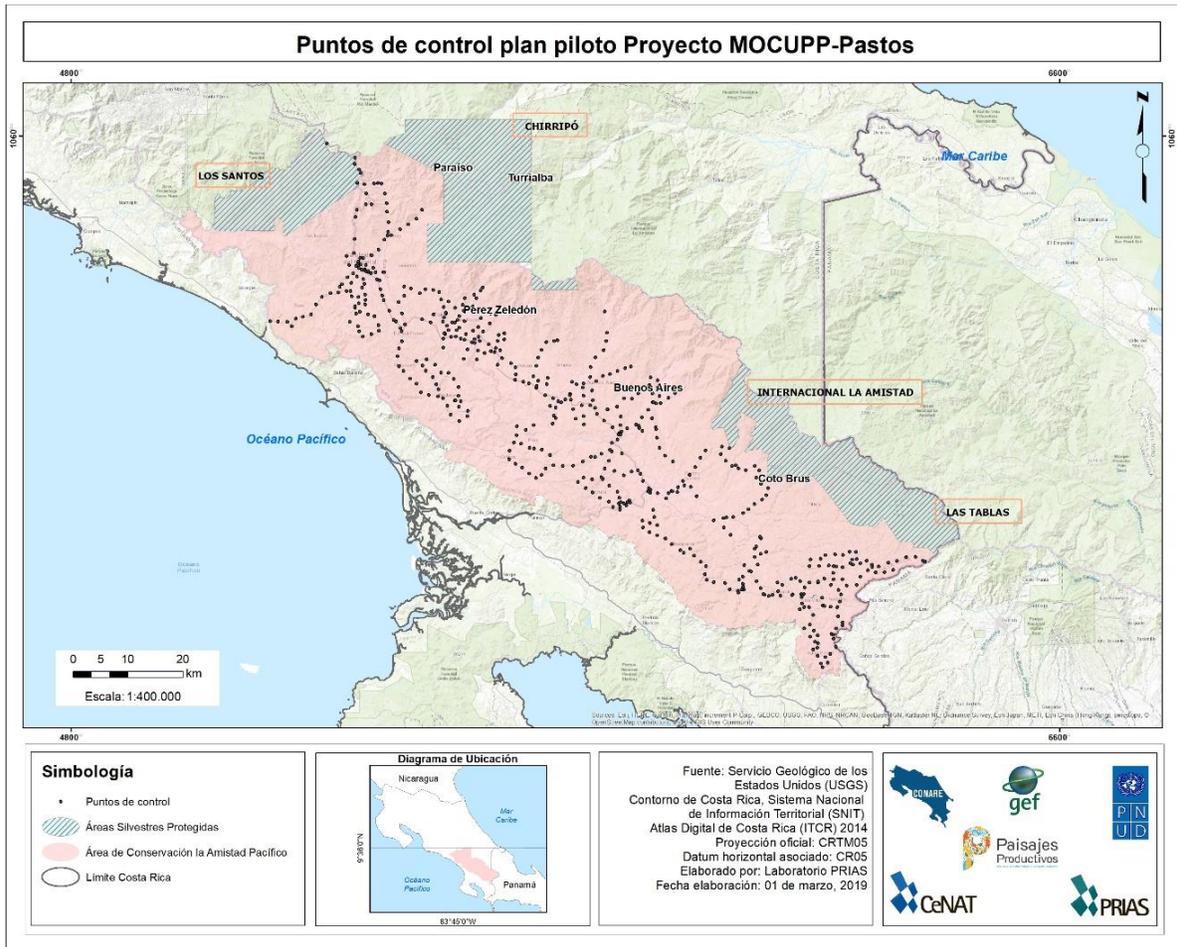


Figura 5. Distribución de puntos de control tomados en ACLAP para el proyecto MOCUPP Piloto Pastos

5.3 Preprocesamiento de imágenes

En el cuadro 6 se presenta la cantidad de imágenes Landsat 8 y Sentinel 2 que han sido descargadas y procesadas. En la metodología se explicó en detalle los procesamientos realizados a estas imágenes.

Cuadro 6. Total de imágenes descargadas y pre-procesadas de los sensores Landsat 8 y Sentinel 2.

Sensor	Total	Total Pre procesadas
Landsat 8	37	4
Sentinel 2	49	49

Las mejores imágenes fueron pre-procesadas para evitar procesar imágenes con alta cantidad de nubes y maximizar los tiempos de procesamiento de los datos. Con estas imágenes se han realizado diferentes pruebas en la etapa de identificación de zonas de interés y clasificación-segmentación.

5.4 Identificación de zonas de interés y pruebas de clasificación/segmentación

Se está trabajando en el desarrollo de áreas de entrenamiento basadas en pixeles del Sensor Sentinel 2, los datos que no puedan ser contemplados con dicho sensor se trabajarán de manera digitalizada usando como base datos del sensor Landsat 8 y vuelos del dron Phantom 4. Así mismo, se está valorando la aplicación de segmentación con el segmentador BerkeleyImageSeg. Se está elaborando una propuesta de leyenda para la clasificación basado en el Sistema de Clasificación de FAO. Los resultados de ello se informarán en el siguiente avance.

Además, como parte del proceso se capacitó al nuevo personal en diferentes tecnologías aplicadas para la identificación de los pastos y la generación de información, estas capacitaciones se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Capacitaciones impartidas por los investigadores del Laboratorio PRIAS al nuevo personal del MOCUPP

Capacitación	Descripción	Duración	Encargado
Descargas de imágenes satelitales, uso de GPS y programa BaseCamp.	Inducción a la descarga de imágenes satelitales Landsat 8 y Sentinel 2 por medio de la plataforma USGS-Glovis y la página de EarthExplorer. Así mismo se introdujo en el uso del GPS y el programa BaseCamp para las descargas de los puntos.	1 día	Christian Vargas
Introducción de Python y GNU/LINUX	Introducción a conceptos de programación como variables, asignaciones, ciclos, pseudocódigos e implementación de scripts.	8 horas	Daniel Flores
Introducción a Metadatos	Creación de metadatos basado en los estándares establecidos por el IGN	1 día	Daniel Flores
Clasificaciones en ENVI	ENVI Classic 5.5 (32 bit) para la clasificación de usos a partir del procesamiento de imágenes satelitales por medio de la herramienta TERCAT.	2 días	Heileen Aguilar
Introducción SNAP	Sen2Cor del software SNAP de la Agencia Espacial Alemana, el cual se especializa en el procesamiento de imágenes satelitales; dicha herramienta permite realizar a las imágenes corrección atmosférica. Así mismo se cuenta con un script que automatiza la utilización de dicha herramienta.	1 día	Christian Vargas

VI. ANEXOS

Anexo 1. Imágenes Landsat 8 y su respectivo nivel de pre procesamiento.

Imagen	Mes	Año	Descarga	Corrección radiométrica	Corrección atmosférica	Mosaico	Recorte
LC08_L1TP_015053_20180129_20180207_01_T1	Enero	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_014054_20180122_20180206_01_T1	Enero	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015054_20180129_20180207_01_T1	Enero	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015053_20180214_20180222_01_T1	Febrero	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_014054_20180207_20180221_01_T1	Febrero	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015054_20180214_20180222_01_T1	Febrero	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015053_20180302_20180319_01_T1	Marzo	2018	●	●	●	●	●
LC08_L1TP_014054_20180327_20180404_01_T1	Marzo	2018	●	●	●	●	●
LC08_L1TP_015054_20180318_20180403_01_T1	Marzo	2018	●	●	●	●	●
LC08_L1TP_015053_20180403_20180417_01_T1	Abril	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_014054_20180412_20180417_01_T1	Abril	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015054_20180403_20180417_01_T1	Abril	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015053_20180505_20180517_01_T1	Mayo	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_014054_20180530_20180614_01_T1	Mayo	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015054_20180521_20180605_01_T1	Mayo	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015053_20180622_20180703_01_T1	Junio	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_014054_20180615_20180703_01_T1	Junio	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015054_20180622_20180703_01_T1	Junio	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015053_20180724_20180731_01_T1	Julio	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_014054_20180701_20180716_01_T1	Julio	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015054_20180724_20180731_01_T1	Julio	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015053_20180825_20180829_01_T1	Agosto	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_014054_20180818_20180829_01_T1	Agosto	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015054_20180825_20180829_01_T1	Agosto	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015053_20180910_20180927_01_T1	Setiembre	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_014054_20180903_20180912_01_T1	Setiembre	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015054_20180910_20180927_01_T1	Setiembre	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015053_20181012_20181030_01_T1	Octubre	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_014054_20181021_20181031_01_T1	Octubre	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_014054_20181021_20181031_01_T1	Octubre	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015053_20181113_20181127_01_T1	Noviembre	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_014054_20181106_20181115_01_T1	Noviembre	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015054_20181113_20181127_01_T1	Noviembre	2018	●	○	○	○	○
LC08_L1TP_015053_20181215_20181227_01_T1	Diciembre	2018	●				
LC08_L1TP_014054_20181224_20181224_01_RT	Diciembre	2018	●				
LC08_L1TP_015054_20181215_20181227_01_T1	Diciembre	2018	●				

LC08_L1TP_015053_20190201_20190206_01_T1	Febrero	2019	●	●	●	○	●
--	---------	------	---	---	---	---	---

Anexo 2. Imágenes Sentinel 2 y su respectivo nivel de pre procesamiento.

Imagen	Mes	Año	Descarga	Corrección atmosférica	Unión de bandas	Mosaico	Recorte
L1C_T16PHR_A004656_20180126T160826	Enero	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A004656_20180126T160826	Enero	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A013636_20180131T160506	Enero	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PLK_A004656_20180126T160826	Enero	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A004799_20180205T161021	Febrero	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A004942_20180215T160627	Febrero	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A004799_20180205T161021	Febrero	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PLK_A004799_20180205T161021	Febrero	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A005514_20180327T160506	Marzo	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A005514_20180327T160506	Marzo	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A005514_20180327T160506	Marzo	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PLK_A005514_20180327T160506	Marzo	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A014494_20180401T160955	Abril	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A005800_20180416T160748	Abril	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A005657_20180406T160725	Abril	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PLK_A005800_20180416T160748	Abril	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A015066_20180511T160753	Mayo	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A015066_20180511T160753	Mayo	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A015066_20180511T160753	Mayo	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PLK_A015066_20180511T160753	Mayo	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A006801_20180625T160626	Junio	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A015638_20180620T160511	Junio	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A015781_20180630T160512	Junio	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PLK_A006658_20180615T160509	Junio	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A007087_20180715T160813	Julio	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A007087_20180715T160813	Julio	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A007087_20180715T160813	Julio	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PLK_A016067_20180720T160932	Julio	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A016496_20180819T160821	Agosto	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A016639_20180829T160509	Agosto	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A016496_20180819T160821	Agosto	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PLK_A016496_20180819T160821	Agosto	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A007945_20180913T160502	Setiembre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A007945_20180913T160502	Setiembre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A007945_20180913T160502	Setiembre	2018	●	○	●	●	●

L1C_T17PLK_A007945_20180913T160502	Setiembre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A008517_20181023T160635	Octubre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A017211_20181008T160508	Octubre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A008517_20181023T160635	Octubre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PLK_A017211_20181008T160508	Octubre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A017640_20181107T160507	Noviembre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A017640_20181107T160507	Noviembre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A017640_20181107T160507	Noviembre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PLK_A017926_20181127T160503	Noviembre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A009232_20181212T160504	Diciembre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKL_A009232_20181212T160504	Diciembre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PKK_A009232_20181212T160504	Diciembre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T17PLK_A009232_20181212T160504	Diciembre	2018	●	○	●	●	●
L1C_T16PHR_A018927_20190205T160508	Febrero	2019	●	●	●	○	●

VII. REFERENCIAS

- Aguilar-Arias, H., Mora-Zamora, R., & Vargas-Bolaños, C. (2014). Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, RapidEye, Spot 2 y Landsat 8 con el módulo FLAASH del software ENVI. *Revista Geográfica de América Central*, 39-59.
- Barcena, J. (s.f). *Factores fundamentales para la producción de forrajes*. Obtenido de Actualidad Ganadera: <http://www.actualidadganadera.com/articulos/Factores-fundamentales-para-la-produccion-de-forrajes.html>
- Bernal, J. (2003). *Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos*. Obtenido de https://www.academia.edu/6676325/MANUAL_DE_NUTRICION_Y_FERTILIZACION_DE_PASTOS
- Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA). (2018). *Sistema de Definición de Clases de los Usos y Coberturas de la Tierra de Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*. Barcelona, España: Ariel S.A.
- Cingolani, A., Noy-Meir, I., Renison, D., & Cabido, M. (2008). La aganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología Austral*, 253-271.
- European Space Agency (ESA). (2015). *Sentinel-2 Products Specification Document*. Obtenido de https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2_MSI_Product_Specification.pdf
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2009). *La larga sombra del ganado problemas ambientales y opciones*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>

García, M., Riaño, D., Chuvieco, E., & Danson., J. S. (2011). *Multispectral and LiDAR data fusion for fuel type mapping using Support Vector Machine and decision rules.*

Gasparri, N., Parmuchi, M., Bomo, J., Karszenbaum, H., & Montenegro, C. (2007). Utilidad de imágenes Landsat 7 ETM+ de diferentes fechas para la estimación de biomasa aérea en bosques subtropicales secos de Argentina. *XII Congreso de la Asociación Española de Teledetección*, 9p.

INEC. (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario.* Obtenido de <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/agropecuario/publicaciones/reagropeccenagro2014-ti-006.pdf>

Instituto de Desarrollo Rural (INDER). (2014). *Plan de Desarrollo Rural del Territorio Buenos Aires-Coto Brus 2015-2020.* Obtenido de https://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_brunca/planes_desarrollo/PDRT-Buenos-Aires-Coto-Brus.pdf:
https://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_brunca/planes_desarrollo/PDR-T-Buenos-Aires-Coto-Brus.pdf

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2018). *Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Ganado Bovino.* Obtenido de <https://www.corfoga.org/informes-tecnicos/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2011). *Censo Nacional de Población y Vivienda.* Obtenido de <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/poblacion/estadisticas/resultados/repoblacenso2011-01.pdf.pdf>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2014). *Manual para censistas.* Obtenido de Censo Nacional Agropecuario:



http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/agropecuaria/metodologias/documentos_metodologicos/meagropeccenagro2014-006.pdf

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/U40-10581.pdf>

Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). (2016). *Pastos y Forrajes*. Obtenido de Manual del Protagonista: https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Pastos_y_Forrajes.pdf

Knight, E., & Kvaran, G. (2014). Landsat-8 Operational Land Imager Design, Characterization and Performance. *Remote Sensing*, 10286-10305. doi:10.3390/rs61110286

Municipalidad de Pérez Zeledón. (2016). *Plan de Desarrollo Rural Territorial*. Obtenido de file:///C:/Users/ycalvo/Desktop/PDRT-Perez-Zeledon.pdf

Murcia, U., Huertas, C., Rodríguez, J., & Castellanos, H. (2010). Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, datos del año 2007. *Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi*, 177p.

Ramírez, A. (2013). Evolución del crecimiento de pastos usando índices de vegetación calculados a partir de información satelital. 91p.

Rodríguez, D. P. (2002). Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. *Pastos*, 32(2), 109-137.

Rosales, A. (2015). Leyenda CLC-CR, para la generación de mapas de uso y cobertura de la tierra de Costa Rica.



Russo, R., Botero, R., Hernández, I., Babbar, L., Cárdenas, J., Barrantes, A., & Álvarez, M. (2014). Ganadería entre los árboles para recuperar equilibrios ecológicos. *Ambientico*, 2-3.

United States Geological Survey . (2013). *Landsat Project Description*. Obtenido de http://landsat7.usgs.gov/about_project_descriptions.php

Vargas, D. (2016). Dinámica del paisaje en áreas afectadas por incendios forestales en el bosque tropical seco del Área de Conservación Guanacaste. 111p.

Weber, S. M. (2012). Modelos de selección de atributos para Support Vector Machines. *Revista Ingeniera de Sistemas, Volumen XXVI*, 22p.